



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Περιβάλλοντος και Χρήση Ενέργειας
Εργαστήριο Τεχνολογίας Περιβάλλοντος (ΕΤΠ)
Διευθυντής: Καθηγητής Ιωάννης Μπάρτζης

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΤΗΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ:
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΤΟ
ΚΤΗΡΙΟ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΑΜ**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Θ. ΧΑΛΚΙΔΗΣ

Επιβλέπων: καθηγητής Ιωάννης Γ. Μπάρτζης
Επιστημονικός Σύμβουλος: Δρ Έλενα Β.Μ. Παπαδοπούλου

Κοζάνη, Ιούλιος 2012

Τριμελής Επιτροπή:

καθ. Κικκινίδης Ευστάθιος

επ. καθ. Μαρέλλος Γεώργιος

καθ. Μπάρτζης Ιωάννης

*Αφιερώνεται
στον μικρό μου ανηψιό
που στις 3 Μαΐου 2012 ήρθε στον κόσμο...*

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν να εξεταστεί η δυνατότητα επίτευξης κτηρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης – «Zero Energy Building» μέσω τις εφαρμογής μέτρων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, ενός υφιστάμενου κτηρίου που στεγάζει το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Προτάθηκαν επεμβάσεις, αφού πρώτα διεξήχθη η ενεργειακή επιθεώρηση του κτηρίου και κατατάχθηκε σε μια ενεργειακή κατηγορία. Για να πραγματοποιηθεί η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου έπρεπε να συλλεχθούν τα απαραίτητα δεδομένα καταναλώσεων, Η/Μ εγκαταστάσεων και αρχιτεκτονικά σχέδια. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να γίνει η ενεργειακή επιθεώρηση ήταν όπως προβλέπει ο Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτηρίων και των Τεχνικών Οδηγιών 20701-2010 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος.

Τα δεδομένα περάστηκαν στο λογισμικό TEE-KENAK που έβγαλε σχετικά αποτελέσματα. Το επόμενο στάδιο ήταν να εξεταστούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και κατα πόσο αυτά είναι αποδοτικά. Τέλος, διαμορφώθηκαν δύο Σενάρια για τη βελτίωση της ενεργειακής κατηγορίας του κτηρίου και αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα έχοντας υπ' όψιν την οικονομική βιωσιμότητα των επεμβάσεων και τα περιβαλλοντικά οφέλη που μπορεί να προκύψουν απ' αυτά.

Λέξεις Κλειδιά: « Zero Energy Building, Ενεργειακή Επιθεώρηση, TEE-KENAK, Μέτρα ενεργειακής απόδοσης»

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Abstract

The objective of the diploma thesis was to evaluate the potential of achieving the Zero Energy Building target of an existing building that houses the Department of Mechanical Engineering, University of Western Macedonia through energy efficiency measures. Interventions were proposed after the energy inspection of building occurred and the building was rated to an energy class rating. In order to classify the building, data referring to energy consumption bills, electromechanical installations and architectural drawings had to had been collected. The methodology that applied was based on the Energy Performance of Building Regulation (KENAK) and the Technical Directives of the Technical Chamber of Greece 20701-2010.

The available data were inserted in the software TEE-KENAK which showed the relative results. The next stage was to assess the energy saving measures and whether they are efficient. Finally, two Scenarios where formed for the building energy class improvement and the results that came out were assessed having regard to financial viability and environmental benefits that can be resulted from these measures.

Keywords: «Zero Energy Building, Energy inspection, TEE-KENAK, energy efficiency measures»

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία θα ήθελα ευχαριστήσω τον καθ. Ιωάννη Μπάρτζη και την κ. Έλενα Παπαδοπούλου για τη βοήθεια στην εκπόνηση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους της ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΕ στην οποία έκανα την πρακτική μου άσκηση και απέκτησα πολύτιμες γνώσεις από τις συμβουλές και την εμπειρία των στελεχών της σχετικά με ενεργειακά θέματα και όχι μόνο.

Ευχαριστώ τον κ. Δημήτριο Αναστασέλο καθώς επίσης και όλους τους καθηγητές μου που μας προσέφεραν και συνεχίζουν να προσφέρουν πολύτιμες γνώσεις και ερευνητικό έργο πάρα τις δυσκολίες και τα προβλήματα που υπάρχουν γενικά στο σύστημα εκπαίδευσης.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υπομονή και την στήριξη που μου δίνει πάντα.

Παναγιώτης Θ. Χαλκίδης
Κοζάνη, Ιούλιος 2012

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Πίνακας Περιεχομένων

<i>Περίληψη</i>	<i>i</i>
<i>Abstract</i>	<i>iii</i>
<i>Ευχαριστίες</i>	<i>vi</i>
<i>Πίνακας Περιεχομένων</i>	<i>viii</i>
<i>Λίστα Πινάκων</i>	<i>xiv</i>
<i>Λίστα Εικόνων</i>	<i>xviii</i>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Αντικείμενο διπλωματικής	4
2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΕ	5
2.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία	6
2.1.1. Διατάξεις της αναδιατύπωσης της Εν.Α.Κ (Energy Performance of Building Directive).	6
2.2. Νομοθεσία στην Ελλάδα	9
2.2.1. Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας των Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ).....	9
3. ΚΤΗΡΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	12
3.1. Κτηριακός τομέας στην ΕΕ.....	12
3.1.1. Κτήρια σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.....	13
3.2. Κτηριακός Τομέας στην Ελλάδα	16
3.2.1. Υπάρχουσα κατάσταση	17
4. ZERO ENERGY BUILDING - ΚΤΗΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	19
4.1. Έννοιες και Πρότυπα	19
4.2. Διαχωρισμός ανάλογα την σύνδεση του κτηρίου στο δίκτυο.....	22
4.3. Βασικά μέτρα για την υλοποίηση ενός ZEB	23
4.3.1. Τοποθεσία και γεωμετρία του κτηρίου	23
4.3.2. Επεμβάσεις με στόχο την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας.....	24
4.3.3. Παροχή ενέργειας στο κτήριο	25
4.3.4. Άλλες μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.....	26
4.4 Μειονεκτήματα υλοποίησης ενός ZEB	26
4.5. «Ιγκλού» - Ένα απλό παράδειγμα ενεργειακού σχεδιασμού που μπορεί να θεωρηθεί κτήριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.....	28

4.5.1 Εσωτερικός χώρος του «Ιγκλού»	29
4.6. Παραδείγματα ZEB	30
4.6.1. Pearl River Tower, Guangzhou, China.....	30
4.6.2. Κέντρο Περιβαλλοντικών Μελετών <i>Adam Joseph Lewis- Κολλέγιο Oberlin</i> (Oberlin College Lewis Center).....	32
4.6.2.1. Επισκόπηση	32
4.6.2.2. Το Κτήριο Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας	32
4.6.2.3. Περιβαλλοντικές πτυχές.....	33
4.6.2.4. Ιδιοκτησία και Πληρότητα.....	34
5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.....	35
5.1. Ενεργειακή Επιθεώρηση.....	35
5.1.1. Κτήριο Αναφοράς	36
5.2. Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ	36
6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Π.Δ.Μ.....	37
6.1. Γενική περιγραφή κτηρίου ΠΔΜ - ΤΜΜ.....	37
6.2. Θερμικές ζώνες.....	38
6.3. Γεωμετρία και τεχνικά χαρακτηριστικά του κτηριακού κελύφους.....	42
6.3.1. Ισοδύναμες επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων	48
6.3.1.1. Βόρεια όψη	48
6.3.1.2. Ανατολική όψη	49
6.3.1.3. Νότια όψη	49
6.3.1.4. Δυτική όψη.....	50
6.3.1.5. Νοτιοανατολική όψη.....	50
6.3.1.6. Βορειοδυτική όψη	51
6.3.1.7. Οροφή	51
6.3.1.8. Δάπεδο πάνω από υπόγειο.....	52
6.3.1.9. Δάπεδο επί εδάφους.....	52
6.3.2. Δεδομένα αδιαφανών επιφανειών	53
6.3.3. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου	54
6.3.4. Συντελεστές σκίασης διαφανών επιφανειών κτηρίου.....	54
6.3.4.1. Συντελεστές σκίασης λόγω ορίζοντα.....	54
6.3.4.2. Συντελεστές σκίασης οριζόντιων σκιάστρων.....	59
6.3.4.3. Συντελεστές σκίασης πλευρικών σκιάστρων.....	63

6.3.5. Μη θερμαινόμενοι χώροι	66
6.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτηρίου	66
6.4.1. Σύστημα Θέρμανσης χώρων.....	66
6.4.1.1. Περιγραφή	66
6.4.1.2. Μονάδα Παραγωγής Θέρμανσης.....	67
6.4.1.3. Δίκτυο Διανομής	68
6.4.1.4. Τερματικές Μονάδες	69
6.4.1.5. Βοηθητικά Συστήματα Θέρμανσης.....	69
6.4.1.6. Δεδομένα υπολογισμών.....	70
6.4.2. Σύστημα ψύξης χώρων	70
6.4.2.1. Μονάδες Παραγωγής Ψύξης	70
6.4.2.2. Δίκτυο Διανομής	71
6.4.2.3. Τερματικές Μονάδες	72
6.4.2.4. Βοηθητικά Συστήματα.....	72
6.4.2.5. Δεδομένα υπολογισμών.....	72
6.4.3. Σύστημα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης.....	73
6.4.3.1. Περιγραφή	73
6.4.4. Σύστημα Φωτισμού	73
6.5. Ενεργειακή Κατάταξη του κτηρίου Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών...	75
7. ΜΕΤΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	80
7.1. Εξωτερική Θερμομόνωση κτηριακού κελύφους	80
7.2. Θερμομόνωση Οροφής.....	87
7.3. Κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης.....	90
7.4. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κουφωμάτων.....	90
7.4.1. Κόστος επέμβασης.....	92
7.5. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης.....	93
7.5.1. Περιγραφή.....	95
7.5.2 Τιμολόγια σύνδεσης τηλεθέρμανσης	95
7.6. Ανεμιστήρες Οροφής	98
7.6.1. Κόστος εγκατάστασης και χρόνος απόσβεσης.....	100
7.7. Σύστημα φωτισμού – Λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation	101
7.7.1. Στάθμη Φωτισμού	101
7.7.2. Λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation (Δίοδοι Εκπομπής Φωτός- Light Emitting Diodes).....	102

7.7.2.1. Πλεονεκτήματα	102
7.7.2.2. Μειονεκτήματα	104
7.8. Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου (Building Energy Management System-BEMS)	112
7.8.1. Πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης.....	113
7.8.2. Ενεργειακή συμπεριφορά του χρήστη	114
7.9. Ηλιακοί συλλέκτες κενού	116
7.10. Γκρίζο νερό	117
7.10.1. Βασικές έννοιες	117
7.10.2. Τα οφέλη της ανακύκλωσης του γκρίζου νερού.....	118
7.10.3. Επιλογή συστήματος.....	119
7.10.4. Περι επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού	120
7.10.5. Βασικές Οδηγίες γκρίζου νερού.....	122
7.10.6. Τύποι απλών συστημάτων	122
8. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	125
8.1. Γενικά.....	125
8.2. Ανάλυση απόδοσης φ/β συστήματος.....	125
8.3. Αιτιολογία επιλογής μονοκρυσταλλικού	126
8.4. Τεχνική περιγραφή φ/β γεννήτριας ισχύος 10 kWp με σύστημα στήριξης σταθερών βάσεων	129
8.5. Περιβαλλοντικά οφέλη	131
8.6. Χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης φ/β συστημάτων	133
8.6.1. Αναμενόμενα οικονομικά οφέλη	133
8.6.2. Εκτίμηση κόστους εγκατάστασης	134
8.6.2.1. Κύριος Η/Μ εξοπλισμός.....	134
8.6.2.2. Δαπάνες μεταφοράς-εγκατάστασης εξοπλισμού	134
8.6.2.3. Λοιπός εξοπλισμός.....	135
8.6.2.4. Έργα υποδομής.....	136
8.6.2.5. Συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας	136
8.6.3. Όψεις κτηρίου.....	137
8.6.4. Ιδιαιτερότητες χώρου - αυτοψία.....	140
8.7. Γενικές οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού	142
8.7.1 Μέτρα περιορισμού του κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος.....	143

8.7.2. Συντήρηση.....	144
8.7.3. Αντιμετώπιση προβλημάτων	145
8.7.4. Προστασία των κτηριακών φ/β συστημάτων από υπερτάσεις – αντικεραυνική προστασία	146
8.7.5. Ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας – «φαινόμενο νησίδας».....	146
8.8. Εγκατεστημένη ισχύς	147
8.9. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	152
8.9.1. Ηλεκτρική ενέργεια	152
8.10. Καλωδιώσεις.....	153
8.10.1. Καλωδιώσεις από την πλευρά του Σ.Ρ.....	153
8.10.2. Διακόπτης Σ.Ρ.	154
8.10.3. Καλωδιώσεις από την πλευρά του Ε.Ρ.....	155
9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	157
9.1. Οικονομοτεχνική ανάλυση βάσει ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ	160
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	165
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	171

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 2.1. Συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια.....	10
Πίνακας 4.1. Θεώρηση των διάφορων ορισμών των ΚΜΚΕ.	20
Πίνακας 4.2. Όρια κατανάλωσης ενέργειας για κτήρια σε Ευρωπαϊκά κράτη.....	22
Πίνακας 6.1: Γενικά γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου.....	38
Πίνακας 6.2. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτιρίου θερμικής ζώνης 1 (γραφείο, υπογείου).....	39
Πίνακας 6.3. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτιρίου θερμικής ζώνης 1 (αίθουσες διδασκαλίας ισόγειο).	39
Πίνακας 6.4. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτιρίου θερμικής ζώνης 3 & 4 (γραφεία)..	40
Πίνακας 6.5. Ετήσιος μέσος όρος εσωτερικών συνθηκών κτηρίου.	40
Πίνακας 6.6α. Επιφάνειες των επιμέρους χώρων.	44
Πίνακας 6.6β. Όγκοι των επιμέρους χώρων.	44
Πίνακας 6.7. Αδιαφανή δομικά στοιχεία κτιρίου	45
Πίνακας 6.8: Κουφώματα κτιρίου	46
Πίνακας 6.9. Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου ανά όροφο.	53
Πίνακας 6.10. Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων, συνολικά.	53
Πίνακας 6.11. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη βόρεια πρόσοψη ανά όροφο.	55
Πίνακας 6.12. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για την ανατολική πρόσοψη ανά όροφο.	55
Πίνακας 6.13. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη νότια πρόσοψη ανά όροφο.	56
Πίνακας 6.14. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη νότιοανατολική πρόσοψη ανά όροφο.	57
Πίνακας 6.15. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη δυτική πρόσοψη ανά όροφο.	58
Πίνακας 6.16. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη βορειοδυτική πρόσοψη ανά όροφο.	59
Πίνακας 6.17α. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για τη βόρεια πρόσοψη.....	61
Πίνακας 6.17β. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την ανατολική πρόσοψη..	61
Πίνακας 6.17γ. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την νότια πρόσοψη.....	62
Πίνακας 6.17δ. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την νότιοανατολική πρόσοψη.	62

Πίνακας 6.17ε. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την δυτική πρόσοψη.....	62
Πίνακας 6.18α. Κουφώματα Θερμικής Ζώνης 1 (Υπόγειο).....	63
Πίνακας 6.18β. Κουφώματα Θερμικής Ζώνης 2 (Ισόγειο).....	64
Πίνακας 6.18γ. Κουφώματα Θερμικής Ζώνης 3 (1 ^{ος} Όροφος).....	65
Πίνακας 6.18δ. Κουφώματα Θερμικής Ζώνης 4(2 ^{ος} Όροφος).....	65
Πίνακας 6.19. Πάχη θερμομόνωσης σωληνώσεων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης	67
Πίνακας 6.20. Σύστημα θέρμανσης.....	70
Πίνακας 6.21. Χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας κτιρίου.....	70
Πίνακας 6.21. Απόδοσ n_{em} τερματικών μονάδων ψύξης.....	72
Πίνακας 6.22. Δεδομένα συστήματος ψύξης.....	72
Πίνακας 6.23. Δεδομένα εγκατεστημένων λαμπτήρων.....	74
Πίνακας 6.24. Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων.....	75
Πίνακας 7.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας U (W/m^2K) της τοιχοποιίας και του φέροντα οργανισμού.....	86
Πίνακας 7.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας U (W/m^2K) της οροφής όπως αυτός διαμορφώνεται μετά την επέμβαση της θερμομόνωσης.....	88
Πίνακας 7.3. Οικονομοτεχνική ανάλυση του λογισμικού TEE-KENAK.....	90
Πίνακας 7.4. Μέγεθος εναλλάκτη για κάθε περίπτωση εμβαδού οικοδομής.....	96
Πίνακας 7.5. Συνολικό κόστος εγκατάστασης και σύνδεσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης.....	96
Πίνακας 7.6. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού στο κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.....	101
Πίνακας 7.7. Συνιστώμενες στάθμες φωτισμού [Πηγή: TOTEE 20701-1/2010].....	102
Πίνακας 7.8α. Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορίου.....	105
Πίνακας 7.8β. Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορίου.....	106
Πίνακας 7.9α. Διαστασιολόγηση – Εγκατάσταση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation.....	107
Πίνακας 7.9β. Διαστασιολόγηση – Εγκατάσταση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation.....	108
Πίνακας 7.10. Οικονομοτεχνική ανάλυση και χρόνος απόβεσης.[Πηγή:Marex solutions].....	110
Πίνακας 8.1. Ισοζύγια και κύρια αποτελέσματα ϕ/β γεννήτριας με το PVSyst.....	127
Πίνακας 8.2. Ποσότητες ρύπων που αποφεύγονται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα από ϕ/β γεννήτριες.....	132
Πίνακας 8.3: Στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ετήσιο κέρδος.....	133
Πίνακας 8.4. Προϋπολογισμός του ϕ/β εξοπλισμού.....	134
Πίνακας 8.5. Προϋπολογισμός κόστους μεταφοράς – εγκατάστασης μηχ/κου εξοπλισμού.....	135

<i>Πίνακας 8.6. Προϋπολογισμός λοιπού εξοπλισμού.</i>	136
<i>Πίνακας 8.7. Προϋπολογισμός έργων υποδομής.</i>	136
<i>Πίνακας 8.8. Συνολικό κόστος εγκατάστασης.</i>	136
<i>Πίνακας 8.9. Κόστος σε ετήσια βάση.</i>	137

Αυτή η σελίδα έμεινε σκοπίμως λευκή.

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1.1. Στόχοι της ΕΕ για το 2020.....	2
Εικόνα 1.2. Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην ΕΕ-27 σε 1000 ΤΙΠ.....	2
Εικόνα 1.3. Συνολικές εκπομπές CO ₂ στην ΕΕ-27 (σε ισοδυναμία 1000 τόνους CO ₂).....	3
Εικόνα 1.4. Παραγωγή Ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ-27 σε 1000 ΤΙΠ	3
Εικόνα 2.1. Οδηγία 2010/31/EU για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (αναδιατύπωση).....	8
Εικόνα 3.1. Τελική Ενέργεια Κατανάλωσης ανα τομέα στην ΕΕ, 2009.....	13
Εικόνα 3.2. Κατανομή κτηρίων σύμφωνα με το εμβαδόν τριτογενή τομέα για επιλεγμένες χώρες.....	14
Εικόνα 3.3α. Χρήση τελικής ενέργειας σε κτήρια τριτογενή τομέα για διάφορες χώρες της Ευρώπης. Μερίδιο της συνολικής χρήσης ενέργειας ανα τύπο κτηρίου	15
Εικόνα 3.4. Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά χρήση.....	16
Εικόνα 4.1. Επιμηκές σχήμα κτηρίου το οποίο είναι το καλύτερο σχήμα για το κλίμα της Ελλάδος ²⁴	
Εικόνα 4.2. Φωτογραφία ενός τυπικού «ιγκλού»	28
Εικόνα 4.3. Το Pearl River Tower στο Guangzhou της Κίνας	30
Εικόνα 4.4. Pearl River Tower	31
Εικόνα 4.5. Oberlin College	33
Εικόνα 6.1: Αριστερά:Τοπογραφικό σκαρίφημα κτηρίου, Δεξιά: Αεροφωτογραφία κτηρίου (με το Google Earth).	38
Εικόνα 6.2. Τυπική κάτοψη ορόφων.	42
Εικόνα 6.3. Κάτοψη ισογείου.	42
Εικόνα 6.4. Κάτοψη υπογείου	43
Εικόνα 6.5. Πλάγια τομή.....	43
Εικόνα 6.6. Κάτοψη υπογείου.....	52
Εικόνα 6.7. Κάτοψη ισογείου που φαίνεται το τμήμα που έρχεται σε επαφή με το έδαφος (κόκκινο περίγραμμα).....	52
Εικόνα 6.8. Γωνίες σκίασης βόρειας όψης από μακρινά εμπόδια.....	54
Εικόνα 6.9. Γωνίες σκίασης ανατολικής όψης από μακρινά εμπόδια.....	55
Εικόνα 6.10. Γωνίες σκίασης νότιας όψης από μακρινά εμπόδια.....	56
Εικόνα 6.11. Γωνίες σκίασης Νοτιοανατολικής όψης από μακρινά εμπόδια.....	57
Εικόνα 6.12. Γωνίες σκίασης δυτικής όψης από μακρινά εμπόδια.....	58
Εικόνα 6.13α. Γωνίες σκίασης βόρειας όψης από πρόβολο.....	59
Εικόνα 6.13β. Γωνίες σκίασης ανατολικής όψης από πρόβολο.....	60

Εικόνα 6.13γ. Γωνίες σκίασης νότιας όψης από πρόβολο.....	60
Εικόνα 6.13δ. Γωνίες σκίασης νοτιοανατολικής όψης από πρόβολο.....	60
Εικόνα 6.13ε. Γωνίες σκίασης δυτικής όψης από πρόβολο.....	61
Εικόνα 6.14. Γωνίες σκίασης πλευρικών προεξοχών.....	63
Εικόνα 6.15. Στοιχεία Μη θερμαινόμενου χώρου.....	66
Εικόνα 6.16. Ενεργειακή κατηγορία του κτηρίου και αποτελέσματα με το λογισμικό TEE-KENAK.....	76
Εικόνα 6.17. Απαιτήσεις, Κατανάλωση και εκπομπές CO ₂ με το λογισμικό TEE-KENAK.....	77
Εικόνα 6.18. Κατανομή Ενεργειακής Κατανάλωσης κτηρίου (kWh/m ²).....	78
Εικόνα 6.19. Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²) από κάθε μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται.....	78
Εικόνα 6.20. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά την διάρκεια ενός έτους σε τελική ενέργεια.....	79
Εικόνα 6.21. Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια ενός έτους.....	79
Εικόνα 7.1. Δυτική όψη κτηρίου.....	81
Εικόνα 7.2. Τμήμα τοιχοποιίας βόρειας πλευράς. Κάτω πραγματική φωτογραφία. Πάνω θερμοφωτογραφία όπου φαίνονται με διαφορετικά χρώματα οι διαφορές θερμοκρασίες.....	82
Εικόνα 7.3. Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ οπλισμένου σκυροδέματος και οπτοπλινθοδομής.....	83
Εικόνα 7.4. Θερμοπροσόψεις που χρησιμοποιούν την διογκωμένη πολυστερίνη ως θερμομόνωση κελύφους.....	84
Εικόνα 7.5. Μόνωση οροφής με πετροβάμβακα.....	87
Εικόνα 7.6α. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.....	89
Εικόνα 7.6β. Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη.....	89
Εικόνα 7.7. Θερμοφωτογραφίες ενός υαλοπίνακα. Αριστερά: Η εσωτερική θερμοκρασία επιφάνειας. Δεξιά: Η εξωτερική θερμοκρασία επιφάνειας υαλοπίνακα.....	91
Εικόνα 7.8. Μεμβράνη εξοικονόμησης ενέργειας.....	91
Εικόνα 7.9. Σύγκριση κανονικό υαλοπίνακα με υαλοπίνακα καλυμμένο με την μεμβράνη εξοικονόμησης ενέργειας.....	92
Εικόνα 7.10. Αποτελέσματα λογισμικού TEE-KENAK για την επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας στα κουφώματα.....	92
Εικόνα 7.11α. Κατανάλωση πετρελαίου σε lt.....	93
Εικόνα 7.11β. Κατανάλωση πετρελαίου σε kWh.....	94
Εικόνα 7.12. Κόστος κατανάλωσης πετρελαίου.....	94
Εικόνα 7.13. Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις για το σενάριο αλλαγής συστήματος θέρμανσης.....	97
Εικόνα 7.14. Οικονομοτεχνική ανάλυση του σεναρίου σύνδεσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης (λογισμικό TEE-KENAK).....	97

Εικόνα 7.15. Μεταβολή στην κατανάλωση ενέργειας μετά τη σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης.....	98
Εικόνα 7.16. Ανεμιστήρας οροφής 55W 42” 3ΦΤΕΡΑ	100
Εικόνα 7.17. Μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη.	100
Εικόνα 7.18. Αποτελέσματα οικονομοτεχνικής ανάλυσης του TEE-KENAK λογισμικού...	101
Εικόνα 7.19. Χρήση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation σε γραφείο	111
Εικόνα 7.20. Λαμπτήρες φωτοδιόδων –High Power LED 3rd Generation	111
Εικόνα 7.21. Χρήση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation σε αίθουσα Πανεπιστημίου	112
Εικόνα 8.1. Διάγραμμα απωλειών καθ’ όλο το έτος (PVSyst).	127
Εικόνα 8.2. Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	128
Εικόνα 8.3. Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία/m ²	128
Εικόνα 8.4. Τρισδιάστατη απεικόνιση της νότιας πλευράς του κτηρίου με τα φ/β πλαίσια επί στέγης με το λογισμικό PVSyst.	129
Εικόνα 8.5. Νότιος προσανατολισμός.....	137
Εικόνα 8.6. Δυτικός προσανατολισμός.	138
Εικόνα 8.7. Βόρειος προσανατολισμός.....	138
Εικόνα 8.8. Ανατολικός προσανατολισμός.....	139
Εικόνα 8.9. Νοτιοδυτικός προσανατολισμός.....	139
Εικόνα 8.10α. Φωτογραφία όπου φαίνεται η διαμόρφωση της στέγης με τα εμπόδια (NND όψη).....	140
Εικόνα 8.10β. Άλλη οπτική γωνία της καμινάδας εξαερισμού και των μεταλλικών βάσεων.....	141
Εικόνα 8.11. Τύποι κεραμιδιών εξαερισμού.....	141
Εικόνα 8.12. Μονογραμμικό διάγραμμα φ/β συστήματος.....	142
Εικόνα 8.13. Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος του κτηρίου.....	148
Εικόνα 8.14. Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος ανά όροφο.....	148
Εικόνα 8.15. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο Υπόγειο.....	149
Εικόνα 8.16. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο Ισόγειο.....	149
Εικόνα 8.17. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο 1 ^ο Όροφο.....	150
Εικόνα 8.18. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο 2 ^ο Όροφο.....	150
Εικόνα 8.19. Κατανομή συνολικής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος ανά χρήση για όλο το κτήριο.....	151
Εικόνα 8.20. Κατανομή συνολικής εγκατεστημένης θερμικής και ηλεκτρικής ισχύος ανά χρήση.....	151
Εικόνα 8.21. Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.....	152
Εικόνα 8.22. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 2009-2011.....	152

<i>Εικόνα 8.23. Σύνδεσμοι DC φωτοβολταϊκών καλωδίων.....</i>	154
<i>Εικόνα 8.24. Διακόπτης Σ.Ρ. στον κιτίο σύνδεσης Φ/Β συστοιχίας.....</i>	155
<i>Εικόνα 9.1. Ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.....</i>	157
<i>Εικόνα 9.2. Πρωτογενής ενέργεια ανα χρήση, συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ και σύνολο.</i>	158
<i>Εικόνα 9.3. Τελική ενεργειακή κατανάλωση ανα χρήση.....</i>	158
<i>Εικόνα 9.4. Κατανάλωση καυσίμων.</i>	159
<i>Εικόνα 9.5. Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.</i>	160
<i>Εικόνα 9.6. Κόστη και περίοδος αποπληρωμής.....</i>	161
<i>Εικόνα 9.7. Ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO2 για το υπάρχον κτήριο.</i>	162
<i>Εικόνα 9.8. Ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO2 του κτηρίου σύμφωνα με το Σενάριο 1.</i>	162
<i>Εικόνα 9.9. Ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO2 του κτηρίου σύμφωνα με το Σενάριο 2.</i>	163

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες, έχει προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στην ισορροπία του περιβάλλοντος. Τα διογκωμένα επιστημονικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή, οι υψηλές τιμές της ενέργειας, η αυξανόμενη εξάρτηση από εισαγόμενη ενέργεια και οι πιθανές γεωπολιτικές επιπτώσεις από την εξάρτηση αυτή, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση να υιοθετήσει δραστικά μέτρα. Συγκεκριμένα η ΕΕ καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες σε ποσοστό 50% από τα εισαγόμενα προϊόντα και αν δεν είχαν καταβληθεί σχετικές ενέργειες, το ποσοστό μέχρι το 2020 θα έφτανε το 70%. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ό,τι οι ενεργειακές εισαγωγές αντιπροσωπεύουν το 60% των συνολικών εισαγωγών και αναλογούν σε ποσοστό 45% εισαγωγής πετρελαίου από την Μέση Ανατολή και σε ποσοστό 40% εισαγωγής φυσικού αερίου από την Ρωσία. Η ΕΕ επικεντρώθηκε στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και στην μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. [11]

Από την άλλη, τα κτήρια ευθύνονται για το 40% της ενεργειακής κατανάλωσης και το 36% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Συνεπώς, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι κριτικής σημασίας ώστε να επιτευχθούν οι κλιματικοί και ενεργειακοί στόχοι της ΕΕ, 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, 20% μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται και 20% αύξηση του μεριδίου της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ (*Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*). Αυτοί οι στόχοι θα πρέπει να υλοποιηθούν έως το 2020. [34]

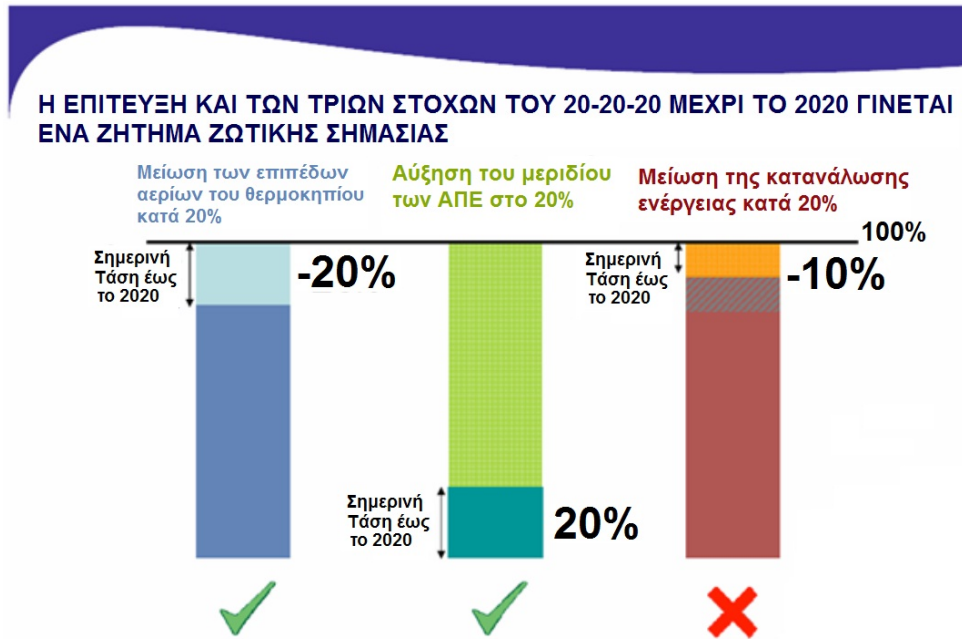
Επιπλέον, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων είναι ένας οικονομικά αποδοτικός τρόπος της καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής και της βελτίωσης της ενεργειακής ασφάλειας, καθώς και δημιουργία θέσεων εργασίας κυρίως στον κτηριακό τομέα.

Το κύριως νομοθετικό μέσο σε επίπεδο ΕΕ για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα κτήρια είναι η Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων (2010/31/EU), που προβλέπει ένα σύνολο απαιτήσεων οι οποίες πρέπει να εφαρμοστούν από τα Κράτη Μέλη.

Η εφαρμογή αυτής της νομοθεσίας στηρίζεται σε δραστηριότητες τυποποίησης, οικονομικά προγράμματα και άλλα κίνητρα στήριξης.

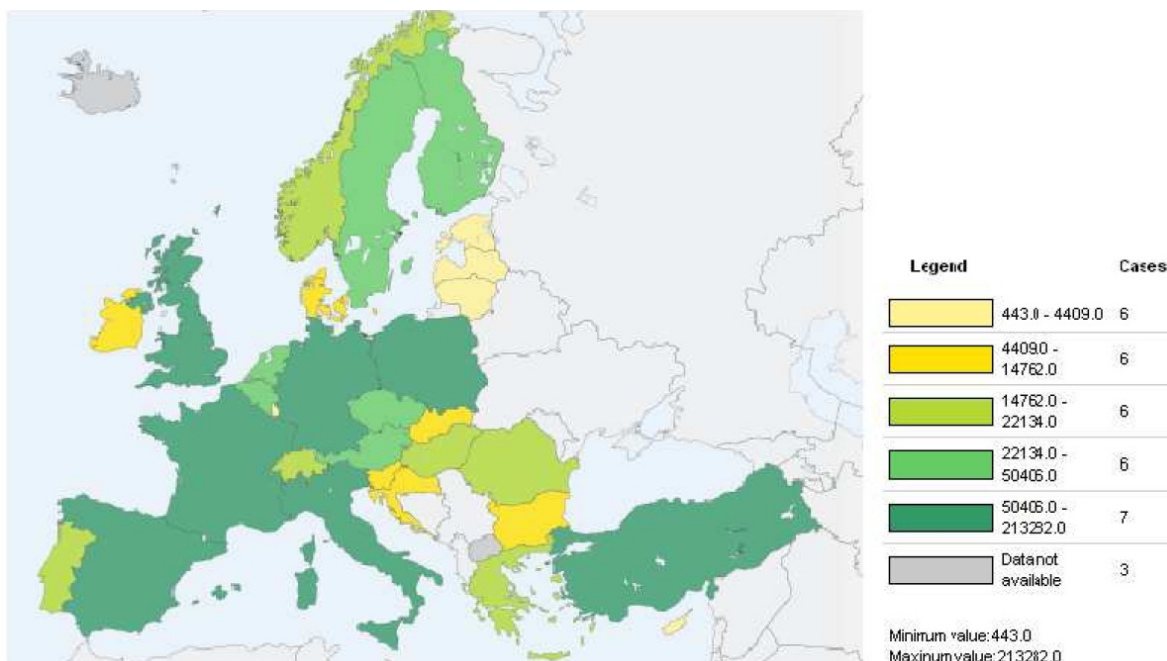
Στην Εικόνα 1.1. φαίνονται οι τρεις στόχοι που έχει θέσει η ΕΕ έως το 2020.

Εικόνα 1.1. Στόχοι της ΕΕ για το 2020 [Πηγή:the green it review]

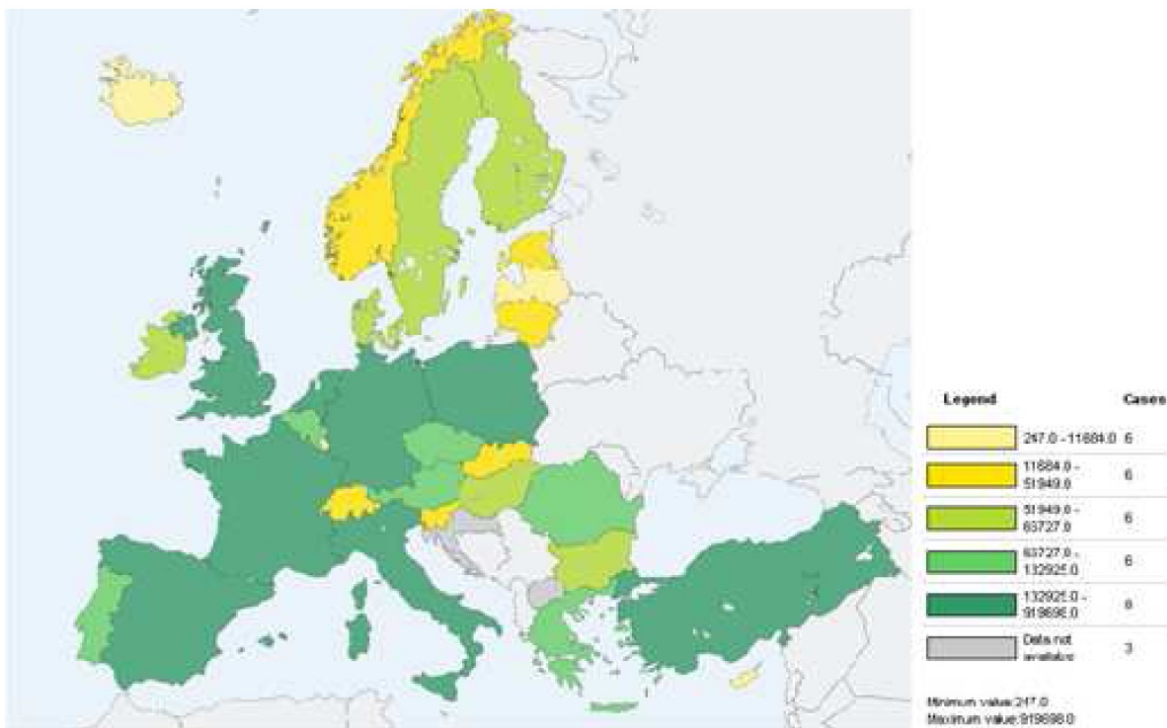


Όπως παρατηρείται στην Εικόνα 1.1, οι χώρες με την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην ΕΕ-27 είναι οι χώρες με την μεγαλύτερη βιομηχανία και τον περισσότερο πληθυσμό (Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Ισπανία, Πολωνία). Όπως είναι αναμενόμενο, οι ίδιες χώρες παράγουν και το μεγαλύτερο ποσοστό CO₂ στην Ευρώπη το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 1.3.

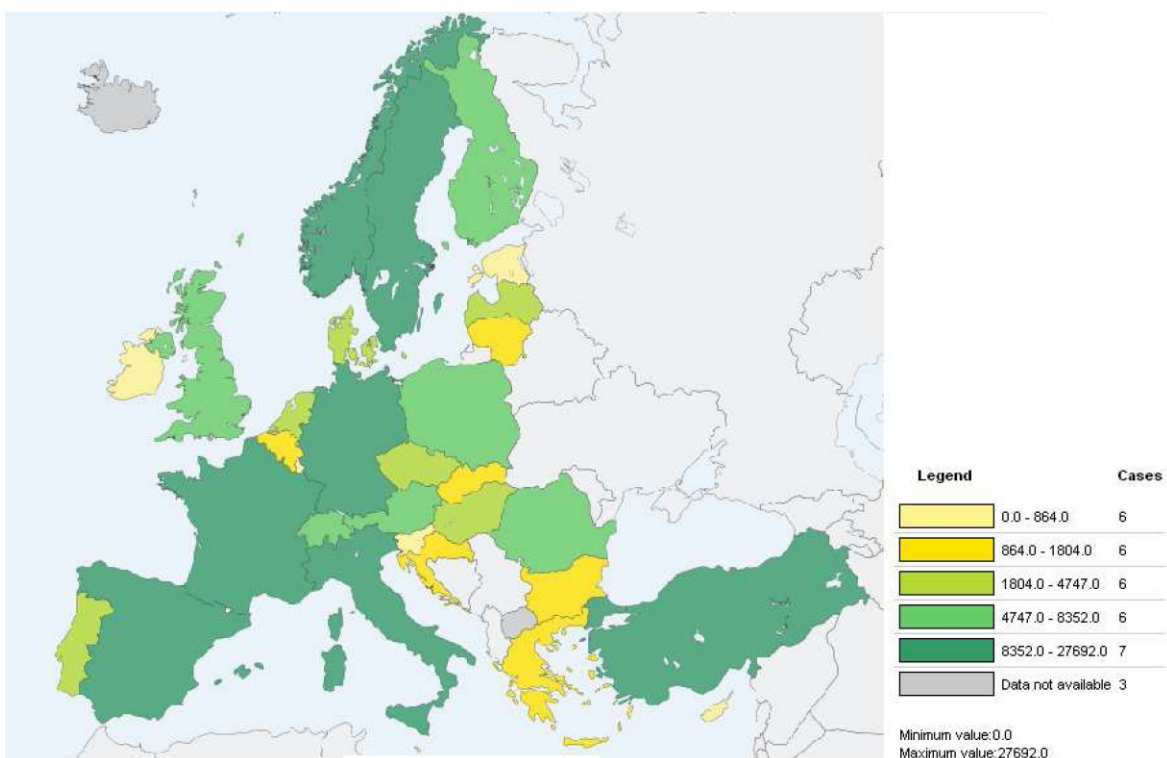
Εικόνα 1.2. Τελική Ενεργειακή Κατανάλωση στην ΕΕ-27 σε 1000 ΤΙΠ [Πηγή: Eurostat 2009],[11]



Εικόνα 1.3. Συνολικές εκπομπές CO₂ στην ΕΕ-27 (σε ισοδυναμία 1000 τόνους CO₂).[Πηγή: Eurostat], [11]



Εικόνα 1.4. Παραγωγή Ενέργειας από ΑΠΕ στην ΕΕ-27 σε 1000 ΤΙΠ [Πηγή: Eurostat]



1.1 Αντικείμενο διπλωματικής

Το αντικείμενο της διπλωματικής επικεντρώνεται στην ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίου και στην αναθεωρημένη Οδηγία 2010/31/ΕΕ που αναφέρεται στα κτήρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης (*Nearly Zero-Energy Building* ή *NZEB*). Αρχικά, στην Ελλάδα η ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων γίνεται υποχρεωτική σύμφωνα με το Νόμο 3661/2008 (ΚΕΝΑΚ) και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (ΠΕΑ). Ενώ η αναθεωρημένη ευρωπαϊκή οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προτρέπει σε ακόμη πιο αυστηρά μέτρα ενεργειακής απόδοσης που επιδιώκουν να περιορίσουν στο ελάχιστο τις ενεργειακές απαιτήσεις ενός κτηρίου.

Η συγκεκριμένη μελέτη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφενός επειδή δίνεται η ευκαιρία να αξιολογηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά ενός υφιστάμενου κτηρίου, αφετέρου να εξεταστούν οι δυνατότητες κατα πόσο μπορεί ένα υφιστάμενο κτήριο να φτάσει την κατηγορία του NZEB. Είναι αξιοσημείωτο, επίσης, το γεγονός ότι η Κοζάνη στο οποίο βρίσκεται το κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ανήκει στην κλιματική ζώνη Δ, η οποία είναι και η πιο δυσμενέστερη ζώνη όσον αφορά το κλίμα της έχοντας τα πιο αυστηρά μέγιστα επιτρεπόμενα όρια θερμοπερατότητας, σύμφωνα πάντα με τις ΤΟΤΕΕ 20701. Έτσι θα ήταν χρήσιμο να εξεταστεί υπό ποιες συνθήκες θα μπορούσε, εφόσον είναι δυνατόν, να επιτευχθεί το κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Ωστόσο αναμένεται να υπάρξουν δυσκολίες στην επίτευξη του στόχο του ZEB, λόγω του ότι το κτήριο δεν έχει σχεδιαστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία και επειδή η κατασκευή του δεν είχε εξ' αρχής το στόχο της βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι ότι σε μερικές περιπτώσεις το κόστος μιας ενεργειακής επέμβασης είναι απαγορευτικό και γι' αυτό και να μην υλοποιηθεί. Παρα ταύτα με κατάλληλο λογισμικό και τις πιο οικονομικά συμφέρουσες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας το αποτέλεσμα που θα προκύψει μπορεί να είναι ικανοποιητικό.

2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΕ

Η πολιτική της ΕΕ είναι η παροχή στους κατοίκους της των πιο ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων, η κατασκευή κτηρίων με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση, καθώς και η εγκατάσταση των πιο ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων. Για το λόγο αυτό, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προχώρησε σε μια σειρά από μέτρα τα οποία είναι [11]:

- Μέτρα για την ενεργειακή επίδοση στον κτηριακό τομέα
- Μέτρα για την ενεργειακή επίδοση των προϊόντων
- Συμπαγωγή & Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
- Χρηματοδότηση

Επίσης, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή στοχεύει στο να καταργήσει τα εθνικά νομικά εμπόδια και να επιτρέψει την συμμετοχή επενδύσεων από τρίτους (ESCO). [11]

Οι ESCO (Energy Service Companies) είναι εταιρείες που μπορούν να καλύψουν το αρχικό κεφάλαιο για την πραγματοποίηση της ανακαίνισης του υφιστάμενου κτηρίου. Το κόστος για τον περιβαλλοντολογικά φιλικό εξοπλισμό είναι πολύ μεγάλο και η μεγαλύτερη πλειοψηφία δεν διαθέτει το αρχικό αυτό κεφάλαιο. Οι ESCO αφού έρθουν σε συνεννόηση με τον ιδιοκτήτη του κτηρίου αναλαμβάνουν την απαραίτητη μελέτη του κτηρίου λαμβάνοντας υπόψη όλους τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους που υπάρχουν στην περιοχή και προχωρούν στην ανακαίνιση του κτηρίου καθώς και στην εγκατάσταση συστημάτων που στοχεύουν στην εξοικονόμηση αλλά και στην παραγωγή ενέργειας π.χ. θερμομόνωση, εγκατάσταση φωτοβολταϊκών κλπ. Συνεπώς, ο ιδιοκτήτης δεν χρειάζεται να διαθέσει χρήματα. Για τα επόμενα 10-15 χρόνια, οι ESCO παραλαμβάνουν τα κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας που επετεύχθη στο κτήριο. Μόλις εξοφληθεί η ESCO, ο φιλικός προς το περιβάλλον εξοπλισμός παραμένει στον ιδιοκτήτη και μπορεί να απολαμβάνει αυτός τα κέρδη από την εξοικονόμησης ενέργειας που επετεύχθη. Η φοροαπαλλαγή επίσης είναι ένα πολύ σημαντικό μέτρο ώθησης των κατοίκων της ΕΕ. Επίσης συστάθηκε και η GEEREF (Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund) που θα στηρίζει οικονομικά τις ιδιωτικές επενδύσεις προς την ανακαίνιση του κτηριακού τομέα καθώς και την εγκατάσταση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ΑΠΕ. Η GEEREF θα ενισχύει οικονομικά επενδύσεις μεσαίου και υψηλού «ρίσκου» σε ποσοστό από 25% έως 50% ενώ για επενδύσεις χαμηλού «ρίσκου» σε ποσοστό 15% [24],[11].

2.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Το νομοθετικό πλαίσιο της ΕΕ έχει ενισχυθεί σημαντικά τα τελευταία έτη με την αναδιατυπωμένη Οδηγία που αναφέρεται στην Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων (EPBD, 2010/31/EU) και την Οδηγία σχετικά με την Ανανεώσιμη Ενέργεια (RED, 2009/28/EC). Και οι δύο Οδηγίες θέτουν όρους και προϋποθέσεις για την στροφή προς τα Κτήρια με Σχεδόν Μηδενική Κατανάλωση έως το 2020, και πρέπει όλα τα Κράτη Μέλη να ενσωματώσουν αυτές τις απαιτήσεις στην εθνική τους νομοθεσία. Καθώς επίσης και να εφαρμόσουν κατάλληλα μέσα αγοράς και χρηματοοικονομικά πλαίσια για την ευρεία εφαρμογή αυτών των φιλόδοξων στόχων [18].

2.1.1. Διατάξεις της αναδιατύπωσης της Εν.Α.Κ (Energy Performance of Building Directive).

Σύμφωνα με το Άρθρο 2 («Ορισμοί») παράγραφος 2 της αναδιατυπωμένης Οδηγίας Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων, « Ένα κτήριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας είναι το κτήριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση, προσδιοριζόμενη σύμφωνα με το παράρτημα I¹. Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγομένης επι τόπου ή πλησίον του κτηρίου».

Το Άρθρο 9 της αναδιατυπωμένης Οδηγίας για την Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων (ENAK) προβλέπει στην παράγραφο 1 ότι μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018, τα νέα κτήρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτήρια να αποτελούν κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. (βλέπε Εικόνα 2.1).

Τα κράτη μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα εθνικά σχέδια είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν στόχους διαφοροποιημένους ανάλογα με την κατηγορία του κτηρίου. Σύμφωνα με την παράγραφο 3 του Άρθρου 9, τα εθνικά σχέδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα εξής στοιχεία:

α) λεπτομέρειες όσον αφορά την πρακτική εφαρμογή του ορισμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας από τα κράτη μέλη, που απηχεί τις εθνικές περιφερειακές

¹ Βάσει Παραρτήματος I της οδηγίας 2010/31/ΕΕ: Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ή της πραγματικής ετήσιας ενέργειας που καταναλώνεται για να καλυφθούν οι διάφορες ανάγκες που συνδέονται με τη συνήθη χρήση και περιλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης (ενέργεια που απαιτείται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση) για να διατηρηθούν οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας του κτηρίου και οι οικιακές ανάγκες ζεστού νερού.

ή τοπικές συνθήκες, περιλαμβανομένου αριθμητικού δείκτη της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m² κατ' έτος. Οι παράγοντες πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της χρήσης πρωτογενούς ενέργειας είναι δυνατό να βασίζονται σε εθνικές ή περιφερειακές ετήσιες μέσες τιμές και να λαμβάνουν υπόψη τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα

β) Τους ενδιάμεσους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτηρίων έως το 2015, στο πλαίσιο της προετοιμασίας της εφαρμογής της παραγράφου 1·

γ) πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο των παραγράφων 1 και 2 για την προώθηση των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβανομένων λεπτομεριών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις και μέτρα για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτήρια και τα υφιστάμενα κτήρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας στο πλαίσιο του Άρθρου 13 παράγραφος 4 της Οδηγίας 2009/28/ΕΚ και των άρθρων 6 και 7 της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ.

Επιπροσθέτως, η παράγραφος 2 του Άρθρου 9 καλεί τα Κράτη Μέλη να δείξουν ένα ηγετικό παράδειγμα, να αναπτύσσουν πολιτικές και να λαμβάνουν μέτρα, θέτοντας π.χ. στόχους για την ενθάρρυνση της μετατροπής κτηρίων σε κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, και να ενημερώνουν σχετικά την Επιτροπή με τα εθνικά τους σχέδια [9],[18].

Η Επιτροπή, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2012 και εν συνεχεία ανά τριετία, δημοσιεύει έκθεση σχετικά με την πρόοδο που σημειώνουν τα κράτη μέλη στην αύξηση του αριθμού των κτηρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Με βάση την εν λόγω έκθεση, η Επιτροπή καταρτίζει σχέδιο δράσης και εάν απαιτείται προτείνει μέτρα για την αύξηση του αριθμού των κτηρίων αυτών, ενθαρρύνει δε τις βέλτιστες πρακτικές όσον αφορά την αποδοτική σε σχέση με το κόστος μετατροπής υφιστάμενων κτηρίων σε κτήρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας [9].

Τα Κράτη Μέλη μπορούν να αποφασίσουν να μην εφαρμόσουν τις απαιτήσεις της παραγράφου 1 στοιχεία α) και β) σε ειδικές και δικαιολογημένες περιπτώσεις κατά τις οποίες η ανάλυση της σχέσης κόστους – οφέλους για τον οικονομικό κύκλο ζωής του συγκεκριμένου κτηρίου έχει αρνητικό αποτέλεσμα. Τα Κράτη Μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή σχετικά με τις αρχές των σχετικών νομοθετικών καθεστώτων.

Εικόνα 2.1. Οδηγία 2010/31/EU για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων (αναδιατύπωση).

18.6.2010	EL	Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης	L 153/21
<p>Τα κράτη μέλη λαμβάνουν εππλέον τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι στην περίπτωση δομικού στοιχείου που αποτελεί τμήμα του κελύφους του κτιρίου και έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση του κελύφους, όταν τοποθετείται εκ των υστέρων ή αντικαθίσταται, η ενεργειακή απόδοση του δομικού στοιχείου πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης στον βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.</p> <p>Τα κράτη μέλη καθορίζουν τις εν λόγω ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με το άρθρο 4.</p> <p>Τα κράτη μέλη μεριμνούν, όσον αφορά τα κτίρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, ώστε να μελετώνται και να λαμβάνονται υπόψη εναλλακτικά συστήματα υψηλής απόδοσης, όπως αναφέρονται στο άρθρο 6 παράγραφος 1, στον βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό.</p>		<p>την εγκατάσταση ενεργών συστημάτων ελέγχου, π.χ. αυτοματοποιημένων συστημάτων ή συστημάτων ελέγχου και παρακολούθησης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας.</p> <p>Άρθρο 9 Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας</p> <p>1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε:</p> <p>α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και</p> <p>β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.</p>	
<p>Άρθρο 9 Κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας</p> <p>1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε:</p> <p>α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και</p> <p>β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.</p> <p>Τα κράτη μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα εθνικά σχέδια είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν στόχους διαφοροποιημένους ανάλογα με την κατηγορία του κτιρίου.</p>		<p>α) έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 όλα τα νέα κτίρια να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας και</p> <p>β) μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2018 τα νέα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας.</p> <p>Τα κράτη μέλη καταρτίζουν εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας. Αυτά τα εθνικά σχέδια είναι δυνατόν να περιλαμβάνουν στόχους διαφοροποιημένους ανάλογα με την κατηγορία του κτιρίου.</p> <p>Τα κράτη μέλη, ακολουθώντας το παράδειγμα του δημοσίου, επιτυγχάνουν επίσης πολιτικές και λαμβάνουν μέτρα, θέτοντας στόχους για την ενθάρρυνση της μετατροπής κτιρίων σε κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, και ενημερώνουν την Επιτροπή με τα εθνικά τους σχέδια που αναφέρονται στο άρθρο 1.</p> <p>Εθνικά σχέδια περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τα εξής στοιχεία:</p> <p>α) πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο των παραγράφων 1 και 2 για την προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβανομένων λεπτομερειών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις και μέτρα για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας στο πλαίσιο του άρθρου 13 παράγραφος 4 της οδηγίας 2009/28/ΕΚ και των άρθρων 6 και 7 της παρούσας οδηγίας.</p>	
<p>δ) συστήματα εξερισμού μεγάλης κλίμακας ή συνδυασμό τους.</p> <p>2. Τα κράτη μέλη ενθαρρύνουν την εισαγωγή ευφυών συστημάτων μέτρησης όταν κατασκευάζεται ένα κτίριο ή υφίσταται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας, μεριμνώντας ταυτόχρονα ώστε η ενθάρρυνση αυτή να είναι σύμφωνη με το σημείο 2 του παραρτήματος 1 της οδηγίας 2009/72/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 13ης Ιουλίου 2009, σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας⁽¹⁾. Τα κράτη μέλη μπορούν εππλέον να ενθαρρύνουν, κατά περίπτωση,</p>		<p>β) τους ενδεδειγμένους στόχους για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτιρίων έως το 2015, στο πλαίσιο της προετοιμασίας της εφαρμογής της παραγράφου 1·</p> <p>γ) πληροφορίες σχετικά με τις πολιτικές και τα οικονομικά ή άλλα μέτρα που έχουν ληφθεί στο πλαίσιο των παραγράφων 1 και 2 για την προώθηση των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, περιλαμβανομένων λεπτομερειών όσον αφορά τις εθνικές απαιτήσεις και μέτρα για τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στα νέα κτίρια και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ανακαίνιση μεγάλης κλίμακας στο πλαίσιο του άρθρου 13 παράγραφος 4 της οδηγίας 2009/28/ΕΚ και των άρθρων 6 και 7 της παρούσας οδηγίας.</p>	
		<p>⁽¹⁾ ΕΕ L 211 της 14.8.2009, σ. 55.</p>	

2.2. Νομοθεσία στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης συμμετέχει στην αναβάθμιση του κτηριακού τομέα με σκοπό την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έκανε σαφές ότι τα κράτη μέλη θα θεσπίσουν τις δικές τους οδηγίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές κλιματολογικές, οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες. Έτσι συστάθηκε ο Κ.Εν.Α.Κ (Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτηρίων). Η πρώτη προσπάθεια της Ελλάδος για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα εμφανίστηκε το 1979 με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτηρίων (ΚΘΚ) και στην συνέχεια με την σύσταση του Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.).[6][11]

2.2.1. Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας των Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ)

Ο σκοπός της εγκυκλίου αυτής είναι η διαμόρφωση του πλαισίου και ο καθορισμός των ελαχίστων απαιτήσεων για την αναβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Αποτελεί υλοποίηση του νόμου 3661/2008 που εκδόθηκε με σκοπό την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 2002/91/ΕΚ. Ο ΚΕΝΑΚ είναι η πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια από ελληνικής πλευράς όσον αφορά τον καθορισμό όλων των παραμέτρων που επιδρούν στην ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου. Ειδικότερα εστιάζεται στην μείωση της κατανάλωσης συμβατικής ενέργειας για Θέρμανση, Ψύξη, Κλιματισμό, Φωτισμό και Παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης (ΖΝΧ). Αναφέρεται σε τεχνικές όπως ο Ενεργειακός Σχεδιασμός του Κελύφους, τα αποδοτικά δομικά υλικά που πρέπει να χρησιμοποιούνται, τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, τις ΑΠΕ και την συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ) [5].

Για τον σκοπό αυτό με τον ΚΕΝΑΚ:

- Εφαρμόζεται μία μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
- Καθορίζονται ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων.
- Καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτηρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους, οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων.
- Ορίζεται το περιεχόμενο της μελέτης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων
- Καθορίζεται η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου.
- Καθορίζεται η διαδικασία ενεργειακών επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΚΕΝΑΚ, η ενεργειακή απόδοση των κτηρίων προσδιορίζεται με βάση μια μεθοδολογία υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας η οποία περιέχει τουλάχιστον:

- Την χρήση του κτηρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό των χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων.
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων, της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού, της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, της εγκατάστασης φωτισμού.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή γίνεται με την χρήση των συντελεστών που βρίσκονται στον Πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1. Συντελεστής αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου σε πρωτογενή ενέργεια [Πηγή: ΚΕΝΑΚ]

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Βιομάζα	1,00	-
Υγραέριο	1,05	0,238
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η	0,70	0,347

Στη μεθοδολογία συνεκτιμάται επίσης η θετική επίδραση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων και άλλων συστημάτων παραγωγής θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού με την χρήση ΑΠΕ. Επίσης θετική είναι και η συμβολή του φυσικού φωτισμού, της εγκατάστασης ΣΗΘ, καθώς και της τηλεθέρμανσης. Η μεθοδολογία υπολογισμού της

ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων επανεξετάζεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Για να γίνει πραγματοποιήσιμη η μελέτη, συστάθηκαν τεχνικές οδηγίες από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΟΤΕΕ) οι οποίες περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, ανάλυση του υπολογισμού για την ενεργειακή επιθεώρηση καθώς και ελάχιστες και μέγιστες τιμές που πρέπει να παρουσιάζουν τα διάφορα υλικά και ο εξοπλισμός του κτηρίου. Για την ανάγκη της ενεργειακής μελέτης του κτηρίου, δημιουργήθηκε το λογισμικό του ΤΕΕ το «ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ», του οποίου ο προκάτοχος είναι το ΕΠΑ-NR.

3. ΚΤΗΡΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

3.1. Κτηριακός τομέας στην ΕΕ

Ο Sir William Thomson, Lord Kelvin είπε «Εάν δεν μπορείς να το μετρήσεις, δεν μπορείς να το βελτιώσεις».

Τα κτήρια είναι στο επίκεντρο της κοινωνικής και οικονομικής δραστηριότητας της Ευρώπης. Όχι μόνον επειδή οι άνθρωποι ξοδεύουν το μεγαλύτερο χρόνο της ζωής τους στα κτήρια, αλλά επίσης και γιατί ξοδεύουν τα περισσότερα χρήματα στα κτήρια. Το δομημένο περιβάλλον δεν είναι μόνο ο μεγαλύτερος βιομηχανικός τομέας όσον αφορά τους οικονομικούς όρους, αλλά και ο μεγαλύτερος από άποψη ροής πόρων. Τα κτήρια είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τις Ευρωπαϊκές κοινωνίες, τις Ευρωπαϊκές οικονομίες, και την μελλοντική εξέλιξή τους [17].

Η ενεργειακή ασφάλεια και η κλιματική αλλαγή ωθούν προς ένα μέλλον που θα πρέπει να γίνουν δραστικές βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων της Ευρώπης. Τα 27 Κράτη Μέλη έχουν θέσει έναν στόχο εξοικονόμησης ενέργειας της τάξεως του 20% έως το 2020, κυρίως μέσω μέτρων ενεργειακής απόδοσης. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επίσης δεσμευτεί να μειώσει κατά 80-95% της εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου (GHG) έως το 2050 ως μέρος της πολιτικής της για μια ανταγωνιστική χαμηλών εκπομπών οικονομία το 2050.

Στο Σχέδιο Ενεργειακής Απόδοσης 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δηλώνει ότι η μεγαλύτερη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας βρίσκεται στα κτήρια. Η ελάχιστη εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια μπορεί να επιφέρει μία μείωση της τάξεως 60-80Mtoe/a στην τελική κατανάλωση ενέργειας έως το 2020, και να συνεισφέρει σημαντικά στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό θα γίνει εφικτό μόνο εάν τα κτήρια μετατραπούν μέσω από λεπτομερής, αυστηρή και βιώσιμη προσέγγιση.

Το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο της πολιτικής για τα κτήρια εξελίσσεται από τις αρχές του 1990. Μία ευρύς σειρά από μέτρα έχουν υιοθετηθεί μεταξύ των Κρατών Μελών για να προωθήσουν ενεργά την καλύτερη ενεργειακή απόδοση των κτηρίων. Μετά το 2002, το συγκεκριμένο θέμα απέκτησε έντονο ενδιαφέρον όταν υιοθετήθηκε η Οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των Κτηρίων (EPBD) [Οδηγία 2002/91/ΕΕ] . Η EPBD αναδιατυπώθηκε το 2010 για να κάνει τους στόχους της ακόμη πιο φιλόδοξους και να ενισχύσει την εφαρμογή της [17].

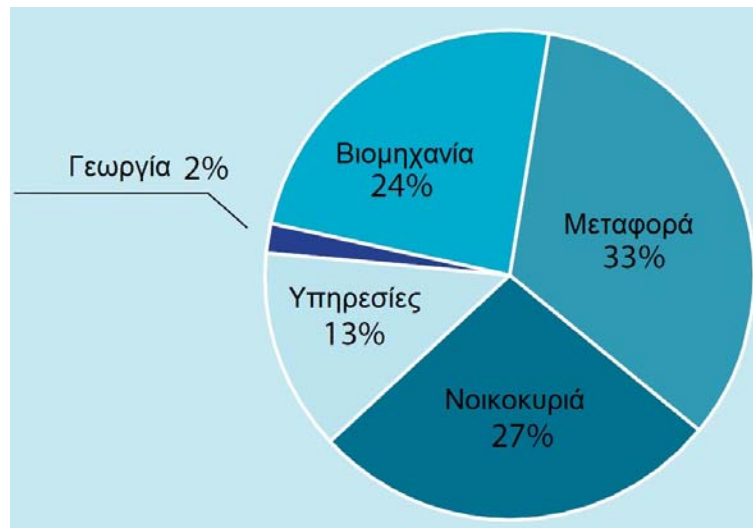
Όπως δήλωσε η Επιτροπή στην Ανακοίνωσή της προτείνοντας την αναθεωρημένη οδηγία του 2010: «Ο τομέας έχει σημαντικό αναξιοποίητο δυναμικό για οικονομικά αποδοτικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας». Η συνειδητοποίηση αυτού του δυναμικού θα εξαρτηθεί σημαντικά από την δέσμευση των Κρατών Μελών, και την εμπλοκή των ενδιαφερόμενων από την κυβέρνηση, την βιομηχανία και την κοινωνία των πολιτών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση εκτείνεται σε πολλές διαφορετικές κλιματικές ζώνες, τοπία και πολιτισμούς. Γύρω στα 501 εκατομμύρια κατοίκους που είναι διεσπαρμένοι σε 27 χώρες διαμένουν σε ένα ευρύ φάσμα από διάφορους τύπους κτηρίων με μια εξίσου ευρύ σειρά από θερμικές ποσότητες, σε ένα συνεχώς επεκτεινόμενο κτηριακό απόθεμα. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις χώρες. Από το τρόπο ζωής, π.χ. μονοκατοικίες ή πολυκατοικίες μέχρι και τις πολιτικές κατασκευής των κτηρίων [17].

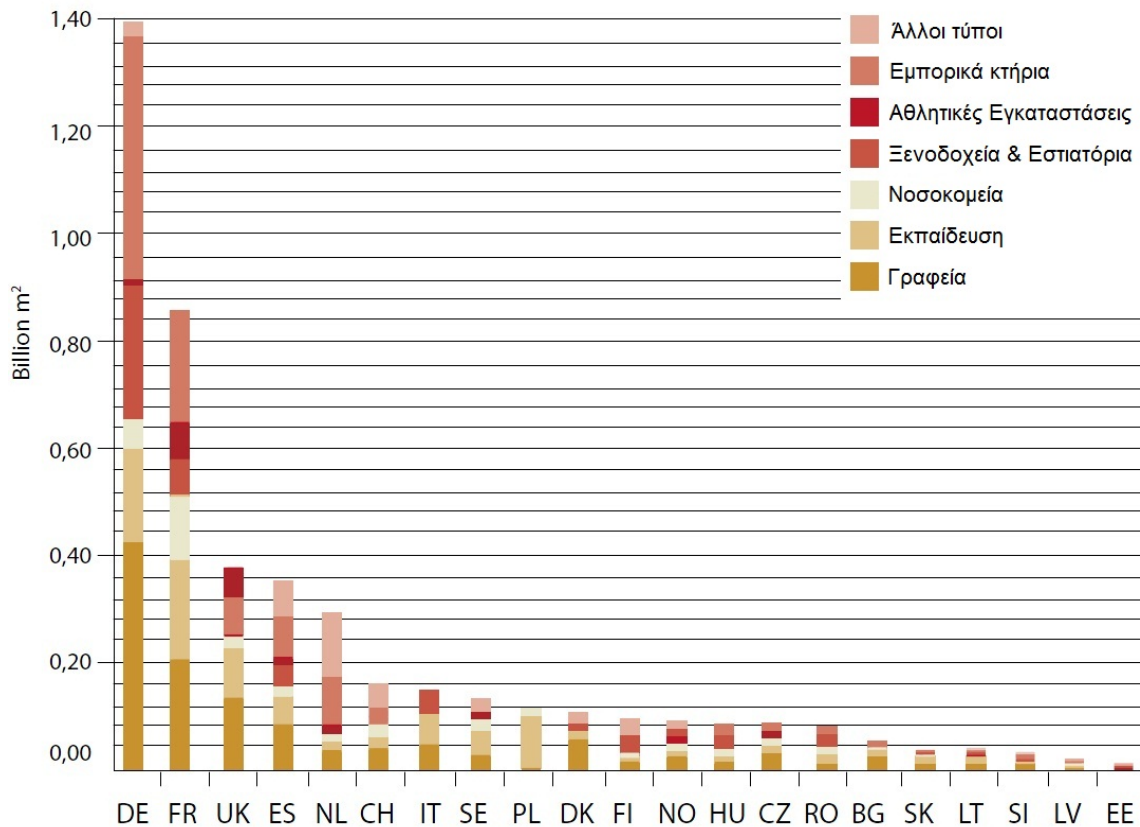
3.1.1. Κτήρια σε Ευρωπαϊκό επίπεδο

Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται πως κατανέμεται η τελική ενέργεια κατανάλωσης σε διάφορους τομείς.

Εικόνα 3.1. Τελική Ενέργεια Κατανάλωσης ανα τομέα στην ΕΕ, 2009. [Πηγή: DG ENER],[17]

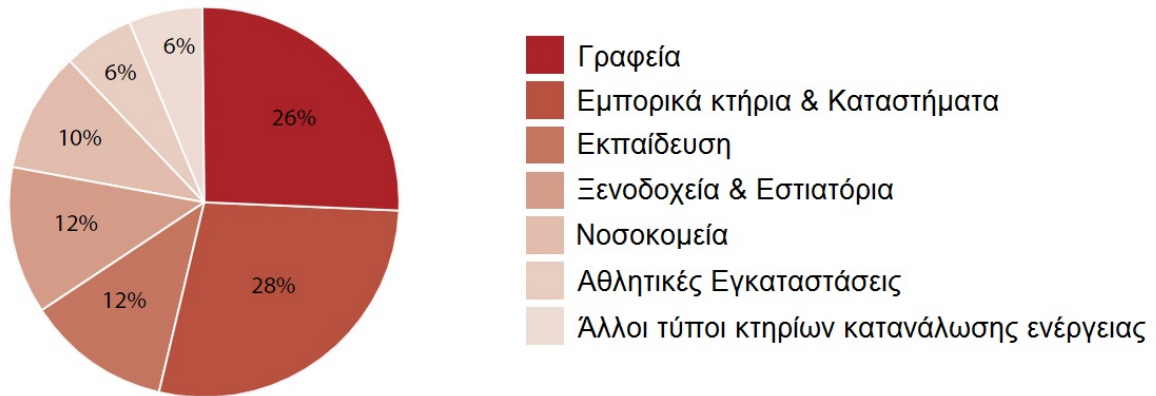


Ο διαχωρισμός μεταξύ των κατηγοριών κτηρίων τριτογενή τομέα διαφέρει από χώρα σε χώρα όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2. Γραφεία και εμπορικά καταστήματα χονδρικής & λιανικής πώλησης αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό κτηρίων σε όλες σχεδόν τις χώρες. Πολλές χώρες αναφέρουν ένα μεγάλο ποσοστό κτηρίων που ανήκει στην κατηγορία «Άλλοι τύποι» και αυτό πιθανόν δείχνει ότι θα χρειαστεί επιπλέον προσπάθεια για τον διαχωρισμό των ορόφων σε μια ή περισσότερες κατηγορίες όπου είναι δυνατόν [17].

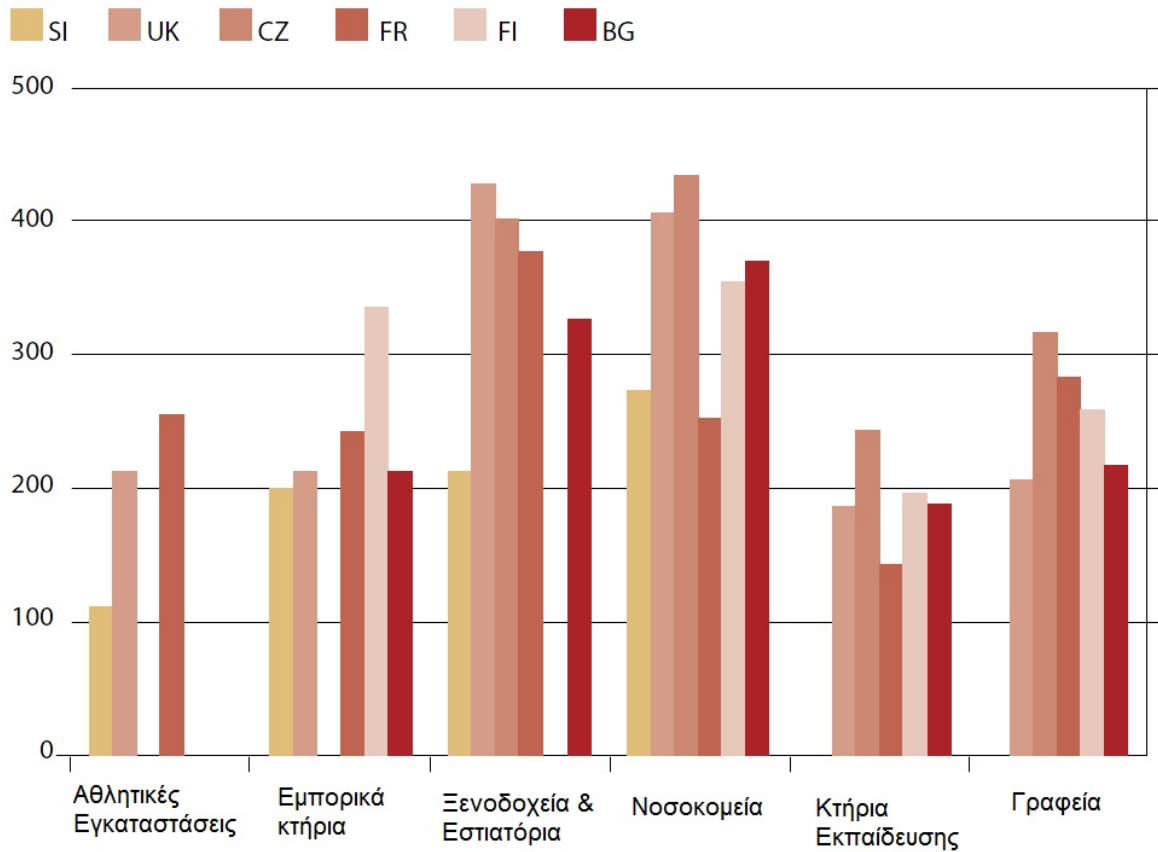
Εικόνα 3.2. Κατανομή κτηρίων σύμφωνα με το εμβαδόν τριτογενή τομέα για επιλεγμένες χώρες.

Σύμφωνα με τα δεδομένα, εκτιμάται ότι η πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση στον τριτογενή τομέα είναι 280 kWh/m^2 (καλύπτοντας όλες τις τελικές χρήσεις). Αυτό είναι τουλάχιστον κατά 40% υψηλότερα από την αντίστοιχη τιμή στον οικιακό τομέα. Στον τριτογενή τομέα, αναμένονται διακυμάνσεις από χώρα σε χώρα και από τον έναν τύπο κτήριο στον άλλον. Αυτές οι διακυμάνσεις φαίνονται στις Εικόνες 3.3α και 3.3β, όπου η ειδική χρήση ενέργειας στα γραφεία, κτήρια εκπαίδευσης, νοσοκομεία, ξενοδοχεία & εστιατόρια και αθλητικές εγκαταστάσεις παρουσιάζονται για συγκεκριμένες χώρες. Ενώ τα νοσοκομεία είναι, κατά μέσον όρο, στην κορυφή της βαθμονόμησης με συνεχή πληρότητα και υψηλά επίπεδα έντασης ενέργειας, η συνολική κατανάλωση ενέργειας στον τριτογενή τομέα είναι μικρή. Είναι επίσης φανερό ότι τα ξενοδοχεία & εστιατόρια έχουν εξίσου ενεργειακή ένταση. Ενώ αυτές οι δύο κατηγορίες εκπροσωπούν τον υψηλότερο τύπο ενεργειακής έντασης με συγκεκριμένους όρους, αφ' ετέρου τα γραφεία, τα εμπορικά κτήρια εκπροσωπούν πάνω από 50% της ενεργειακής χρήσης. Η Εκπαίδευση και οι Αθλητικές Εγκαταστάσεις είναι υπεύθυνα για το 18% της ενεργειακής κατανάλωσης ενώ τα άλλα κτήρια αντιπροσωπεύουν το 6% της συνολικής ενεργειακής χρήσης [17].

Εικόνα 3.3α. Χρήση τελικής ενέργειας σε κτήρια τριτογενή τομέα για διάφορες χώρες της Ευρώπης. Μερίδιο της συνολικής χρήσης ενέργειας ανα τύπο κτηρίου [Πηγή: BIPe survey].



Εικόνα 3.3β. Πρωτογενής χρήση ενέργειας (kWh/m²a) για κτήρια τριτογενούς τομέα [Πηγή: BIPe survey].

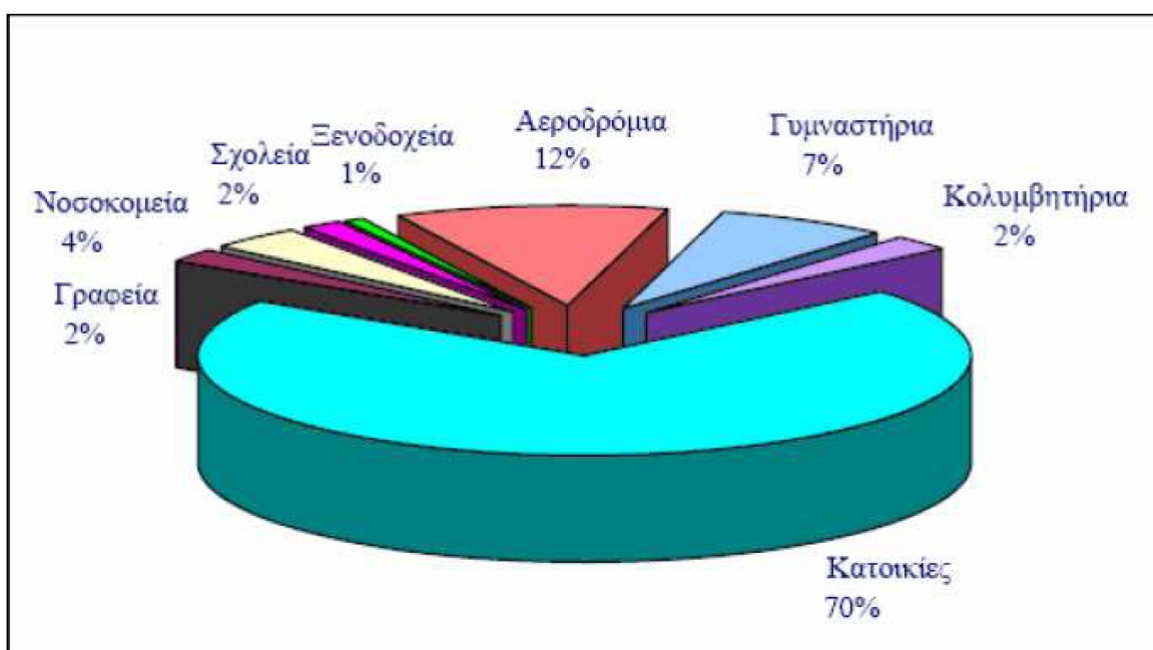


3.2. Κτηριακός Τομέας στην Ελλάδα

Ο κτηριακός τομέας στην Ελλάδα ευθύνεται για το 1/3 περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και για το 36% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Στην Ελλάδα, οι εκπομπές CO₂ από τον κτηριακό τομέα παρουσιάζαν πριν από την περίοδο της οικονομικής κρίσης ετήσιο ρυθμό αύξησης περί το 4%, ενώ παράλληλα διογκωνόταν συνεχώς η ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων [4].

Ο κτηριακός τομέας στην Ελλάδα αποτελείται κατά 70% από κτήρια οικιακού τομέα ενώ το 30% αποτελείται από κτήρια του τριτογενή τομέα (αθλητικές εγκαταστάσεις, ξενοδοχεία, αεροδρόμια, σχολεία, εμπορικά καταστήματα κ.α.) όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4.

Εικόνα 3.4. Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά χρήση. [Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας – Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών]



Τα ελληνικά κτήρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Σύμφωνα με την Eurostat, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική αναγωγή, τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτήν της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι σκανδιναβικές χώρες.

Η πραγματικότητα αυτή έχει ιδιαίτερα δυσμενείς συνέπειες για το ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, επιβαρύνει σημαντικά τον προϋπολογισμό κάθε πολίτη, ιδίως των οικογενειών χαμηλού εισοδήματος, εκτινάσσει το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής και υποχρεώνει στην κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ βυθίζει σε ενεργειακή φτώχεια εκατοντάδες χιλιάδες πολίτες [4].

Η ενεργειακή δυσμενής κατάσταση του κτηριακού περιβάλλοντος έχει σημαντικές κοινωνικές και οικονομικές προεκτάσεις. Αναφέρεται ότι μόνο το 8% των Ελλήνων πολιτών χαμηλού εισοδήματος κατοικεί σήμερα σε κτήρια με μόνωση και διπλά υαλοστάσια, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στα υψηλά εισοδήματα αγγίζει το 70%. Έτσι, οι πολίτες χαμηλού εισοδήματος δαπανούν περίπου 120% επιπλέον για θέρμανση και 95% επιπλέον για κλιματισμό ανά άτομο και μονάδα επιφανείας κατοικίας σε σχέση με τους πολίτες υψηλού εισοδήματος. Παράλληλα, το θερμικό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα χαμηλά εισοδήματα κατά τη θερινή περίοδο μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα υγείας και επιβίωσης.

Δεδομένου ότι η ενεργειακή ζήτηση των κτηρίων είναι άμεση συνάρτηση του κλίματος κάθε περιοχής, είναι προφανές ότι η κλιματική μεταβολή θα έχει σημαντικές συνέπειες για το σύνολο του κτηριακού περιβάλλοντος. Έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η αυξανόμενη θερμική υποβάθμιση των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σαν αποτέλεσμα τοπικών και παγκόσμιων μεταβολών, η εμμονή στη χρήση εμπειρικών και ξεπερασμένων τεχνικών σχεδιασμού του αστικού χώρου και των κτηρίων και η αποψίλωση του αστικού και περιαστικού πρασίνου δημιουργούν συνθήκες δυσφορίας σε όσους διαμένουν στον αστικό ιστό, μεγιστοποιούν τη χρήση ενεργοβόρων μηχανικών μέσων για την εξασφάλιση θερμικής άνεσης και προκαλούν ουσιώδες πρόβλημα επιβιωσιμότητας σε σημαντικό τμήμα του πληθυσμού, που αδυνατεί να ανταποκριθεί οικονομικά στη νέα πραγματικότητα [4].

3.2.1. Υπάρχουσα κατάσταση

Η ελλιπής προστασία των υπαρχόντων κτηρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο ανορθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτηρίων σαν συνέπεια μιας αποκομμένης από το περιβάλλον αρχιτεκτονικής αντίληψης, που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η κλιματική μεταβολή στον αστικό χώρο, η παλαιότητα των κτηρίων και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για περίπου 40 χρόνια, για την ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτηρίων είχαν ως αποτέλεσμα:

- Την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας,
- Την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας και
- Τη, για μεγάλο χρονικό διάστημα, μη τήρηση των διεθνών δεσμεύσεων της χώρας για το περιβάλλον, όπως η συμφωνία του Κιότο και η Οδηγία 2002/91/EK (EPBD, 2003) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων («Energy Performance of Buildings Directive», EPBD).

Σχεδόν το 65% των κτηρίων που διαθέτει η χώρα είναι κατασκευασμένα πριν από το 1980 και δεν ενσωματώνουν σχεδόν κανένα σύστημα θερμοπροστασίας, όπως μόνωση, διπλά υαλοστάσια κ.λπ. Παράλληλα, παρατηρείται εξαιρετικά σημαντική αύξηση του χώρου διαβίωσης ανά άτομο στη χώρα, γεγονός που αυξάνει την ενεργειακή ζήτηση ανά άτομο. Τέλος, διαπιστώνεται έντονη διείσδυση της χρήσης κλιματισμού κατά τα τελευταία χρόνια, που αυξάνει αφενός την απόλυτη κατανάλωση του κτηριακού τομέα και αφετέρου το ηλεκτρικό φορτίου αιχμής στη χώρα.

4. ZERO ENERGY BUILDING - ΚΤΗΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1. Έννοιες και Πρότυπα

Όπως έχει διατυπωθεί από τους Torcellini, Pless and Dery [31], ο ορισμός ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας θα επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίον σχεδιάζονται τα κτήρια ώστε να πετύχουν τον στόχο αυτόν, π.χ. η έμφαση του ορισμού θα επιδρά στο πως θα επιλέγεται και θα αναπτύσσεται ο σχεδιασμός Κτηρίων Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (Zero-Energy Buildings) για το μέλλον και γι' αυτό αυτή η αρχική επιλογή είναι πολύ σημαντική.

Οι Torcellini, Pless και Deru αναφέρουν τέσσερις γενικές αρχές σχετικά με τους ορισμούς ZEB:

- **Net Zero site Energy:** Ένα κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης «παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια όση χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός έτους από ΑΠΕ όταν αυτό αναφέρεται στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό της περιοχής.
- **Net Zero Source Energy:** Ένα κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης «πηγής» παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια όση και καταναλώνει κατά την διάρκεια ενός έτους όταν αυτό αναφέρεται στην πηγή των καυσίμων κατανάλωσης. Η πηγή ενέργειας αναφέρεται στην πρωτογενή ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παραγωγή και την μεταφορά αυτής της ενέργειας στην τοποθεσία που βρίσκεται το κτήριο. Για να υπολογιστεί η συνολική πρωτογενής ενέργεια που προέρχεται από την πηγή, θα πρέπει η εισερχόμενη και η εξερχόμενη ενέργεια να πολλαπλασιαστούν με τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής της ενέργειας σε πρωτογενή για κάθε μορφή ενέργειας.
- **Net Zero Energy Costs:** Σε ένα κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αναφορικά με το κόστος της ενεργειακής κατανάλωσης το ποσό των χρημάτων που πληρώνει η εταιρεία παροχής ενέργειας στον ιδιοκτήτη για την εξερχόμενη ενέργεια από το κτήριο πρέπει να είναι ίσο με το ποσό που πληρώνει ο ιδιοκτήτης στην εταιρεία για την υπηρεσία καθώς και για την ενέργεια που καταναλώθηκε καθ' όλο το έτος.
- **Net Zero Energy Emissions:** Ένα κτήριο μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης αναφορικά με τους εκπεμπόμενους ρύπους, παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια από ΑΠΕ (χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων) όση καταναλώνει από συμβατικές πηγές ενέργειας που εκπέμπουν [11],[31].

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των παραπάνω ορισμών φαίνονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. Θεώρηση των διάφορων ορισμών των ΚΜΚΕ. [Πηγή: Torcellini, Pless and Deru, 2006]

Ορισμός	Υπερ	Κατα	Άλλα Παρατηρήσεις
Net Zero site Energy	<ul style="list-style-type: none"> • Εύκολη εφαρμογή. • Επαλήθευση μέσω επιτόπου μετρήσεων • Συντηρητική προσέγγιση για την επίτευξη ZEB. • Δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες, και η επιτυχία μπορεί να παρακολουθείται με την πάροδο του χρόνου. • Εύκολη κατανόηση και επικοινωνία για την κατασκευαστική κοινότητα • Ενθαρρύνει τον σχεδιασμό κτηρίων ενεργειακής απόδοσης 	<ul style="list-style-type: none"> • Απαιτεί μεγαλύτερη εξαγωγή ανανεώσιμης ενέργειας για να αντισταθμίσει την κατανάλωση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. • Δεν λαμβάνει υπ' όψιν του όλα τα κόστη λειτουργίας των υπηρεσιών ενέργειας. • Δεν μπορεί να εξισώσει τύπους καυσίμου. • Δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις διαφορές ανάμεσα στις μορφές καυσίμου (διαθεσιμότητα τροφοδοσίας, ρύπανση) 	
Net Zero Source Energy	<ul style="list-style-type: none"> • Ικανό να εξισώσει την ενεργειακή αξία των τύπων καυσίμου που χρησιμο-ποιούνται στην τοποθεσία. • Καλύτερο πρότυπο για την επίδραση στο εθνικό σύστημα ενέργειας. • Ευκολότερος τρόπος υλοποίησης ZEB. 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις διαφορές ανάμεσα στις μορφές καυσίμου (διαθεσιμότητα τροφοδοσίας, ρύπανσης) • Υπολογισμοί πρωτογενής ενέργειας πολύ ευρύ • Δεν λαμβάνει υπ' όψιν όλα τα ενεργειακά κόστη. 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρειάζεται να αναπτυχθούν συντελεστές μετατροπής καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή, που απαιτούν αρκετές πληροφορίες για να καθοριστούν.
Net Zero Energy Costs	<ul style="list-style-type: none"> • Εύκολο στην εφαρμογή και στην μέτρηση • Οι νόμοι της αγοράς έχουν ως αποτέλεσμα σε μια καλή ισορροπία μεταξύ των διαφόρων μορφών καυσίμων • Επιτρέπει τον έλεγχο στην πλευρά της ζήτησης της ενέργειας (καταναλωτή) 	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν έχει σημαντική επίδραση σε εθνικό επίπεδο γιατί μπορεί η αποθήκευση ενέργειας από Φ/Β να είναι πιο συμφέρουσα απ' ό,τι η εξαγωγή στο δίκτυο. • Απαιτεί μετρητές ώστε η εξαγόμενη 	<ul style="list-style-type: none"> • Απαιτείται μηνιαίο service και άλλες χρεώσεις. • Αν οι μετρητικές διατάξεις δεν λειτουργούν καλά και ξεπεράσουν τα όρια χωρητικότητας, αλλάζουν και οι τιμές της εισαγόμενης και

	<ul style="list-style-type: none"> • Ελεγχόμενο μέσω των λογα-ριασμών 	<p>ηλεκτρική εν-έργεια να αντισταθμίσει τις χρεώσεις της εισαγόμενης ενέργειας καθώς και των υπηρεσιών</p> <ul style="list-style-type: none"> • Οι υψηλά ασταθής ρυθμοί ενέργειας κάνουν δύσκολη την παρακολούθησή του με την πάροδο του χρόνου. 	εξαγόμενης ενέργειας.
Net Zero Energy Emissions	<ul style="list-style-type: none"> • Το καλύτερο πρότυπο για πράσινη ανάπτυξη • Λαμβάνει υπ' όψιν τους συντελεστές ρύπανσης από διάφορες μορφές καυσίμου. • Ευκολότερο ZEB για να επιτευχθεί 		<ul style="list-style-type: none"> • Απαιτεί κατάλληλους συντελεστές εκπομπής ρύπων

Δεν υπάρχει μοναδικός ορισμός για Ευρωπαϊκά κτήρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης, αλλά γενικά ο όρος υποδεικνύει ότι ένα κτήριο έχει καλύτερη ενεργειακή απόδοση από τις απαιτήσεις υφιστάμενων κτηρίων στους εθνικούς οικοδομικούς κανονισμούς. Οι έννοιες και οι λύσεις που υπάρχουν σήμερα για τα κτήρια υψηλής ενεργειακής απόδοσης όπως αυτές χρησιμοποιούνται στις διάφορες χώρες σε όλη την Ευρώπη, δηλ. σε χώρες όπου ήδη υπάρχουν επίσημοι ορισμοί των κτηρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης φαίνονται στον Πίνακα 4.2.

Κτήρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης συνήθως περιλαμβάνουν πολυ καλή θερμομόνωση, παράθυρα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, καλή αεροστεγανότητα κ.α. Για να επιτευχθεί η υψηλή ενεργειακή απόδοση, θα πρέπει επίσης να αξιοποιηθούν οι τεχνικές παθητικού ηλιακού σχεδιασμού κτηρίου (να συλλέγει την ηλιακή θερμότητα το χειμώνα και να την αποβάλλει το καλοκαίρι) ή/και οι τεχνολογίες άμεσης ηλιακής τεχνολογίας (ηλιακοί συλλέκτες για Ζεστό Νερό Χρήσης και Θέρμανση Χώρων ή Φ/Β πλαίσια, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας). Επιπροσθέτως άλλα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν, π.χ. χρήση μικρών ανεμογεννητριών για επι τόπου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή χρήση συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού.

Πίνακας 4.2. Όρια κατανάλωσης ενέργειας για κτήρια σε Ευρωπαϊκά κράτη [11].

Κράτη	Όρια κατανάλωσης ενέργειας για κτήρια πολύ χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης
Αυστρία	Κτήρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας κάτω από 60-40kWh/m ² ακαθάριστη επιφάνεια Παθητικά κτήρια: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση λιγότερο από 15kWh/m ²
Δανία	Οι ελάχιστες απαιτήσεις για κτήρια κατοικιών δίνεται από τον τύπο 70+2200/A kWh/m ² ανά έτος (όπου A είναι η θερμαινόμενη μική επιφάνεια δαπέδου) Για τα υπόλοιπα κτήρια οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι ίσες με: 95+2002/A kWh/m ² ανά έτος. Η ελάχιστη απαίτηση για μη οικιστικά κτήρια περιλαμβάνει και τον ηλεκτρισμό για τη δημιουργία φωτισμού
Γερμανία	Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης σε νέα κτήρια στη Γερμανία ορίζονται με βάση τον τύπο: $50,94 + 75,29(A/V_e) + 2600/(100+A_N)$ kWh/m ² Όπου A είναι η εξωτερική επιφάνεια, V _e είναι ο όγκος και η A _N ωφέλιμη επιφάνεια Η ζήτηση πρωτογενούς ενέργειας περιορίζεται στις 60 kWh/m ² a ή 40 kWh/m ² a τότε δικαιούται επιχορήγηση Επιπλέον το Passive House ορίζεται το κτήριο που καταναλώνει για θέρμανση το περισσότερο 15 kWh/m ²
Γαλλία	Κτήρια Χαμηλής ενεργειακής Κατανάλωσης : Για τις νέες κατοικίες οι ετήσιες ανάγκες για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ZNX και φωτισμό πρέπει να είναι μικρότερες από περίπου 50 kWh/m ² (στην πρωτογενή ενέργεια) ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και το υψόμετρο. Για τα άλλα νέα κτήρια: Οι ετήσιες ανάγκες για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ZNX και φωτισμό πρέπει να είναι τουλάχιστον 50% χαμηλότερο από ότι απαιτείται από τον ισχύοντα κανονισμό για τα νέα κτίρια. Για ανακαίνιση, η Grenelle de l'Environment είναι πιθανό να υιοθετήσει μια ετικέτα του BBC 80 50 kWh/m ² ετησίως για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ZNX και φωτισμό, ξεκινώντας το 2009
Ελβετία	Για νέα κτήρια από 1/1/2009 λιγότερο από 38 kWh/m ² . Η κατανάλωση ενέργειας περιλαμβάνει θέρμανση, ZNX και ανάγκες αερισμού.

4.2. Διαχωρισμός ανάλογα την σύνδεση του κτηρίου στο δίκτυο

Τα κτήρια ZEB διαχωρίζονται με βάση το αν είναι διασυνδεδεμένα ή μη με το ηλεκτρικό δίκτυο [11],[31].

Off-grid ZEB: «Off-grid» ZEB είναι το κτήριο το οποίο είναι αποκομμένο από το εθνικό δίκτυο διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο κτήριο πρέπει να

καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες αποκλειστικά και μόνο από τις δικές του πηγές. Αναγκαίο στοιχείο είναι η ύπαρξη συσσωρευτών για την τροφοδότηση του κτηρίου σε περιόδους που δεν παράγεται ενέργεια (όπως νύχτα, περίοδος συννεφιασμένου καιρού). Το κόστος είναι μεγάλο για την επίτευξη ενός «off-grid» ZEB λόγω του αυξημένου κόστους των συσσωρευτών. Επιπλέον, οι υπάρχουσες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι πολύ περιορισμένες κάνοντας την επίτευξη ενός «off-grid» ZEB ακόμα δυσκολότερη υπόθεση. Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι η περίσσεια ενέργεια σε περιόδους μεγάλης ηλιοφάνειας δεν εξάγεται στο δίκτυο, με αποτέλεσμα η πλεονάζουσα αυτή ενέργεια πρέπει να αποθηκεύεται.

On-grid ZEB: Είναι η πιο συνηθισμένη μορφή ZEB, όπου το κτήριο είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο και συνεπώς εισάγει και εξάγει ενέργεια από το δίκτυο. Μια ενδιαφέρουσα μορφή «on-grid» ZEB είναι μια περιοχή ή γειτονιά. Σύμφωνα με τον Clark (2008), οι ZEB κοινότητες ανήκουν σε έναν γεωπολιτικό χώρο και με διάφορες μορφές ΑΠΕ (ηλιακή, βιομάζα, γεωθερμία, ανεμογεννήτριες). Δηλαδή, σε αυτό το συγκρότημα πρέπει όλα τα κτήρια μέλη να έχουν πολύ μειωμένες ενεργειακές απαιτήσεις καθώς και όσο είναι δυνατόν οικονομικά να παράγουν ενέργεια on-site. Επίσης στον χώρο που βρίσκονται τα κτήρια είναι δυνατή να γίνει εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου, ανεμογεννήτριες, υδροηλεκτρικοί σταθμοί και το κόστος εγκατάστασης να μοιραστεί ανάμεσα στα κτήρια μέλη της ZEB κοινότητα «community». Η πλεονάζουσα παραγόμενη ενέργεια θα μπορεί επίσης να πωλείται στο δίκτυο καθώς ενώ αν υπάρξει έλλειψη να παρέχεται από το δίκτυο. Επειδή κάθε γεωγραφικός χώρος χαρακτηρίζεται από τις δικές του γεωγραφικές ιδιαιτερότητες θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και διαφορετικές μορφές ΑΠΕ.

4.3. Βασικά μέτρα για την υλοποίηση ενός ZEB

4.3.1. Τοποθεσία και γεωμετρία του κτηρίου

Το πρώτο κομμάτι αφορά την γεωμετρία του κτηρίου, τον προσανατολισμό του, καθώς και άλλες τεχνικές έτσι ώστε το κτήριο να εκμεταλλεύεται πλήρως το κλίμα του τόπου αλλά και την τοποθεσία [9]. Αφορά τα νέα κτήρια.

- *Προσανατολισμός κτηρίου:* Η μεγαλύτερη πλευρά του κτηρίου θα πρέπει να έχει νότιο προσανατολισμό. Επιτρέπονται αποκλίσεις έως $\pm 30^\circ$. Αυτό συμβαίνει λόγω της τροχιάς του ήλιου. Συνεπώς με το μεγαλύτερο μέρος του κελύφους να κοιτάει στον νότο, έχουμε μεγαλύτερο κέρδος φυσικού φωτισμού [11].
- *Σχήμα κτηρίου:* Το καλύτερο σχήμα για το κλίμα της Ελλάδος είναι το επιμηκές κατά τον άξονα ανατολής δύσης γιατί προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο και για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα (βλέπε Εικόνα 4.1).

Εικόνα 4.1. Επιμηκές σχήμα κτηρίου το οποίο είναι το καλύτερο σχήμα για το κλίμα της Ελλάδος.



- *Μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού:* Επίσης τα μεγαλύτερα ανοίγματα πρέπει να είναι στην νότια πλευρά, μέτριου μεγέθους στην ανατολική και δυτική πλευρά του κτηρίου, και μικρότερου στον βορρά. Πρέπει να προβλέπονται και στις τέσσερις πλευρές του κτηρίου για την διασφάλιση όχι μόνο του φυσικού φωτισμού αλλά και για αερισμό το καλοκαίρι.
- *Διάρθρωση των εσωτερικών χώρων:* Στην βόρεια επιφάνεια, ως ψυχρότερη και με λιγότερο φυσικό φωτισμό, τοποθετούνται χώροι μη συχνής χρήσης.

4.3.2. Επεμβάσεις με στόχο την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας

Σε αυτό το κομμάτι των μέτρων περιλαμβάνονται μέτρα, τα οποία εστιάζουν στο να μειώσουμε την καταναλισκόμενη ενέργεια.

- *Μόνωση κελύφους, δώματος:* Αποτελεί το πρώτο μέτρο που πρέπει να εφαρμοστεί για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η διογκωμένη και η εξηλασμένη πολυστερίνη με πολύ χαμηλούς συντελεστές αγωγιμότητας. Η μόνωση μπορεί να είναι είτε εσωτερική είτε εξωτερική.
- *Αντικατάσταση κουφωμάτων:* Τα ανοίγματα αποτελούν σημαντικό παράγοντα όχι μόνο για την ελάττωση των απωλειών θερμότητας, αλλά και για τον φυσικό ηλιασμό του κτηρίου. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι τα διπλά και τα

τριπλά τζάμια (κυρίως σε ψυχρά κλίματα) αλλά και πιο σύγχρονες τεχνολογίες όπως τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια. Σημαντικό κομμάτι είναι επίσης και τα πλαίσια τα οποία μπορεί να είναι κατασκευασμένα από PVC, μεταλλικά ή ξύλινα.

- *Καλή αεροστεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων:* Με αυτό το τρόπο, δεν υπάρχει διαρροή από και προς το περιβάλλον, με αποτέλεσμα να διατηρείται σταθερό το εσωκλίμα [11].
- *Συστήματα σκίασης:* Τους θερινούς μήνες η ανάγκη για ψύξη είναι αυξημένη. Με συστήματα σκίασης επιτυγχάνεται η μείωση του ψυκτικού φορτίου. Γι' αυτό για το Νότιο προσανατολισμό τα πιο κατάλληλα σκίαστρα είναι τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά. Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό κατάλληλα είναι τα κατακόρυφα συστήματα σκίασης. Επίσης, ο φυσικός αερισμός βοηθάει στην απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας από το κτήριο.
- *Ηλιακά συστήματα θέρμανσης:* Σημαντική συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ενός κτηρίου αποτελεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τεχνικές στο κτηριακό κέλυφος. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια για θέρμανση των χώρων τον χειμώνα. Αποτελούν δομικά στοιχεία του κτηρίου, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν υπο μορφήν θερμότητας και τη διανέμουν στον χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του δομικού υλικού. Τα συνηθέστερα διαφανή υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτηριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά και η διαφανής θερμομόνωση.
- *Αντικατάσταση τεχνητού φωτισμού και ηλεκτρικών συσκευών:* Αναγκαίο μέτρο για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι και η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών καθώς και λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation.

4.3.3. Παροχή ενέργειας στο κτήριο

- *Φ/Β πλαίσια:* Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι πολύ βασικό στοιχείο για την επίτευξη ενός κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας όχι μόνο για την κάλυψη μέρους του ηλεκτρικού του φορτίου, αλλά και για την εξαγωγή ενέργειας στο δίκτυο. Όπως έχει αναφερθεί στους ορισμούς του ZEB, η εξαγόμενη ενέργεια είναι απαραίτητη έτσι ώστε να αντισταθμιστεί η χρήση ενέργειας από άλλες μορφές ενέργειας.
- *Ηλιακοί συλλέκτες:* Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την θέρμανση χώρων και ZNX. Σε ορισμένες περιπτώσεις όπου υπάρχει χώρος για τοποθέτηση

ηλιακών συλλεκτών και με κατάλληλη εποχιακή αποθήκευση θερμότητας μπορεί να καλύψει πάνω από 70% του θερμικού φορτίου. Όμως τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται διατάξεις που αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία για ηλιακή ψύξη/κλιματισμό, τα λεγόμενα COMBI PLUS συστήματα.

- *Τηλεθέρμανση:* Σε περιοχές όπου υπάρχουν οι υποδομές για τηλεθέρμανση θα πρέπει να αξιοποιείται διότι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται οικονομία αλλά και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [11].

4.3.4. Άλλες μέθοδοι βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης

- *Συστήματα διαχείρισης BEMS (Building Energy Management Systems):* Είναι συστήματα εγκατεστημένα στο κτήριο, μέσω του οποίου ελέγχονται οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτηρίου όπως το σύστημα φωτισμού, το σύστημα θέρμανσης, ρύθμιση θερμοκρασίας και σύστημα πυρασφάλειας. Αποτελείται από software αλλά και από hardware.
- *Συμπεριφορά χρηστών:* Αναγκαία προϋπόθεση για την όσο δυνατόν αποτελεσματική κατανάλωση ενέργειας είναι η συμπεριφορά των χρηστών του κτηρίου. Οι χρήστες θα πρέπει να εκπαιδευτούν και να μάθουν να λειτουργούν και να εργάζονται στο κτήριο έχοντας υπ' όψιν την ορθολογική χρήση ενέργειας. Έτσι συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και στην προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης.

4.4 Μειονεκτήματα υλοποίησης ενός ZEB

Η ανακαίνιση ή κατασκευή ενός κτηρίου μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης δεν είναι εύκολη υπόθεση [24],[11].

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που εμφανίζονται είναι [26]:

- Τα αρχικά κόστη μπορεί να είναι υψηλότερα, απαιτείται προσπάθεια για την κατανόηση, εφαρμογή και να πληροί τις προϋποθέσεις για επιδοτήσεις που σχετίζονται με τα ZEB.
- Πολύ λίγοι σχεδιαστές ή κατασκευαστές έχουν τα απαραίτητα προσόντα ή εμπειρία ώστε να μπορούν να κατασκευάσουν ZEB.
- Πιθανές μελλοντικές μειώσεις στα κόστη των ΑΠΕ της εταιρείας παροχής υπηρεσιών μπορεί να μειώσει την αξία του κεφαλαίου που επενδύεται στην ενεργειακή απόδοση.

- Η τιμή της νέας τεχνολογίας εξοπλισμού φωτοβολταϊκών ηλιακών στοιχείων μειώνεται κατά περίπου 17% ετησίως, το οποίο θα μειώσει την αξία του επενδεδυμένου κεφαλαίου σε ένα ηλιακό ηλεκτρικό σύστημα παραγωγής. Η σημερινές επιδοτήσεις θα καταργηθούν σταδιακά καθώς η μελλοντική τιμή της μαζικής παραγωγής φωτοβολταϊκών μειώνεται.
- Η πρόκληση για την ανάκτηση των υψηλών αρχικών δαπανών στην μεταπώληση των αξιολογητών-κτηρίων είναι απληροφόρητη. Τα μοντέλα τους δεν λαμβάνουν υπόψη την ενέργεια.
- Σχεδιασμός για συγκεκριμένο κλίμα μπορεί να περιορίσει μελλοντικά την ικανότητα να ανταποκρίνεται σε αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (υπερθέρμανση του πλανήτη)
- Ενώ το μεμονωμένο κτήριο μπορεί να καταναλώνει κατά μεσον όρο μηδενική ενέργεια κατά τη διάρκεια του έτους, μπορεί να απαιτεί ενέργεια τη χρονική στιγμή που η ζήτηση φορτίου από το δίκτυο να εμφανίζει μέγιστο. Σε αυτή τη περίπτωση η δυνατότητα του ηλεκτρικού δικτύου θα πρέπει να καλύπτει όλα τα φορτία. Επομένως, ένα ZEB μπορεί να μην μειώσει την απαιτούμενη παραγόμενη ισχύς.
- Χωρίς ένα ενεργειακά αποδοτικό κέλυφος η εισερχόμενη ενέργεια, η θερμική και ψυκτική ενέργεια, και χρήση πόρων είναι υψηλότερη απ' ότι χρειάζεται. Ένα ZEB κατά ορισμό δεν υποχρεώνει να υπάρχει ελάχιστο όριο απόδοσης στην θέρμανση και στην ψύξη και γι' αυτό επιτρέπει υπερδιαστασιολογημένα συστήματα ΑΠΕ για να καλύψουν το ενεργειακό κενό.
- Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιώντας το κτηριακό κέλυφος λειτουργεί μόνον σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν εμπόδια στον Νότο. Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας δεν μπορεί να βελτιστοποιηθεί για Νότιες σκιάσεις και δασική βλάστηση.

Τα πιο αποτελεσματικά βήματα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας του κτηρίου συνήθως πραγματοποιούνται κατά την φάση του σχεδιασμού. Για να επιτευχθεί η αποδοτική χρήση ενέργειας, ο ενεργειακός σχεδιασμός κτηρίων μηδενικής κατανάλωσης αποκλίνει σημαντικά από συμβατικές πρακτικές κατασκευής.

4.5. «Ιγκλού» - Ένα απλό παράδειγμα ενεργειακού σχεδιασμού που μπορεί να θεωρηθεί κτήριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

Τα «ιγκλού» ή αλλιώς «σπίτι» στη διάλεκτο των Ινουίτ (Inuit) για εκατοντάδες χρόνια χρησιμοποιούνταν από συγκεκριμένες κοινότητες Ινουίτ σε μικρές περιοχές της Γροινλανδίας και του Καναδά ως προσωρινές κατοικίες τους χειμερινούς μήνες ή από Ινουίτ κατά τις κυνηγετικές τους εκστρατείες. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι στο πέρασμα των χρόνων, οι λαοί αυτοί έμαθαν να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν τις προσωρινές κατοικίες απλά, γρήγορα και αποτελεσματικά. Παρατηρώντας το «ιγκλού» καλύτερα, κάποιος θα μπορούσε να διακρίνει στοιχεία ενεργειακού σχεδιασμού σε αυτήν την κατασκευή, είτε αυτό είναι το σχήμα του, είτε το υλικό που χρησιμοποιείται, είτε ακόμα και ο προσανατολισμός του. Ένα είναι σίγουρο πάντως, ότι αυτός ο απλός αλλά αποτελεσματικός τρόπος κατασκευής συντέλεσε στο να μπορέσουν αυτές οι φυλές να επιβιώσουν στην Αρκτική επί αιώνες.

Εικόνα 4.2. Φωτογραφία ενός τυπικού «ιγκλού». [Πηγή: flickr]



Για την κατασκευή του «ιγκλού» χρησιμοποιούνται υλικά τα οποία θα έλεγε κανείς ότι είναι τα πιο ασταθή από το σύνολο των δομικών υλικών- το παγωμένο νερό-που όμως είναι αυτό που δίνει την τεράστια αντοχή στην κατασκευή του.

Το παγωμένο νερό – χιόνι και πάγος- έχουν και άλλα ισχυρά χαρακτηριστικά. Είναι το μόνο δομικό υλικό που είναι άμεσα διαθέσιμο και φθινό στην Αρκτική, και σίγουρα αποτελεί ένα ανανεώσιμο φυσικό πόρο. Είναι ένα δομικό υλικό το οποίο δεν προκαλεί

απολύτως καμία ρύπανση του περιβάλλοντος, είτε στο στάδιο της κατασκευής, χρήσης ή εναπόθεσης του υλικού.

Επιπλέον, το χιόνι χρησιμοποιείται επειδή οι θύλακες αέρος που παγιδεύονται μέσα του το μετατρέπουν σε μονωτή. Οι εξωτερικές θερμοκρασίες μπορούν να φτάσουν έως και -45°C αλλά η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου μπορεί να κυμαίνεται από -7°C έως 16°C όταν θερμαίνεται μόνο από την θερμότητα του ανθρώπινου σώματος [23].

Αυτό το παράδοξο υλικό – παρά το ό,τι είναι αδύναμο στη φύση του είναι σε θέση να χαρακτηρίζεται υλικό μεγάλης αντοχής όταν χρησιμοποιείται με σύνεση και ευφυΐα. Είναι προϊόν χαμηλής θερμοκρασίας αλλά ένας ασυναγώνιστος μονωτής, τέτοιος ώστε ένα «ιγκλού» αποκλείει το εξωτερικό ψύχος ενώ διατηρεί την εσωτερική θερμότητα που παράγεται. Συνεπώς, ένα «ιγκλού» μπορεί να αντισταθεί στην «επίθεση» της πιο σφοδρής χιονοθύελλας και ταυτόχρονα το εσωτερικό του να θερμανθεί με τη θερμότητα του σώματος και με την φλόγα μιας λάμπας λίπους-(*λάμπες δηλαδή που χρησιμοποιούσαν ζωικά λίπη ως καύσιμα*).

4.5.1 Εσωτερικός χώρος του «ιγκλού»

Ο θερμός αέρας ανεβαίνει ενώ αντίθετα ο κρύος κατεβαίνει, έτσι ο κρύος αέρας εναποτίθεται στο κάτω μέρος του εσωτερικού χώρου ενώ ο θερμός αέρας, που δημιουργείται από την θερμότητα του σώματος ανεβαίνει επάνω στο θόλο όπου και παγιδεύεται. Δημιουργείται έτσι θερμική άνεση στον εσωτερικό χώρο.

Το νερό που δημιουργείται λόγω της θερμότητας του ανθρώπινου σώματος, στάζει κάτω στην εσωτερική επιφάνεια του «ιγκλού», και γεμίζει πλήρως τους αρμούς μεταξύ των «μπλόκς» για να καταψυχθεί εκ νέου κατά την διάρκεια της παγωμένης νύκτας ώστε να σχηματίσει ρευστοκονίαμα μεταξύ των πλακών και να κλείσει όλα τα κενά. Αυτός ο φαύλος κύκλος της ψύξης και της απόψυξης ραγδαία μεταμορφώνει το «ιγκλού» από ένα χιονόσπιτο σε μια πολύ πιο ανθεκτική και αντιανεμική κατοικία από στερεό πάγο [19].

4.6. Παραδείγματα ZEB

4.6.1. Pearl River Tower, Guangzhou, China

Ένα παράδειγμα ενεργειακού σχεδιασμού κτηρίου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (*Near Zero Energy Building*), που σχεδιάστηκε με βάση την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι ο ουρανοξύστης Pearl River Tower στο Guangzhou της Κίνας.

Το Pearl River Tower με επιφάνεια 2,3 εκατομμύρια τετραγωνικά πόδια (214.100 m²) επαναπροσδιορίζει το τι είναι δυνατόν στον αιεφόρο σχεδιασμό ενσωματώνοντας τις τελευταίες εξελίξεις στην πράσινη τεχνολογία και μηχανική. Το γλυπτό σώμα του πύργου ύψους 309 μέτρα κατευθύνει τον άνεμο σε δύο ζεύγη ανοιγμάτων στα πατώματα μηχανικής, όπου τα ρεύματα των ανέμων κινούν ανεμογεννήτριες και με αυτόν το τρόπο παράγουν ενέργεια για το κτήριο.

Ο σχεδιασμός του πύργου ενσωματώνει μία σειρά από άλλα ολοκληρωμένα συστήματα αιεφόρου σχεδιασμού και μηχανικής, όπως ηλιακά φ/β πλαίσια, διπλά υαλοπετάσματα, σύστημα δροσισμού οροφής, σύστημα αερισμού κάτω από το δάπεδο, συγκομιδή φυσικού φωτισμού, εκ των οποίων όλα συνεισφέρουν στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου [30].

Εικόνα 4.3. Το Pearl River Tower στο Guangzhou της Κίνας. [Πηγή: planetark]



Ο σχεδιασμός του Pearl River Tower έχει σκοπό να θέσει νέα πρότυπα για ουρανοξύστες. Αυτή η κατασκευή υψηλής απόδοσης σχεδιάστηκε εν αρμονία με το

περιβάλλον που αξιοποιεί τις φυσικές και παθητικές δυνάμεις που περικλείουν το κτήριο, για την παραγωγή ενέργειας [32].

Εικόνα 4.4. Pearl River Tower.[Πηγή:urbika]



Στοιχεία του Έργου

Έτος Ολοκλήρωσης της κατασκευής:	2012
Πλευρική Επιφάνεια:	10.635 m ²
Επιφάνεια Έργου:	214.100 m ²
Ύψος Κτηρίου:	309,60 m
Αριθμός Ορόφων:	71

4.6.2. Κέντρο Περιβαλλοντικών Μελετών *Adam Joseph Lewis- Κολλέγιο Oberlin* (Oberlin College Lewis Center)

4.6.2.1 Επισκόπηση

- Τοποθεσία: *Oberlin, OH*
- Τύπος Κτηρίου: *Πανεπιστημιούπολη, Ανώτατη Εκπαίδευση, Βιβλιοθήκη, αίθουσα συνελεύσεων*
- 1260 m²
- Πεδίο εφαρμογής σχεδίου: *διώροφο κτήριο*
- Άλλες Ρυθμίσεις
- Έτος Ολοκλήρωσης: *Ιανουάριος 2000*
- Αν και οι αίθουσες του κτηρίου ξεκίνησαν να λειτουργούν το 2000, οι τροποποιήσεις συνεχίστηκαν καθώς μελετιώταν και κατανοώταν καλύτερα η ενεργειακή απόδοση του κτηρίου. Το κτήριο είναι τμήμα ενός ακαδημαϊκού προγράμματος και συνεπώς διεξάγονται πειραματικές έρευνες οι οποίες αξιολογούνται. Επιπροσθέτως, θα πραγματοποιηθούν βελτιώσεις καθώς καινούργιες τεχνολογίες θα είναι διαθέσιμες.
- Ενεργειακή Κατάταξη: *Κτήριο Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας (ZEB)*

Το Κέντρο Περιβαλλοντικών Μελετών *Adam Joseph Lewis* βρίσκεται στη Πανεπιστημιούπολη του Κολλεγίου Oberlin στο Oberlin, Ohio, Η.Π.Α. Στεγάζει αίθουσες, χώρος γραφείου, ένα αμφιθέατρο, μια μικρή βιβλιοθήκη περιβαλλοντικών μελετών και ένα κέντρο Πληροφόρησης, ένα σύστημα βιολογικού καθαρισμού σ' ένα θερμοκήπιο και ένα ανοικτό αίθριο [35].

4.6.2.2 Το Κτήριο Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας

Το Κέντρο *Lewis* είναι ένα αποκλειστικά ηλεκτρικό κτήριο που σχεδιάστηκε έχοντας υπ' όψιν την μέγιστη ενεργειακή απόδοση. Το Κέντρο *Lewis* παράγει ηλεκτρική ενέργεια επιτόπου με ένα Φ/Β σύστημα 60 kW που είναι τοποθετημένο στην στέγη και ένα σύστημα 100 kW τοποθετημένο στον χώρο στάθμευσης(βλέπε Εικόνα 4.5). Λόγω αυτού είναι ένα απολύτως κτήριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (ZEB).

Συγκεκριμένα το Κέντρο *Lewis* είναι ένα:

- *Site ZEB: Το κτήριο παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια όση χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός έτους από ΑΠΕ όταν αυτό αναφέρεται στην τοποθεσία. Το Κέντρο*

Lewis είναι ένα αποκλειστικά ηλεκτρικό κτήριο που παράγει όλη την ενέργεια επιτόπου χρησιμοποιώντας Φ/Β.

- *Source ZEB: Το κτήριο παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια όση και καταναλώνει κατά την διάρκεια ενός έτους όταν αυτό αναφέρεται στην πηγή. Επειδή το Κέντρο Lewis είναι ένα πλήρως ηλεκτρικό κτήριο «site» ZEB χαρακτηρίζεται επίσης και «source» ZEB.*
- *Emission ZEB: Το κτήριο παράγει τουλάχιστον τόση ενέργεια από ΑΠΕ (χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων) όση καταναλώνει από συμβατικές πηγές ενέργειας που εκπέμπουν [11],[31]. Το Κέντρο Lewis αντισταθμίζει τις εκπομπές του για τις οποίες είναι υπεύθυνο μέσω του Φ/Β συστήματος. Το οποίο παράγει ηλεκτροενέργεια χωρίς εκπομπές ρύπων.*

Η ετήσια αγοραζόμενη ενέργεια ανέρχεται σε $-0,013 \text{ kWh/m}^2$ ($-4,23 \text{ kBtu/ft}^2$). Το μείον μπροστά δηλώνει ότι το κτήριο παράγει περισσότερο απ' ότι καταναλώνει.

Εικόνα 4.5. Oberlin College [Πηγή: *building green, Database of ZEB*]



4.6.2.3 Περιβαλλοντικές πτυχές

Κατά την έναρξη του έργου, ο Καθηγητής David Orr έκανε τρεις ερωτήσεις οι οποίες λειτούργησαν σαν καθοδηγητική φιλοσοφία για το Κέντρο Lewis:

- Είναι δυνατόν ακόμα και στο Ohio να τροφοδοτηθούν τα κτήρια με την σημερινή ηλιακή ακτινοβολία;
- Είναι δυνατόν να δημιουργηθούν κτήρια που καθαρίζουν τα απόβλητά τους;
- Είναι δυνατόν να κατασκευάζεται κάτι που να μην έχει αντίκτυπο στον άνθρωπο ή στο περιβάλλον κάπου αλλού ή σε κάποια άλλη χρονική στιγμή;

Η ελπίδα διατηρείται για το ότι το κτήριο όχι μόνο λειτουργεί ως χώρος φιλοξενίας αιθουσών αλλά και, σύμφωνα με τον καθ. Orr επαναπροσδιορίζει την σχέση ανάμεσα στην ανθρωπότητα και στο περιβάλλον [35].

4.6.2.4 Ιδιοκτησία και Πληρότητα

- Ανήκει και χρησιμοποιείται από το Κολλέγιο Oberlin, μη κερδοσκοπική εταιρεία.
- Η πληρότητα ανέρχεται στα 80 άτομα, 60 ώρες/ άτομο ανά εβδομάδα.

Μια ποικιλία των μαθημάτων τόσο εντός όσο και εκτός του Προγράμματος Περιβαλλοντικών Μελετών διδάσκονται στις αίθουσες διδασκαλίας και το αμφιθέατρο του κέντρου. Το κτήριο χρησιμοποιείται επίσης τακτικά για διαλέξεις επισκεπτών, παρουσιάσεις, δεξιώσεις, συνελεύσεις φοιτητικού συλλόγου, ανεπίσημες συναντήσεις και χώρο μελέτης. Η εκτίμηση πληρότητας προϋποθέτει τρία τμήματα 25 φοιτητών για 5 ώρες ανα ημέρα της εβδομάδας και επιπλέον χρήση των γραφείων, του κέντρο πόρων, το αμφιθέατρο και το αίθριο. Η χρήση το καλοκαίρι συνήθως περιορίζεται στα 10 άτομα για 40 ώρες την εβδομάδα.

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την Οδηγία για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτηρίων, έθεσε γερά θεμέλια για την οργανωμένη αντιμετώπιση της μεγάλης καταναλισκόμενης ενέργειας στον κτηριακό τομέα. Σημαντική παράμετρος για την εφαρμογή της οδηγίας αυτής, είναι η επίβλεψη της προόδου, καθώς και η εκτίμηση της ενεργειακής ταυτότητας των κτηρίων. Γι' αυτό το λόγο, στην Ελλάδα δημιουργείται η θέση του Ενεργειακού Επιθεωρητή, ο οποίος είναι το αρμόδιο πρόσωπο για την εκτίμηση της καταναλισκόμενης ενέργειας σε ένα κτήριο. Το εργαλείο για την καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου είναι οι τεχνικές οδηγίες του ΤΕΕ και το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ που δημιουργήθηκε γι' αυτό το σκοπό [11].

5.1. Ενεργειακή Επιθεώρηση

Η ενεργειακή επιθεώρηση των κτηρίων θεσμοθετήθηκε και στην Ελλάδα με τον **Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ)** και με το Προεδρικό Διάταγμα για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές, αλλά και τη σύσταση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας. Με το συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο θεσμοθετείται ένας νέος ενεργειακός κανονισμός, που δίνει σαφείς οδηγίες και κατευθύνσεις για την ορθολογική ενεργειακή μελέτη των κτηρίων και που επιτρέπει τη γρήγορη και μη δαπανηρή επιθεώρηση των κτηρίων.

Ενεργειακή επιθεώρηση είναι η διαδικασία εκτίμησης των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν καθώς και των μεθόδων βελτίωσης για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτηριακό τομέα [5].

Η όλη διαδικασία έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε η ενεργειακή επιθεώρηση να είναι μια ουσιαστική επιθεώρηση αναβάθμισης του κτηριακού αποθέματος της χώρας και να μην είναι μια τυπική και γραφειοκρατική διαδικασία.

Για τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης ενός κτηρίου χρησιμοποιούνται πλήθος στοιχείων και δεδομένων, που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του κτηριακού κελύφους, τα κλιματικά δεδομένα, τις Η/Μ εγκαταστάσεις και άλλους παράγοντες.

5.1.1. Κτήριο Αναφοράς

Το κτήριο αναφοράς καθορίζεται να είναι το ίδιο με το υπό μελέτη/επιθεώρηση κτήριο. Συγκεκριμένα θεωρείται πως έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το υπάρχον κτήριο. Το κτήριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τα ΘΨΚ (Θέρμανση-Ψύξη-Κλιματισμός) των εσωτερικών χώρων, στην παραγωγή ΖΝΧ και στο φωτισμό [11],[12].

5.2. Το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK

Το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK για την Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτηρίων είναι το λογισμικό βάσης που χρησιμοποιείται για την εκπόνηση υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου σύμφωνα με τις απαιτήσεις και προδιαγραφές:

- του νόμου 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89)
- του Κανονισμού Ενεργειακή Απόδοσης Κτηρίων - KENAK (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010)
- της σχετικής Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (20701- 1/2010).

Το λογισμικό ΤΕΕ-KENAK βασίζεται στο ήδη υπάρχον λογισμικό EPA-NR (το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη-Intelligent Energy for Europe). Αλλά έχει τροποποιηθεί κατάλληλα ώστε να είναι σύμφωνο με τις εθνικές απαιτήσεις, όπως αυτές προβλέπονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτηρίων και στις σχετικές Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος. Γι' αυτό παρατηρούνται αρκετές διαφορές σε σχέση με το λογισμικό βάσης (δηλαδή το EPA-NR), καθώς επίσης υπάρχουν περισσότερες επιλογές κάνοντας την ενεργειακή επιθεώρηση πιο πλήρη [11].

6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Π.Δ.Μ

Για τη διενέργεια της ενεργειακής επιθεώρησης και για την εισαγωγή των δεδομένων του κτηρίου στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

1. Καθορισμός θερμικών ζωνών
2. Ανάλυση και υπολογισμός γενικών στοιχείων κτηρίου (χρήση, κλιματικά δεδομένα, γεωμετρικά στοιχεία). Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.
3. Ανάλυση και υπολογισμός γενικών στοιχείων κάθε θερμικής ζώνης και των παραμέτρων των επιφανειών τους (αδιαφανείς, διαφανείς, επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος). Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Συμπλήρωση του Εντύπου Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτηρίου. Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.
4. Ανάλυση και υπολογισμός στοιχείων των συστημάτων (ψύξης, θέρμανσης, φωτισμού) κάθε θερμικής ζώνης. Συμπλήρωση των Εντύπων Ενεργειακής Επιθεώρησης Θέρμανσης, Λέβητα, Κλιματισμού. Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.
5. Ανάλυση και υπολογισμός στοιχείων για τις επιφάνειες των μη θερμαινόμενων χώρων. Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ.

6.1. Γενική περιγραφή κτηρίου ΠΔΜ - ΤΜΜ

Το κτήριο κατασκευάστηκε το 2005 και βρίσκεται στην Κοζάνη. Το κτήριο δεν έχει όμορες γειτνιάσεις με άλλα κτίσματα. Στην ανατολική πλευρά υπάρχει κτήριο ύψους 13 m σε απόσταση 15 m. Η γενική κάτοψη του κτηρίου και το τοπογραφικό σκαρίφημα φαίνονται στην Εικόνα 6.1.

Αποτελείται από 2 ορόφους, το ισόγειο και το υπόγειο με ύψος ορόφου από πλάκα σε πλάκα 3 m.

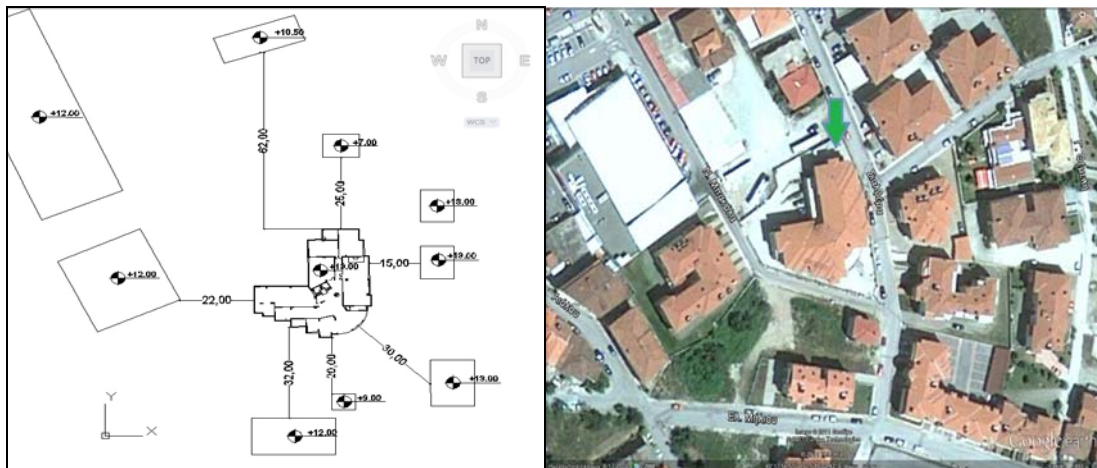
Το ισόγειο αποτελείται κυρίως από αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήριο υπολογιστών, τουαλέτες, μικρή αποθήκη και το χώρο εισόδου όπου βρίσκεται το κυλικείο. Ο πρώτος όροφος αποτελείται από μία αίθουσα διδασκαλίας (αίθουσα 109), μία βιβλιοθήκη, μία αίθουσα συνεδριάσεων, την γραμματεία του τμήματος και γραφεία. Ο δεύτερος όροφος αποτελείται κυρίως από γραφεία. Τέλος στο υπόγειο υπάρχουν:

- το εργαστήριο Υλικών
- το εργαστήριο Θερμικού Περιβάλλοντος
- το εργαστήριο Ρευστών και Στροβιλομηχανών
- το λεβητοστάσιο
- το μηχανοστάσιο

- ο χώρος της δεξαμενής καυσίμων
- μια μικρή αποθήκη.

Το λεβητοστάσιο και οι διάδρομοι του υπογείου είναι μη θερμαινόμενοι χώροι. Στον Πίνακα 6.1 δίνονται τα γενικά γεωμετρικά στοιχεία του κτηρίου.

Εικόνα 6.1: Αριστερά: Τοπογραφικό σκαρίφημα κτηρίου, Δεξιά: Αεροφωτογραφία κτηρίου (με το Google Earth).



Πίνακας 6.1: Γενικά γεωμετρικά στοιχεία κτηρίου.

Αριθμός ορόφων: Δύο όροφοι	
Συνολική επιφάνεια (m ²) κτηρίου: 2332	Συνολικός όγκος κτηρίου (m ³): 8072
Θερμαινόμενη επιφάνεια (m ²): 2300	Θερμαινόμενος όγκος (m ³): 7993
Ψυχόμενη επιφάνεια (m ²): 2300	Ψυχόμενος όγκος (m ³): 5450
Μέσο ύψος τυπικού ορόφου (m): 2.9	Ύψος ισόγειου (m): 5

6.2. Θερμικές ζώνες

Για την μελέτη του κτηρίου απαιτείται ο διαχωρισμός του σε θερμικές ζώνες. Το κτήριο έχει συνολικά τέσσερα επίπεδα (υπόγειο, ισόγειο, 1^{ος} όροφος και 2^{ος} όροφος). Για την επιθεώρηση το υπό εξέταση κτήριο χωρίστηκε σε τέσσερις Θερμικές ζώνες οι οποίες είναι οι εξής:

Θερμική ζώνη 1 = Υπόγειο

Θερμική ζώνη 2 = Ισόγειο

Θερμική ζώνη 3 = 1^{ος} Όροφος

Θερμική ζώνη 4 = 2^{ος} Όροφος

Ο χώρος του λεβητοστασίου, το μηχανοστάσιο, αποθήκη και οι διάδρομοι του υπογείου θεωρούνται ως μη θερμαινόμενοι χώροι.

Στους Πίνακες 6.2, 6.3 και 6.4 δίνονται τα δεδομένα για τις επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας όπως οι εσωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός) για τις θερμικές ζώνες.

Πίνακας 6.2. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτιρίου θερμικής ζώνης 1 (γραφείο, υπογείου).

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης 1 (Γραφείο)		Καθορισμένες τιμές από ΤΟΤΕΕ. 20701-1
Ωράριο λειτουργίας	13 ώρες	
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	10	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	11	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	500	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	9,1	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /m ² a)	0,76	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	50	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	14,5	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	40	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0,32	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.32	

Πίνακας 6.3. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτηρίου θερμικής ζώνης 1 (αίθουσες διδασκαλίας ισόγειο).

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης 2 (Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας)		Καθορισμένες τιμές από ΤΟΤΕΕ. 20701-1
Ωράριο λειτουργίας	13 ώρες	
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	10	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	11	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	500	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	9,1	

Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /a)	621	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	50	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	14,5	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	40	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0,32	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	5	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0,32	

Πίνακας 6.4. Επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας κτηρίου θερμικής ζώνης 3 & 4 (γραφεία).

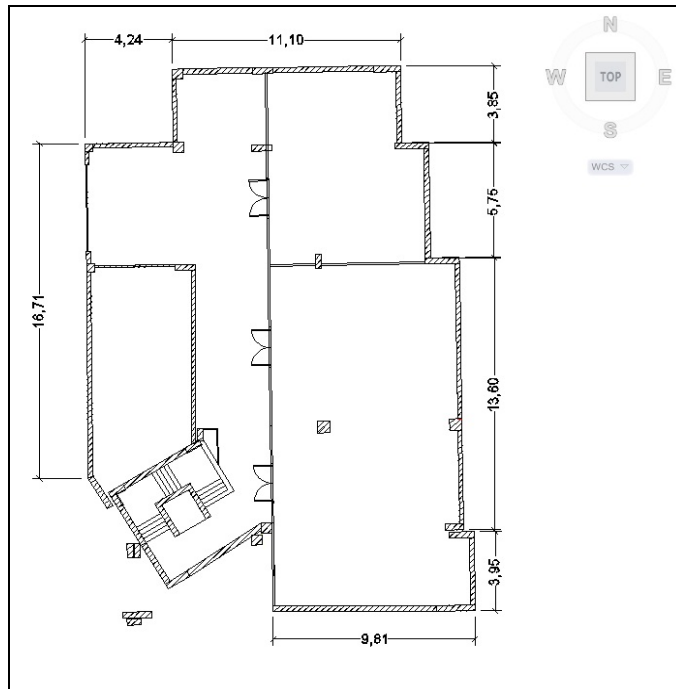
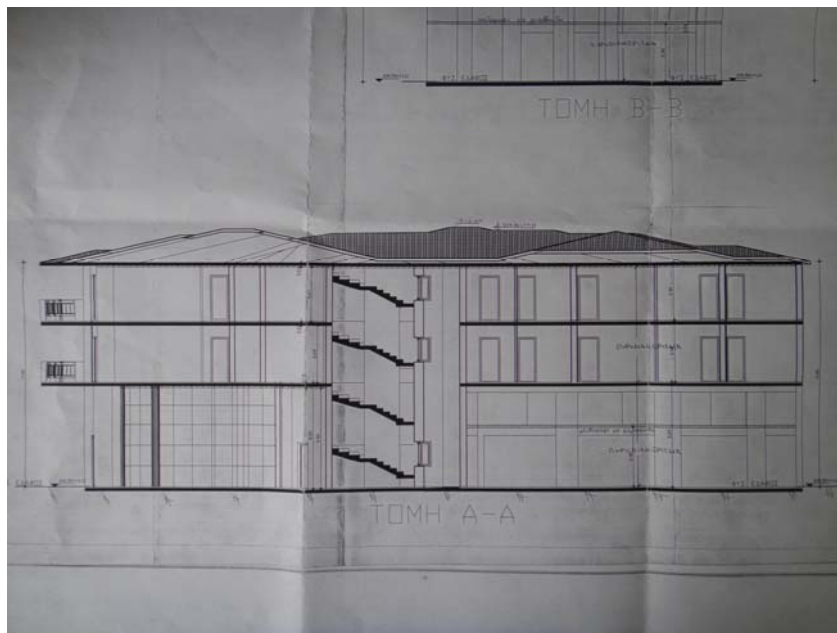
Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης 3 & 4 (γραφείο)		
Ωράριο λειτουργίας	10 ώρες	Καθορισμένες τιμές από ΤΟΤΕΕ. 20701-1
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	10	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	3	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	500	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτίριο αναφοράς (W/m ²)	9,1	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /a)	51	
Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C)	50	
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C)	14,5	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	8	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0,30	
Εκλυόμενη θερμότητα από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	15	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.30	

Πίνακας 6.5. Ετήσιος μέσος όρος εσωτερικών συνθηκών κτηρίου.

Ετήσιος μέσος όρος εσωτερικών συνθηκών κτηρίου		
Υπόγειο	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Εργαστήριο Στροβιλομηχανών	17,2	64
Εργαστήριο θερμικού περιβάλλοντος	17	59,4

Εργαστήριο Υλικών	17	61
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	16,8	62
Λεβητοστάσιο	16,4	64,5
Ισόγειο	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Αίθουσα 1	18,1	61
Αίθουσα 2	16,6	55,8
Αίθουσα 3	16,4	55,6
Αίθουσα 4	16,2	51,2
Αίθουσα 5	18,2	56,8
Αίθουσα 6	17,8	59,8
Αίθουσα 7	18,5	61
Κοινόχρηστοι χώροι	18,3	59,1
1ος Όροφος		
Αίθουσα 101	19,3	55
Αίθουσα 102	19,4	55
Αίθουσα 103	19	54,5
Αίθουσα 104	20,8	55,5
Αίθουσα 105	19,3	54,9
Αίθουσα 106	20,9	53,5
Αίθουσα 107	19	54,8
Αίθουσα 108	20	56
Αίθουσα 109	18,8	62,8
Διάδρομοι	19,4	58,9
2ος Όροφος		
Αίθουσα 201	20,6	48,8
Αίθουσα 202	20,9	51
Αίθουσα 203	19,4	52
Αίθουσα 204	21,5	50,1
Αίθουσα 205	20	51
Αίθουσα 206	19,9	49,8
Αίθουσα 207	21	50,2
Αίθουσα 208	21,2	51,5
Αίθουσα 209	20,7	50
Διάδρομοι	20,5	55

*Σημειώνεται ότι οι μετρήσεις ελήφθησαν με εξωτερικές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας 70% και 14°C αντίστοιχα και ώρα 11:30 π.μ.

Εικόνα 6.4. Κάτοψη υπογείου**Εικόνα 6.5.** Πλάγια τομή.

Οι επιφάνειες και οι όγκοι των επιμέρους χώρων του κτηρίου ανά όροφο δίνονται στους Πίνακες 6.6α και 6.6β αντίστοιχα. Όλοι οι χώροι του ισογείου, υπογείου και των ορόφων θεωρούνται ως θερμαινόμενοι χώροι εκτός από το μηχανοστάσιο, το χώρο δεξαμενής καυσίμων, και το λεβητοστάσιο.

Πίνακας 6.6α. Επιφάνειες των επιμέρους χώρων.

Επιφάνειες των επιμέρους χώρων κτιρίου σε m ²					
	Αίθουσες διδασκαλίας, Γραφεία	Κοινόχρηστοι χώροι, κλιμακοστάσια	Λεβητοστάσιο και αποθήκες	Εργαστήρια	Συνολική επιφάνεια
Υπόγειο	-	127,40	31,32	239,17	397,9
Ισόγειο	502	258	-	58	818,0
Α΄ Όροφος	492	65,91	-	-	557,9
Β΄ Όροφος	492	65,91	-	-	557,9

Πίνακας 6.6β. Όγκοι των επιμέρους χώρων.

Όγκοι των επιμέρους χώρων κτιρίου σε m ³					
	Αίθουσες διδασκαλίας, Γραφεία	Κοινόχρηστοι χώροι, κλιμακοστάσια	Λεβητοστάσιο και αποθήκες	Εργαστήρια	Συνολικός όγκος
Υπόγειο ²	-	318,5	78,3	597,93	994,73
Ισόγειο ³	2460	1264,2	-	284,2	4008,40
Α΄ Όροφος ⁴	1353	181,25	-	-	1534,25
Β΄ Όροφος	1353	181,25	-	-	1534,25

Όλες οι όψεις του κτηρίου είναι ελεύθερες και διαθέτουν ανοίγματα. Με βάση την μελέτη θερμομόνωσης όλα τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι θερμομονωμένα. Στον Πίνακα 6.7 δίνονται αναλυτικές περιγραφές κατασκευής για όλα τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου (φέρων οργανισμός, τοιχοποιίες, οροφή και δάπεδο) σύμφωνα με τη μελέτη θερμομόνωσης. Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των επιμέρους δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων χώρων ελήφθησαν από την μελέτη θερμομόνωσης και για τα δομικά στοιχεία που δεν υπήρχαν στοιχεία ελήφθησαν οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του ισχύοντος κατά την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας κανονισμού, δηλ. του ΚΘΚ από την ΤΟΤΕΕ. 20701-1/2010.

Οι κατακόρυφες εξωτερικές επιφάνειες είναι επιχρισμένες και ανοιχτού χρώματος. Πάνω από την οροφή υπάρχει κεραμοσκεπή.

Οι θερμογέφυρες του κτηρίου σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ. 20701-1/2010 (Πίνακας 3.6), θα ληφθούν υπ' όψιν ως προσαύξηση κατά 0,10 W/(m²K) του συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους αδιαφανών δομικών στοιχείων.

² Το ύψος του υπογείου είναι 2,50 μέτρα.

³ Το ελεύθερο ύψος του ισόγειου είναι 4,90 μέτρα

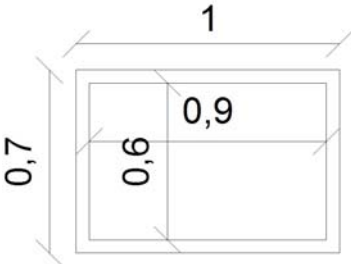
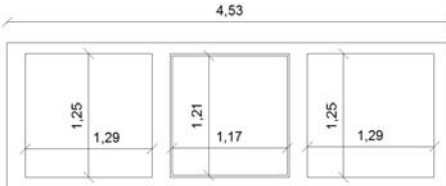
⁴ Το ελεύθερο ύψος του α΄ και β΄ ορόφου είναι 2,75 μέτρα.

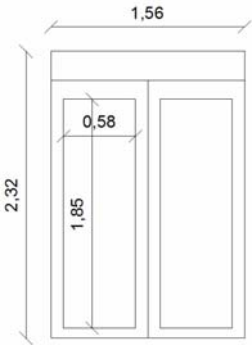
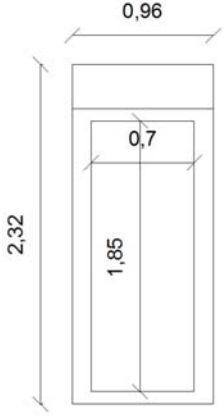
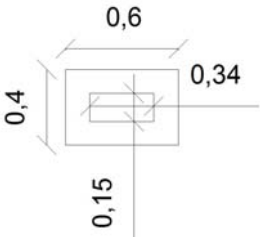
Πίνακας 6.7. Αδιαφανή δομικά στοιχεία κτιρίου. [Σύμφωνα με την μελέτη θερμομόνωσης του κτηρίου]

Σχηματική παράσταση	Περιγραφή	Συντελεστής θερμοπερατότητας
<p>1 2 3 4</p>	<p>Φέρων οργανισμός κτιρίου (δοκοί, υποστυλώματα, τοιχώματα)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Επίχρισμα 2cm 2. Μονωτικό υλικό 3cm 3. Φέρων οργανισμός 20cm 4. Επίχρισμα 2cm 	<p>Σε επαφή με: Εξωτερικό αέρα → $U=0.857 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p> <p>Στοιχείο σε επαφή με: με έδαφος → $U=7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>
<p>1 2 3 4 5</p>	<p>Τοιχοποιίες πλήρωσης (οπτοπλινθοδομή)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Επίχρισμα 2cm 2. Ορθοδρομική οπτοπλινθοδομή 6cm 3. Μονωτικό υλικό 4cm 4. Δρομική οπτοπλινθοδομή 9cm 5. Επίχρισμα 2cm 	<p>Σε επαφή με: Εξωτερικό αέρα → $U=0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p>
<p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>Οροφή</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Επίχρισμα 2cm 2. Πλάκα 14cm 3. Μονωτικό υλικό 6cm 4. Μπετόν κλίσης 10cm 5. Στεγάνωση 1cm 6. Γαρμπιλομωσαϊκό 7cm 	<p>Σε επαφή με: Εξωτερικό αέρα → $U=0.41 \text{ W/m}^2\text{K}$ Στοιχείο κάτω από κεραμοσκεπή: → $U=0.41 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p>
<p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>Δάπεδο</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Πλακίδια 2cm 2. Ασβεστοκονίαμα 2cm 3. Γαρμπιλοσκυρόδεμα B 225 6cm 4. Μονωτικό υλικό 4cm 5. Στεγάνωση 1cm 6. Πλάκα 20 cm 	<p>Σε επαφή με το έδαφος → $U=0.642 \text{ W/m}^2\text{K}$ Δάπεδο πάνω από υπόγειο → $U=0.642 \text{ W/m}^2\text{K}$ (από μελέτη θερμομόνωσης)</p>

Τα κουφώματα του κτηρίου είναι της εταιρείας REHAU® και είναι πέντε διαφορετικών τύπων όπως δίνονται στον Πίνακα 6.8. Τα κουφώματα τύπου Α βρίσκονται στο υπόγειο, και είναι μερικώς ανοιγόμενα. Τα κουφώματα τύπου Β βρίσκονται στο ισόγειο, είναι συνθετικά μερικώς ανοιγόμενα και σταθερά με δίδυμο υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 12mm. Τα κουφώματα του 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου είναι κι αυτά συνθετικά με δίδυμο υαλοπίνακα και με διάκενο αέρα 12mm. Χρησιμοποιήθηκαν τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων από τον Πίνακα 3.12 της ΤΟΤΕΕ. 20701-1/2010.

Πίνακας 6.8: Κουφώματα κτιρίου

Σχηματική παράσταση	Γεωμετρικά στοιχεία	Συντελεστής θερμοπερατότητας και συντελεστής ηλιακού κέρδους
	<p>Τύπος Α (κουφώματα υπογείου):</p> $A_w = 0.7 \times 1 = 0.7 \text{ m}^2$ $A_g = 0.6 \times 0.9 = 0.54 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 0.16 \text{ m}^2$ $F_f = A_f/A_w = 0.23$	$U_w = 6.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ <p>(από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>
	<p>Τύπος Β (κουφώματα ισογείου):</p> $A_w = 4.53 \times 1.47 = 6.66 \text{ m}^2$ $A_g = (1.25 \times 1.29) + (1.21 \times 1.17) + (1.25 \times 1.29) = 4.64 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 2.02 \text{ m}^2$ $F_f = A_f/A_w = 0.30$	$U_w = 2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ <p>(με ποσοστό πλαισίου 30%)</p> $U_w = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ <p>(με ποσοστό πλαισίου 20%)</p> <p>(από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>

	<p>Τύπος Γ (δίφυλλες μπαλκονόπορτες):</p> $A_w = 2.32 \times 1.56 = 3.62 \text{ m}^2$ $A_g = 2(1.85 \times 0.58) = 2.15 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 1.47 \text{ m}^2$ $F_f = A_f/A_w = 0.40$	<p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 40%)</p> <p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 30%)</p> <p>$U_w=3 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 20%)</p> <p>(από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>
	<p>Τύπος Δ (μόνουφυλλες μπαλκονόπορτες):</p> $A_w = 2.32 \times 0.96 = 2.23 \text{ m}^2$ $A_g = 1.85 \times 0.70 = 1.30 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 0.93 \text{ m}^2$ $F_f = A_f/A_w = 0.40$	<p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 40%)</p> <p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 30%)</p> <p>$U_w=3 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 20%)</p> <p>(από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>
	<p>Τύπος Ε (κουφώματα μπάνιου):</p> $A_w = 0.40 \times 0.60 = 0.24 \text{ m}^2$ $A_g = 0.15 \times 0.34 = 0.051 \text{ m}^2$ $A_f = A_w - A_g = 0.19 \text{ m}^2$ $F_f = A_f/A_w = 0.80$	<p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 40%)</p> <p>$U_w=2.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 30%)</p> <p>$U_w=3 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g_w = 0.54$ (με ποσοστό πλαισίου 20%)</p> <p>(από ΤΟΤΕΕ 20701-1)</p>

Το συνολικό εμβαδόν των ανοιγμάτων είναι 369 m^2 (10% της συνολικής επιφάνειας του κτηριακού κελύφους). Η διείσδυση του αέρα από χαραμάδες λαμβάνεται από την ΤΟΤΕΕ. 20701-1/2010 (Πίνακας 3.26) και είναι ίση με $5.3 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ για τις μπαλκονόπορτες και $6.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ για τα παράθυρα. Συνολικά προκύπτει ότι η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες ισούται με:

Διείσδυση αέρα = 1346 m³/h

6.3.1. Ισοδύναμες επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων

Λαμβάνοντας υπόψη τις επιμέρους θερμοπερατότητες των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου:

Τοιχοποιίες: $U = 0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Φέρων Οργανισμός: $U = 0.857 \text{ W/m}^2\text{K}$

Και το ποσοστό τοιχοποιίας και σκυροδέματος στην κάθε όψη του κτηρίου, υπολογίστηκε η ισοδύναμη επιφάνεια και ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων ανά προσανατολισμό.

6.3.1.1. Βόρεια όψη



$$A_{\text{ανοιγμάτων}} = 71.39 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σκυροδέματος}} = 121.24 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σενάζ}} = 8.04 \text{ m}^2$$

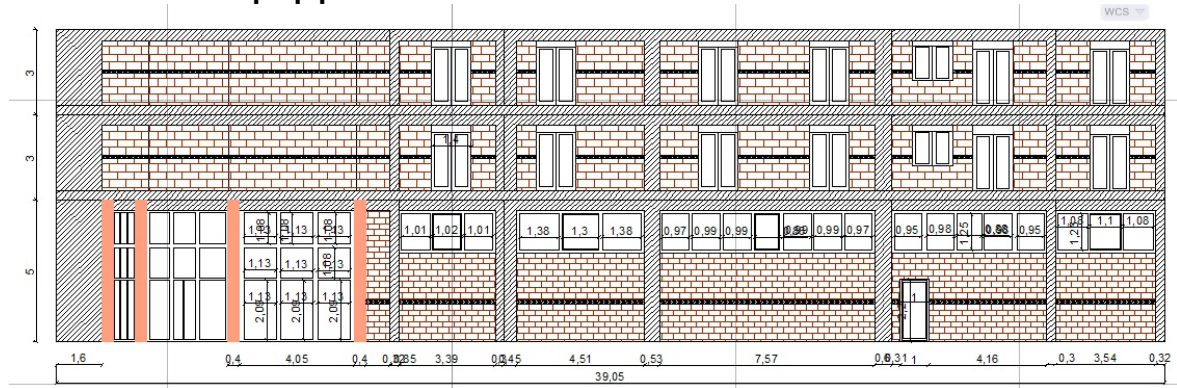
$$A_{\text{τοιχοποιίας}} = 182.02 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{πόρτας}} = 4.4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{αδιαφ. επιφανειών}} = A_{\text{σκυροδέματος}} + A_{\text{τοιχοποιίας}} + A_{\text{σενάζ}} = 121.24 + 182.02 + 8.04 = 311.3 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{επιφάνειας}} = (121.24 \times 0.857 + 182.02 \times 0.52 + 8.04 \times 0.857) / 311.3 = \mathbf{0.660 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

6.3.1.2. Ανατολική όψη



$$A_{\text{ανοιγμάτων}} = 96.84 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σκυροδέματος}} = 113.79 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σενάζ}} = 8.84 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{τοιχοποιίας}} = 191.09 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{πόρτας}} = 2.2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{αδιαφ. επιφανειών}} = A_{\text{σκυροδέματος}} + A_{\text{τοιχοποιίας}} + A_{\text{σενάζ}} = 113.79 + 191.09 + 8.84 = 313.72 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{επιφάνειας}} = (113.79 \times 0.857 + 191.09 \times 0.52 + 8.84 \times 0.52) / 313.72 = \mathbf{0.642 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

6.3.1.3. Νότια όψη



$$A_{\text{ανοιγμάτων}} = 102.28 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σκυροδέματος}} = 105.35 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σενάζ}} = 6.87 \text{ m}^2$$

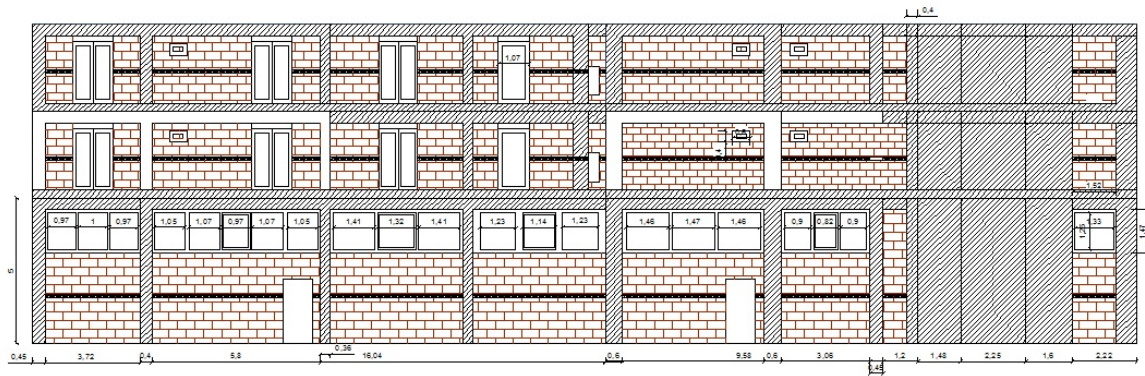
$$A_{\text{τοιχοποιίας}} = 145.36 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{πόρτας}} = 2.2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{αδιαφ. επιφανειών}} = A_{\text{σκυροδέματος}} + A_{\text{τοιχοποιίας}} + A_{\text{σενάζ}} = 105.35 + 145.36 + 6.87 = 257.58 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{επιφάνειας}} = (105.35 \times 0.857 + 145.36 \times 0.52 + 6.87 \times 0.857) / 257.58 = \mathbf{0.667 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

6.3.1.4. Δυτική όψη



$$A_{\text{ανοιγμάτων}} = 66.01 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σκυροδέματος}} = 156 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σενάζ}} = 8.55 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{τοιχοποιίας}} = 187.27 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{πόρτας}} = 4.4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{αδιαφ. επιφανειών}} = A_{\text{σκυροδέματος}} + A_{\text{τοιχοποιίας}} + A_{\text{σενάζ}} = 156 + 187.27 + 8.55 = 351.82 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{επιφάνειας}} = (156 \times 0.857 + 187.27 \times 0.52 + 8.55 \times 0.857) / 351.82 = \mathbf{0.677 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

6.3.1.5. Νοτιοανατολική όψη



$$A_{\text{ανοιγμάτων}} = 29.78 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σκυροδέματος}} = 12.76 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{σενάζ}} = 0.64 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{τοιχοποιίας}} = 13.58 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{πόρτας}} = 0 \text{ m}^2$$

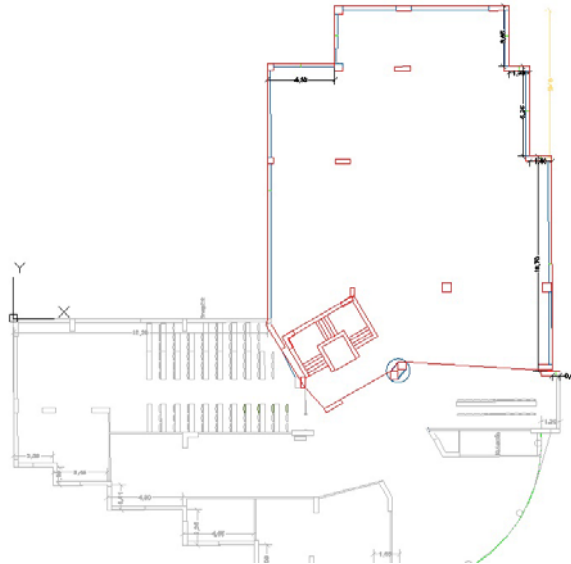
$$A_{\text{αδιαφ. επιφανειών}} = A_{\text{σκυροδέματος}} + A_{\text{τοιχοποιίας}} + A_{\text{σενάζ}} = 12.76 + 13.58 + 0.64 = 27 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{επιφάνειας}} = (12.76 \times 0.857 + 13.58 \times 0.52 + 0.64 \times 0.857) / 27 = \mathbf{0.687 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

6.3.1.8. Δάπεδο πάνω από υπόγειο

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου είναι ίσος με $U_{\text{δαπέδου}} = 0.642 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Και η επιφάνεια $A_{\text{δαπέδου}} = 398 \text{ m}^2$.

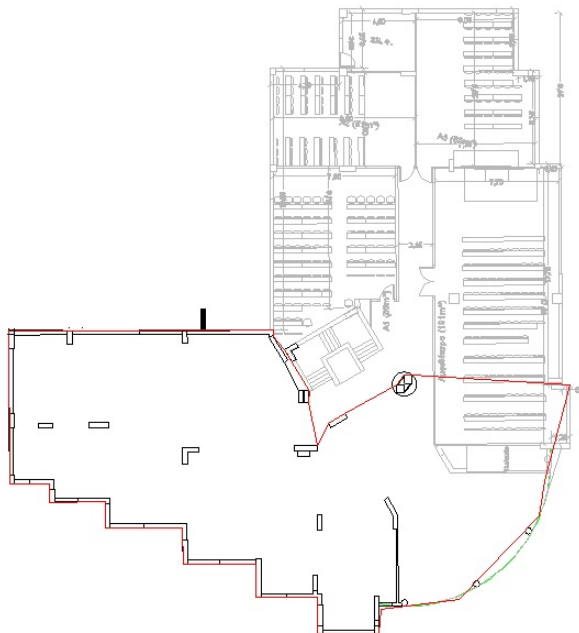
Εικόνα 6.6. Κάτοψη υπογείου



6.3.1.9. Δάπεδο επί εδάφους

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου είναι ίσος με $U_{\text{δαπέδου}} = 0.642 \text{ W/m}^2\text{K}$. Και η επιφάνεια $A_{\text{δαπέδου}} = 423.22 \text{ m}^2$.

Εικόνα 6.7. Κάτοψη ισογείου που φαίνεται το τμήμα που έρχεται σε επαφή με το έδαφος (κόκκινο περίγραμμα).



6.3.2. Δεδομένα αδιαφανών επιφανειών

Στον Πίνακα 6.9 δίδονται αναλυτικά οι επιφάνειες των διαφόρων αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου ανά όροφο. Τα δομικά στοιχεία υπολογίστηκαν ξεχωριστά για τον θερμαινόμενο χώρο του κτηρίου και για το μη θερμαινόμενο χώρο. Στον Πίνακα 6.10 δίνονται συγκεντρωτικά στοιχεία των αδιαφανών επιφανειών του κτηρίου για τους υπολογισμούς.

Πίνακας 6.9. Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου ανά όροφο.

	Όροφος	Επιφάνεια	A [m]	U [W/(m ² K)]
Θερμαινόμενος Χώρος	Υπόγειο	Τοιχίο	121	0,7
		Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	240	0,7
	Ισόγειο	Βόρεια	138,46	0,66
		Ανατολική	121,64	0,642
		Νότια	103,60	0,667
		ΝότιοΑνατολική	5,74	0,687
		Δυτική	148,65	0,677
		Δάπεδο επί εδάφους	423,22	0,642
		Δάπεδο πάνω από υπόγειο	398	0,642
	1 ^{ος} Όροφος	Βόρεια	86,42	0,66
		Ανατολική	96,04	0,642
		Νότια	77	0,667
		Δυτική	101,58	0,677
		ΒόρειοΔυτική	12,62	0,672
	2 ^{ος} Όροφος	Βόρεια	86,42	0,66
		Ανατολική	96,04	0,642
		Νότια	77	0,667
		Δυτική	101,58	0,677
		ΒόρειοΔυτική	11,62	0,672
		Οροφή	558	0,411
Διαχωριστική επιφάνεια	Σε επαφή με τους διαδρόμους υπογείου		60	0,40
Μη θερμαινόμενος χώρος	Υπόγειο	Τοιχίο	110,64	0,7
		Δάπεδο υπογείου	158,8	0,7
		Γυψοσανίδα	60	0,38

Πίνακας 6.10. Επιφάνειες αδιαφανών δομικών στοιχείων, συνολικά.

	Επιφάνεια	A [m]	U [W/(m ² K)]	γ	β	α	ε
Θερμαινόμενος Χώρος	Βόρεια	311,3	0,66	0	90	0,40	0,80
	Ανατολική	313,72	0,642	90	90	0,40	0,80
	Νότια	257,58	0,667	180	90	0,40	0,80
	ΝότιοΑνατολική	27	0,687	135	90	0,40	0,80
	Δυτική	351,82	0,677	270	90	0,40	0,80

	ΒόρειοΔυτική	11,62	0,672	315	90	0,40	0,80
	Δάπεδο	818	0,642	0	180	0,40	0,80
	Οροφή	558		0	0	0,60	0,80
Διαχωριστική επιφάνεια	Σε επαφή τους διαδρόμους υπογείου	60	0,40		90		
Μη θερμαινόμενος χώρος	Τοιχίο	110,64	0,7				
	Δάπεδο υπογείου	158,8	0,7				

Το βάθος έδρασης της πλάκας του υπογείου (θερμαινόμενου χώρου) είναι 3m ενώ η εκτεθειμένη περίμετρος είναι 87,89 m² ενώ του μη θερμαινόμενου χώρου είναι 64.9 m².

6.3.3. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων κτηρίου

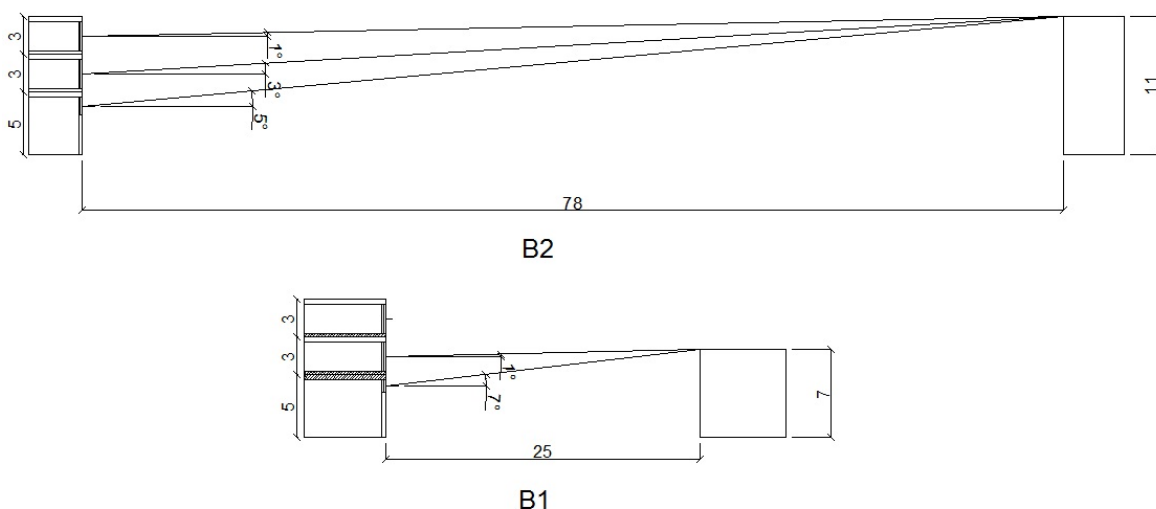
Σύμφωνα με την παράγραφο 2ε του άρθρου 9 του Κανονισμού Ενεργειακής Αποδοτικότητας των Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ), ο μέσος συντελεστής σκίασης των αδιαφανών κάθετων επιφανειών του κτηρίου αναφοράς, τόσο κατά τη θερινή, όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο, ορίζεται σε 0,90.

6.3.4. Συντελεστές σκίασης διαφανών επιφανειών κτηρίου

6.3.4.1. Συντελεστές σκίασης λόγω οριζοντα

Τα βόρεια ανοίγματα του κτηρίου σκιάζονται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 6.8.

Εικόνα 6.8. Γωνίες σκίασης βόρειας όψης από μακρινά εμπόδια.



Στον Πίνακα 6.11 δίνονται οι γωνίες σκίασης από οριζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκιασμού από οριζοντα για την βόρεια για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

Πίνακας 6.11. Γωνίες και συντελεστές σκίασης οριζοντα για τη βόρεια πρόσοψη ανά όροφο.

ΒΟΡΡΑΣ

B1

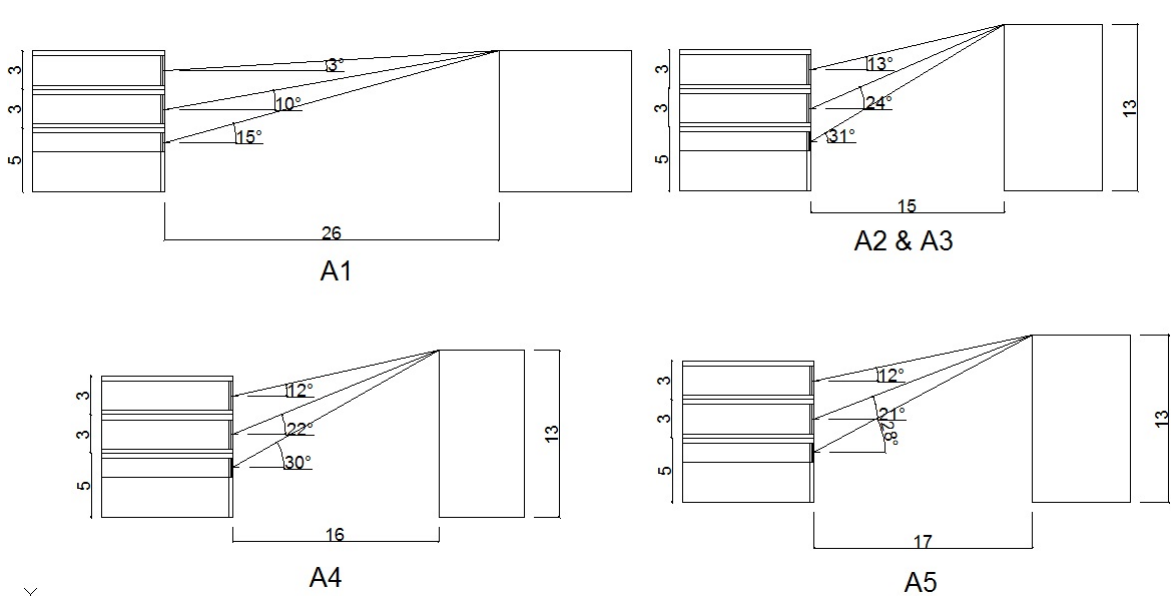
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	7	1,00	0,94
1ος	1	1,00	1,00
2ος	0	1,00	1,00

B2

Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	5	1,00	0,96
1ος	3	1,00	0,98
2ος	1	1,00	1,00

Τα ανατολικά ανοίγματα του κτηρίου σκιάζονται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 6.9.

Εικόνα 6.9. Γωνίες σκίασης ανατολικής όψης από μακρινά εμπόδια.



Στον Πίνακα 6.12 δίνονται οι γωνίες σκίασης από οριζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκιασμού από οριζοντα για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

Πίνακας 6.12. Γωνίες και συντελεστές σκίασης οριζοντα για την ανατολική πρόσοψη ανά όροφο.

ΑΝΑΤΟΛΗ

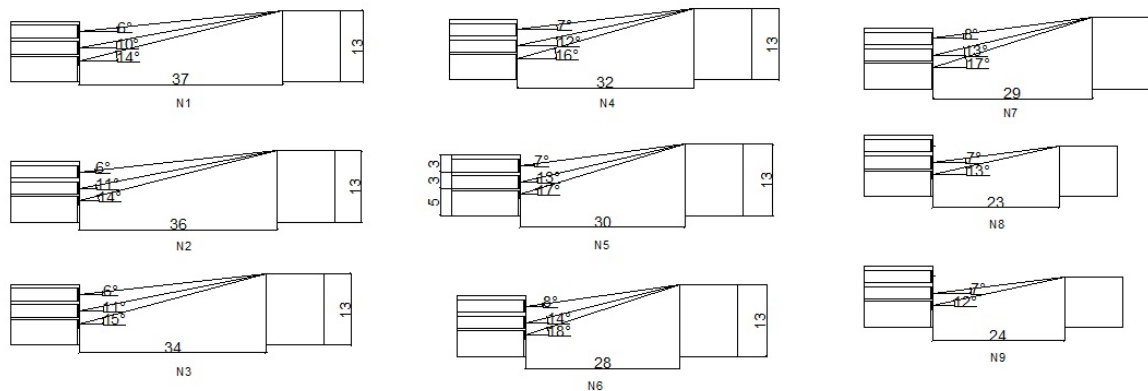
A1				A2			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	15	0,86	0,90	Ισόγειο	31	0,64	0,80
1ος	10	0,93	0,94	1ος	24	0,74	0,84
2ος	3	0,98	0,98	2ος	13	0,89	0,92

A3				A4			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	31	0,64	0,80	Ισόγειο	30	0,65	0,81

1ος	24	0,74	0,84	1ος	22	0,77	0,85
2ος	13	0,89	0,92	2ος	12	0,90	0,92
A5							
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c				
Ισόγειο	28	0,68	0,82				
1ος	21	0,78	0,85				
2ος	12	0,90	0,92				

Τα νότια ανοίγματα του κτηρίου σκιάζονται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 6.10.

Εικόνα 6.10. Γωνίες σκίασης νότιας όψης από μακρινά εμπόδια.



Στον Πίνακα 6.13 δίνονται οι γωνίες σκίασης από ορίζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκίασμού από ορίζοντα για τον νότο για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

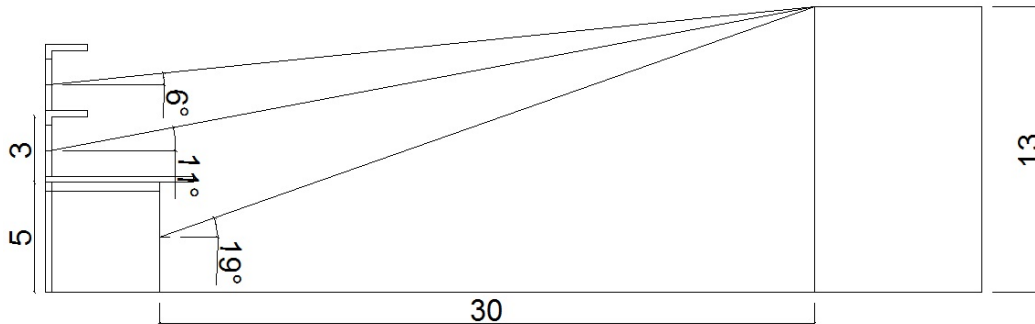
Πίνακας 6.13. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη νότια πρόσοψη ανά όροφο.

ΝΟΤΟΣ							
N1				N2			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	14	0,92	1,00	Ισόγειο	14	0,92	1,00
1ος	10	0,96	1,00	1ος	11	0,95	1,00
2ος	6	0,98	1,00	2ος	6	0,98	1,00
N3				N4			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	15	0,91	1,00	Ισόγειο	16	0,9	1,00
1ος	11	0,95	1,00	1ος	12	0,94	1,00
2ος	6	0,98	1,00	2ος	7	0,97	1,00
N5				N6			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	17	0,89	1,00	Ισόγειο	18	0,88	1,00
1ος	13	0,93	1,00	1ος	14	0,92	1,00

2ος	7	0,97	1,00	2ος	8	0,97	1,00
N7				N8			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	17	0,89	1,00	Ισόγειο	13	0,93	1,00
1ος	13	0,93	1,00	1ος	7	0,97	1,00
2ος	8	0,97	1,00	2ος	0	1,00	1,00
N9							
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c				
Ισόγειο	12	0,94	1,00				
1ος	7	0,97	1,00				
2ος	0	1,00	1,00				

Τα νοτιοανατολικά ανοίγματα του κτηρίου σκιάζονται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 6.11.

Εικόνα 6.11. Γωνίες σκίασης Νοτιοανατολικής όψης από μακρινά εμπόδια.

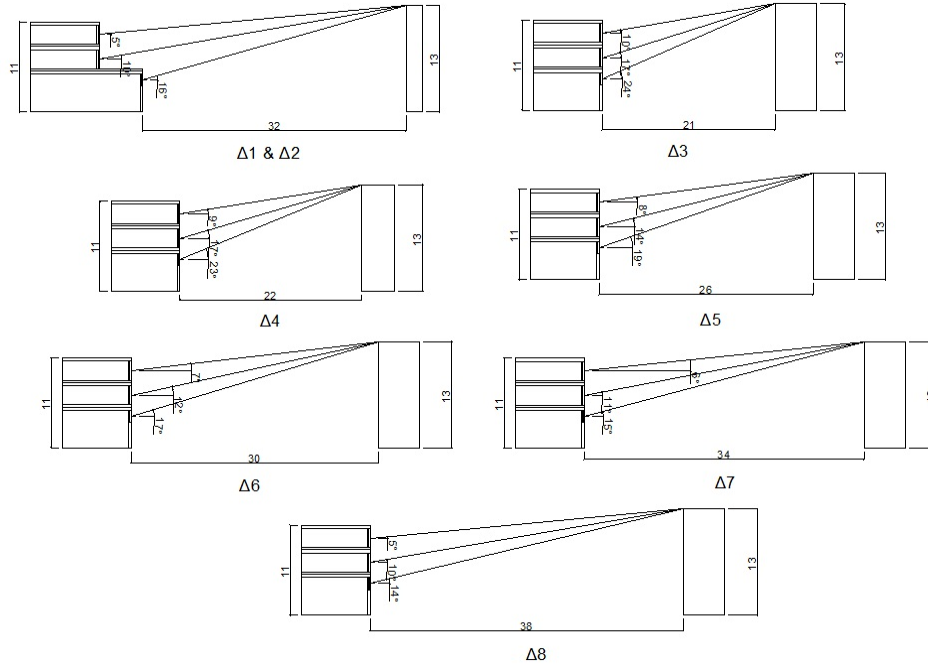


Στον Πίνακα 6.14 δίνονται οι γωνίες σκίασης από ορίζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκιασμού από ορίζοντα για νοτιοανατολική όψη για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

Πίνακας 6.14. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη νότιοανατολική πρόσοψη ανά όροφο.

ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΑ			
	γωνία		
Επίπεδο	α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	19	0,84	0,92
1ος	11	0,94	0,96
2ος	6	0,97	0,98

Τα δυτικά ανοίγματα του κτιρίου σκιάζονται από μακρινά εμπόδια σύμφωνα με την Εικόνα 6.12.

Εικόνα 6.12. Γωνίες σκίασης δυτικής όψης από μακρινά εμπόδια.

Στον Πίνακα 6.15 δίνονται οι γωνίες σκίασης από ορίζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκίασμού από ορίζοντα για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης.

Πίνακας 6.15. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη δυτική πρόσοψη ανά όροφο.

ΔΥΣΗ							
Δ1				Δ2			
γωνία							
Επίπεδο	α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	16	0,85	0,89	Ισόγειο	16	0,85	0,89
1ος	10	0,93	0,94	1ος	10	0,93	0,94
2ος	5	0,96	0,97	2ος	5	0,96	0,97
Δ3				Δ4			
γωνία							
Επίπεδο	α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	24	0,74	0,84	Ισόγειο	23	0,75	0,84
1ος	17	0,84	0,88	1ος	17	0,84	0,88
2ος	10	0,93	0,94	2ος	9	0,94	0,95
Δ5				Δ6			
γωνία							
Επίπεδο	α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	19	0,81	0,87	Ισόγειο	17	0,84	0,88
1ος	14	0,87	0,91	1ος	12	0,90	0,92
2ος	8	0,94	0,95	2ος	7	0,95	0,96
Δ7				Δ8			
γωνία							
Επίπεδο	α	F,hor,h	F,hor,c	Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	15	0,86	0,9	Ισόγειο	14	0,87	0,91
1ος	11	0,92	0,93	1ος	10	0,93	0,94
2ος	6	0,95	0,96	2ος	5	0,96	0,97

Τα βορειοδυτικά ανοίγματα του κτηρίου δεν σκιάζονται από μακρινά εμπόδια, οι γωνίες σκίασης από ορίζοντα και οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών σκιασμού από ορίζοντα για την περίοδο θέρμανσης και την περίοδο ψύξης παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.16.

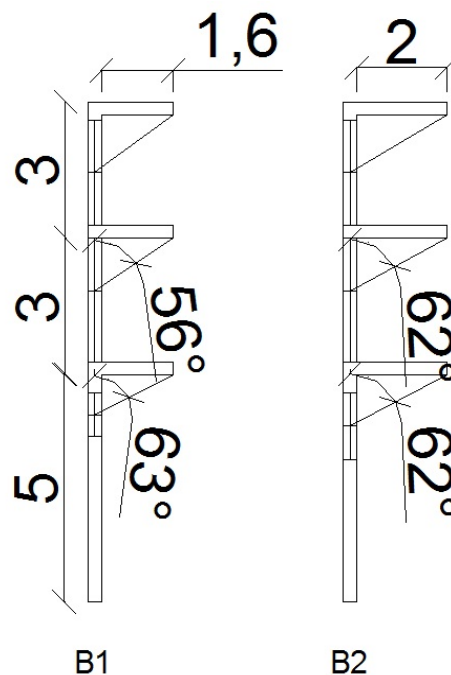
Πίνακας 6.16. Γωνίες και συντελεστές σκίασης ορίζοντα για τη βορειοδυτική πρόσοψη ανά όροφο.

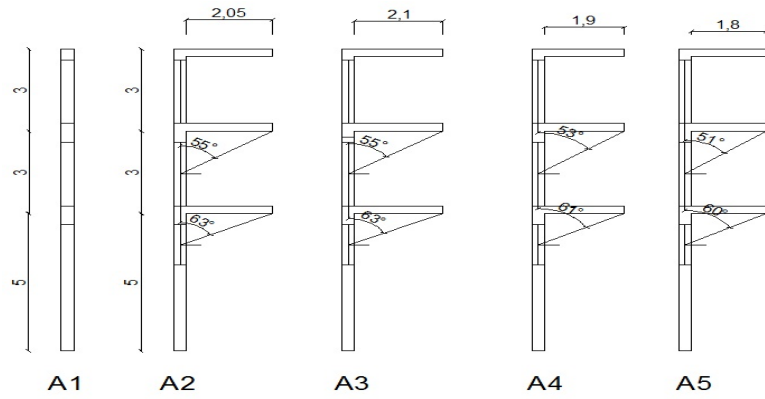
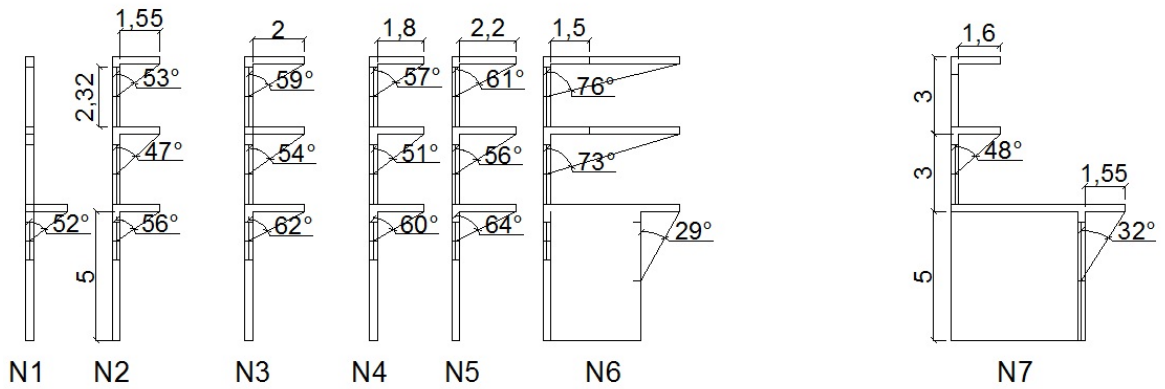
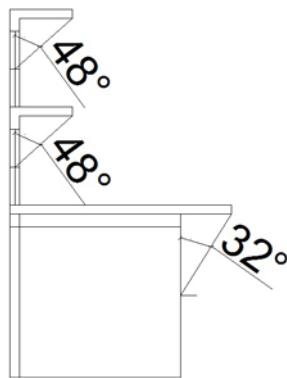
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΑ			
Επίπεδο	γωνία α	F,hor,h	F,hor,c
Ισόγειο	0	1,00	1,00
1ος	0	1,00	1,00
2ος	0	1,00	1,00

6.3.4.2. Συντελεστές σκίασης οριζόντιων σκιάστρων

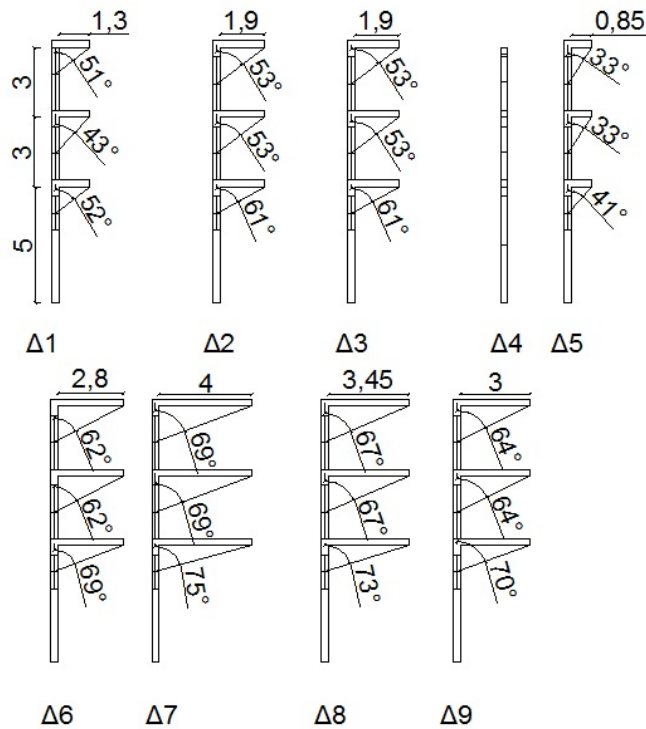
Οι όψεις του κτηρίου σκιάζονται από προβόλους. Στην Εικόνα 6.13 δίνονται οι γωνίες σκίασης από προβόλους των κουφωμάτων του κτηρίου για όλες τις όψεις του κτηρίου και στον Πίνακα 6.17 δίνονται οι γωνίες σκιασμού ανά πρόβολο και οι συντελεστές σκιασμού από πρόβολο.

Εικόνα 6.13α. Γωνίες σκίασης βόρειας όψης από πρόβολο.



Εικόνα 6.13β. Γωνίες σκίασης ανατολικής όψης από πρόβολο.**Εικόνα 6.13γ.** Γωνίες σκίασης νότιας όψης από πρόβολο.**Εικόνα 6.13δ.** Γωνίες σκίασης νοτιοανατολικής όψης από πρόβολο.

Εικόνα 6.13ε. Γωνίες σκίασης δυτικής όψης από πρόβολο.



Πίνακας 6.17α. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για τη βόρεια πρόσοψη.

ΒΟΡΡΑΣ			
γωνία			
Πρόβολος	β	Fov_h	Fov_c
B1	63	0,53	0,58
	56	0,58	0,62
B2	62	0,53	0,58
	62	0,53	0,58

Πίνακας 6.17β. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την ανατολική πρόσοψη.

ΑΝΑΤΟΛΗ			
γωνία			
Πρόβολος	β	Fov_h	Fov_c
A1	0	1,00	1,00
A2	63	0,53	0,45
	55	0,62	0,53
A3	63	0,53	0,45
	55	0,62	0,53
A4	61	0,56	0,47
	53	0,64	0,55
A5	60	0,57	0,48
	51	0,65	0,57

Πίνακας 6.17γ. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την νότια πρόσοψη.

ΝΟΤΟΣ			
Πρόβολος	γωνία		
	β	Fov_h	Fov_c
N1	52	0,59	0,44
N2	56	0,56	0,41
	47	0,66	0,49
N3	62	0,47	0,38
	54	0,58	0,43
N4	60	0,50	0,39
	51	0,62	0,45
N5	64	0,44	0,37
	56	0,56	0,41
N6	0	1,00	1,00
	73	0,29	0,32
N7	32	0,78	0,65
	48	0,65	0,48

Πίνακας 6.17δ. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την νότιοανατολική πρόσοψη.

ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΑ			
Πρόβολος	γωνία		
	β	Fov_h	Fov_c
NA	27	0,83	0,75
	48	0,66	0,54
	48	0,66	0,54

Πίνακας 6.17ε. Γωνίες και συντελεστές σκίασης προβόλου για την δυτική πρόσοψη.

ΔΥΣΗ			
Πρόβολος	γωνία		
	β	Fov_h	Fov_c
Δ1	52	0,64	0,56
	43	0,72	0,65
Δ2	61	0,56	0,47
	53	0,64	0,55
Δ3	61	0,56	0,47
	53	0,64	0,55
Δ4	0	1,00	1,00
	0	1,00	1,00
Δ5	41	0,74	0,67
	33	0,8	0,74
Δ6	69	0,45	0,39
	62	0,54	0,46
Δ7	75	0,37	0,33
	69	0,45	0,39
Δ8	73	0,40	0,35
	67	0,48	0,41
Δ9	70	0,44	0,38
	64	0,51	0,44

Πίνακας 6.18β. Κουφώματα Θερμικής Ζώνης 2 (Ισόγειο).

Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων - [C:\Users\Panjo\Desktop\ΣΕΒ.xml] - 1 Κέλυφος Ζώνης

Μελέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Έκθεση Προβολή Βοήθεια

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στην ζώνη: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0 Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m ²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m ² K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)	
1	Ανοιγμένο	καύριμα	B1	0	90	5.1	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.0	0.54	1	0.94	0.75	0.78	1	1
2	Ανοιγμένο	B2	0	90	3.47	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	1	0.94	0.75	0.78	1	0.82	
3	Ανοιγμένο	B3	0	90	5.81	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	1	0.94	0.75	0.78	1	0.92	
4	Ανοιγμένο	B4	0	90	6.64	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	1	0.96	0.71	0.75	1	0.92	
5	Ανοιγμένο	B5	0	90	5.51	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	1	0.96	0.71	0.75	1	0.92	
6	Ανοιγμένο	B6	0	90	9.01	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	1	0.96	0.71	0.75	1	0.92	
7	Ανοιγμένο	A1	90	90	18.63	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.86	0.90	1	1	1	1	
8	Ανοιγμένο	A2	90	90	4.98	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.64	0.80	0.53	0.45	0.93	0.99	
9	Ανοιγμένο	A3	90	90	6.63	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.64	0.80	0.53	0.45	0.98	1	
10	Ανοιγμένο	A4	90	90	11.13	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.65	0.81	0.56	0.47	0.99	1	
11	Ανοιγμένο	A5	90	90	8.04	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.68	0.82	0.57	0.48	0.85	0.96	
12	Ανοιγμένο	A6	90	90	5.2	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.68	0.82	0.57	0.48	0.82	0.95	
13	Ανοιγμένο	N1	180	90	3.01	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.92	1	0.59	0.44	0.88	0.9	
14	Ανοιγμένο	N2	180	90	4.5	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.92	1	0.56	0.41	0.88	0.9	
15	Ανοιγμένο	N3	180	90	7.11	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.91	1	0.47	0.38	0.88	0.9	
16	Ανοιγμένο	N4	180	90	6.66	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.9	1	0.5	0.39	0.88	0.9	
17	Ανοιγμένο	N5	180	90	4.23	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.89	1	0.44	0.37	0.85	0.99	
18	Ανοιγμένο	N6	180	90	4.76	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.88	1	1	1	1	1	
19	Ανοιγμένο	N7	180	90	18.63	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.89	1	0.78	0.65	0.7	0.83	
20	Ανοιγμένο	Δ1	270	90	4.81	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.85	0.89	0.64	0.56	0.76	0.93	
21	Ανοιγμένο	Δ2	270		8.53	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.85	0.89	0.56	0.47	0.74	0.93	
22	Ανοιγμένο	Δ3	270		6.7	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.74	0.84	0.56	0.47	0.53	0.84	
23	Ανοιγμένο	Δ4	270		6.7	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.75	0.84	1	1	0.53	0.84	
24	Ανοιγμένο	Δ5	270		7.16	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.81	0.87	0.74	0.67	1	1	
25	Ανοιγμένο	Δ6	270		4.5	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.84	0.88	0.45	0.39	1	1	
26	Ανοιγμένο	Δ7	270		2.23	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο	3.0	0.54	0.86	0.9	0.37	0.33	1	1	
27	Ανοιγμένο	καύριμα	NA	135		20.6	Συνθετικό 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.0	0.54	0.84	0.92	0.83	0.75	1	1



6.3.5. Μη θερμαινόμενοι χώροι

Στο πλαίσιο της ενεργειακής επιθεώρησης ενός κτηρίου καθορίζονται και οι μη θερμαινόμενοι χώροι, που γειτνιάζουν και έχουν θερμική σύζευξη με τους θερμαινόμενους χώρους. Οι μη θερμαινόμενοι χώροι του κτηρίου είναι ενεργειακά αδρανείς χώροι, χωρίς απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και αερισμό [5],[11].

Στο κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την ενεργειακή επιθεώρηση εντάχθηκαν στην κατηγορία «Μη Θερμαινόμενοι Χώροι», οι διάδρομοι του υπογείου, το λεβητοστάσιο, και το μηχανοστάσιο.(βλέπε Εικόνα 6.15)

Εικόνα 6.15. Στοιχεία Μη θερμαινόμενου χώρου.

Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων - [C:\Users\Panjo\Desktop\ZEB.xml] - [Μη Θερμαινόμενος χώρος]

Μελέτη Εκτέλεση Αποτελέσματα Έκθεση Προβολή Βοήθεια

Γενικά

Συνολική επιφάνεια (m²): 158.8 Διείσδυση αέρα (m³/h): 50

Αδιαφανείς επιφάνειες

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	U (W/m²K)	a* (-)	e* (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fm_h (-)	F_fm_c (-)	Κόστος (€/m²)
Πόρτα	Μεταλλική Πόρτα	270	90	10.4	6	0.8	0.20	0.53	0.63	0.75	0.68	0.5	0.43	
Ταίχος	Γυμνοσάνδα	270	90	59.7	0.40			0	0	0	0	0	0	

Διαφανείς επιφάνειες

Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m²)	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m²K)	g_w (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)
Κούφωμα	Μερικώς ανοιγόμενο κουφ	270	90	0.7	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Μονός	6.1	0.54	0.2	0.2	0.1	
Κούφωμα	Μερικώς ανοιγόμενο κουφ	270	90	0.7	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 30% Μονός	6.1	0.54	0.2	0.2	0.1	

Σε επαφή με το έδαφος

Τύπος	Περιγραφή	Εμβαδόν (m²)	U (W/m²K)	Κ. βάθος (m)	Α. βάθος (m)	Περίμετρος (m)	Κόστος (€/m²)
Ταίχος	Ταύχο	110.64	0.7	3	0		
Δάπεδο	Δάπεδο υπογείου	158.8	0.7	3		64.9	
*							

6.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων κτηρίου

6.4.1. Σύστημα Θέρμανσης χώρων

6.4.1.1. Περιγραφή

Στο κτήριο υπάρχει κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση χώρων. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει μονάδα λέβητα – καυστήρα πετρελαίου (υψηλής θερμοκρασίας 85/70 °C), με κεντρικό δισωλήνιο δίκτυο διανομής με ανεπαρκή θερμομόνωση, δεν πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις της TOTEE. 20701-1).(βλέπε Πίνακα 6.19)

Πίνακας 6.19. Πάχη θερμομόνωσης σωληνώσεων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης. [Πηγή ΤΟΤΕΕ. 20701-1]

Πάχος θερμομόνωσης με ισοδύναμο $\lambda = 0,040 \text{ (W/(m}\cdot\text{K))}$ στους 20°C			
Με διέλευση σε εσωτερικούς χώρους		Με διέλευση σε εξωτερικούς χώρους	
Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης	Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης
Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού			
από ½" έως ¾"	9 mm	από ½" έως 2"	19 mm
από 1" έως 1½"	11 mm	από 2" έως 4"	21 mm
από 2" έως 3"	13 mm	μεγαλύτερη από 4"	25 mm
μεγαλύτερη από 3"	19 mm		
Για σωληνώσεις εγκαταστάσεων ζεστού νερού χρήσης			
ανεξαρτήτου διαμέτρου	9 mm	ανεξαρτήτου διαμέτρου	13 mm

Οι τερματικές μονάδες θέρμανσης για την απόδοση θέρμανσης στους χώρους, είναι κλασικά σώματα καλοριφέρ άμεσης απόδοσης

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν καταναλώνονται κατά μέσον όρο ετησίως περίπου 16700 lt πετρελαίου.

6.4.1.2. Μονάδα Παραγωγής Θέρμανσης

Η Ονομαστική ισχύς του λέβητα – καυστήρα, σύμφωνα με το κατασκευαστή είναι ίση με 500000 kcal/h ή 581,4kW. Στο φύλλο ελέγχου ανάλυσης καυσαερίων η θερμική απόδοση του λέβητα – καυστήρα μετρήθηκε σε $\eta_{gm} = 90\%$. Για τον έλεγχο υπερδιαστασιολόγησης (χρειάζεται για τον καθορισμό του συντελεστή η_{g1}) εφαρμόζεται η σχέση 4.1 της ΤΟΤΕΕ. 20701-1.

$$P_{gen} = A \times U_m \times \Delta T \times 1,8 \quad (4.1)$$

Όπου:

- P_{gen} σε (W) είναι η υπολογιζόμενη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύς της μονάδος θέρμανσης του κτηρίου,
- A σε (m^2), είναι η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτηριακού κελύφους (τοίχοι+ανοίγματα, οροφές, πυλωτή), που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα. Για το υπό μελέτη κτίριο $A = 2257 \text{ m}^2$.
- U_m σε [$W/(m^2K)$] είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας A, για την περιοχή της Κοζάνης και είναι $0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ βάσει του παλαιού ΚΘΚ που ίσχυε κατά την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτιρίου.
- ΔT σε ($^\circ\text{C}$) η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος, για τη Κοζάνη είναι $28 \text{ }^\circ\text{C}$ (Δ κλιματική ζώνη) και
- 1,8 Συνολικός συντελεστής προσαύξησης που περιλαμβάνει τα φορτία λόγω αερισμού και τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής, επιτάχυνσης της απόδοσης του συστήματος κ.τ.λ.

Η θερμική ισχύς του λέβητα P_{gen} υπολογίζεται πως έπρεπε να είναι 110 kW. Συνεπώς η πραγματική εγκατεστημένη ισχύς του λέβητα είναι υπερδιπλάσια της μέγιστης υπολογιζόμενης P_{gen} . Για το λόγο αυτό λαμβάνουμε συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης

$\eta_{g1} = 0.75$ (ΤΟΤΕΕ. 20701-1 Πίνακας 4.3). Αντίστοιχα ο συντελεστής η_{g2} (κατάσταση λέβητα), λαμβάνεται $\eta_{g2} = 1$ (ΤΟΤΕΕ. 20701-1 Πίνακας 4.4), δεδομένου ότι ο λέβητας βρίσκεται σε σχετικά καλή κατάσταση.

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (Πίνακας 4.3. Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης η_{g1} μονάδας λέβητα - καυστήρα.)

Σχέση πραγματικής προς υπολογιζόμενη ισχύ μονάδας θέρμανσης (P_m / P_{gen})	Συντελεστής βαρύτητας η_{g1}
Λέβητας με διπλάσια ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,75
Λέβητας με 50% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,85
Λέβητας με 25% μεγαλύτερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	0,95
Λέβητας με ίση ή μικρότερη ισχύ από τη μέγιστη υπολογιζόμενη	1,00

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (Πίνακας 4.4. Συντελεστής μόνωσης η_{g2} μονάδας λέβητα - καυστήρα.)

Ονομαστική ισχύς (kW)	20 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	≥ 400
Λέβητας με μόνωση Σε καλή κατάσταση μόνωσης	1,0				
Λέβητας γυμνός ή με κατεστραμμένη μόνωση	0,936	0,949	0,948	0,951	0,952

Έτσι, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος παραγωγής θέρμανσης υπολογίζεται:

$$\eta_{ge} = \eta_{gm} \times \eta_{g1} \times \eta_{g2} = 0.90 \times 0.75 \times 1 = \mathbf{0,675 (67,5\%)}$$

Η τελική πραγματική θερμική ισχύς του λέβητα που πηγαίνει και στο δίκτυο διανομής θερμότητας, είναι $581,4\text{kW} \times 67,5\% = 392,44 \text{ kW}$.

6.4.1.3. Δίκτυο Διανομής

Το δίκτυο διανομής διέρχεται μέσα από τους εσωτερικούς θερμαινόμενους και μη χώρους του κτηρίου. Δεν υπάρχει θερμομόνωση στους σωλήνες. Η ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής υπολογίστηκε από την πραγματική (από ανάλυση καυσαερίων) ισχύ του λέβητα 110 kW και το συνολικό βαθμό απόδοσης του λέβητα 67,5% (λόγω υπερδιαστασιολόγησης) στά 392,44 kW.

Από τον Πίνακα 4.11 της ΤΟΤΕΕ 20701-1, για ισχύ 392,44 και θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος 50-35 °C (το σύστημα λειτουργεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίας), λαμβάνουμε ποσοστό θερμικών απωλειών δικτύου διανομής 5 % ή αλλιώς θερμική απόδοση 0,95.

Πίνακας 4.11. Ποσοστό θερμικών/ψυκτικών απωλειών (%) δικτύου διανομής κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης ή/και ψύξης ως προς την συνολική θερμική / ψυκτική ενέργεια που μεταφέρει το δίκτυο.

Ισχύς συστήματος	Διέλευση σε εσωτερικούς χώρους ή/και 20% σε εξωτερικούς χώρους				Διέλευση > 20% σε εξωτερικούς χώρους	
	Μόνωση ¹ κτηρίου αναφοράς	Μόνωση ² ίση με την ακτίνα σωλ.	Ανεπαρκής μόνωση ³	Χωρίς μόνωση	Μόνωση κτηρίου αναφοράς	Με μόνωση ίση με την ακτίνα σωλ.
[kW]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Θέρμανση με υψηλές θερμοκρασίες θερμικού μέσου (90 - 70°C)						
20 - 100	5,5	4,5	11,0	14,0	8,0	6,5
100 - 200	4,0	3,0	8,5	12,0	7,2	5,7
200 - 300	3,0	2,5	6,5	10,5	6,0	4,2
300 - 400	2,5	2,0	5,0	9,2	3,8	2,7
> 400	2,0	1,5	4,0	7,0	3,0	2,0
Θέρμανση με χαμηλές θερμοκρασίες θερμικού μέσου (50 - 35°C)						
20 - 100	-	3,0	8,0	9,0	4,5	3,7
100 - 200	-	2,2	7,2	8,3	4,0	3,1
200 - 300	-	1,8	6,0	6,2	3,3	2,5
300 - 400	-	1,2	4,5	5,0	2,2	1,2
> 400	-	0,8	3,3	4,0	1,7	1,0

6.4.1.4. Τερματικές Μονάδες

Βάσει του πίνακα 4.12 της ΤΟΤΕΕ 20701-1, λαμβάνουμε απόδοση σωμάτων 0,95.

Πίνακας 4.12. Απόδοση εκπομπής η_{em} τερματικών μονάδων θέρμανσης.

Απόδοση εκπομπής η_{em} τερματικών μονάδων θέρμανσης			
Τύπος τερματικής μονάδας	Θερμοκρασία μέσου T [°C]		
	90 - 70	70 - 50	50 - 35
Άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο	0,85	0,89	0,91
Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο	0,89	0,93	0,95
Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,90
Ενδοτοίχιο σύστημα θέρμανσης	-	-	0,87
Σύστημα θέρμανσης οροφής	-	-	0,85

6.4.1.5. Βοηθητικά Συστήματα Θέρμανσης

Ο κυκλοφορητής που χρησιμοποιείται για την κυκλοφορία του θερμού νερού είναι το μόνο στοιχείο βοηθητικών συστημάτων δικτύου θέρμανσης και έχει ισχύ 0,55 kW.

6.4.1.6. Δεδομένα υπολογισμών

Στον Πίνακα 6.20 δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης του κτηρίου που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.

Πίνακας 6.20. Σύστημα θέρμανσης.

Σύστημα Θέρμανσης											
Μονάδα παραγωγής θερμότητας											
Είδος μονάδος παραγωγής θερμότητας: Λέβητας-Καυστήρας											
Πραγματική θερμική ισχύς μονάδος: 392,44 kW											
Θερμική απόδοση μονάδος (%): 67,5%											
Είδος καυσίμου: πετρέλαιο											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ	1	ΦΕΒ	1	ΜΑΡ	1	ΑΠΡ	1	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	0
ΙΟΥΛ	0	ΑΥΓ	0	ΣΕΠΤ	0	ΟΚΤ	1	ΝΟΕ	1	ΔΕΚ	1
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (€/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Θερμική ισχύ που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 397,5											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input checked="" type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/>											
Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 50											
Θερμοκρασία επιστροφής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 35											
Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής (%): 95% (100% - 5%)											
Υπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> (δεν υπάρχουν αεραγωγοί)											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: σώματα άμεσης απόδοσης (καλοριφέρ)											
Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0,95 (άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο)											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων			Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (kW)				
Κυκλοφορητής			1				0,55				
Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 100 (%) του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου											

6.4.2. Σύστημα ψύξης χώρων

6.4.2.1. Μονάδες Παραγωγής Ψύξης

Στο κτήριο υπάρχουν αυτόνομες τοπικές αντλίες θερμότητας. Στον Πίνακα 6.21 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ψυκτικών μονάδων ανά επίπεδο. Δεν υπάρχει κεντρικό δίκτυο διανομής ψύξης οπότε δεν υπάρχουν και απώλειες διανομής.

Πίνακας 6.21. Χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας κτιρίου.

	ΙΣΟΓΕΙΟ				ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
	α/α ψυκτικών μονάδων	Ψυκτική ισχύς kW/(ψ.μ)	Ισχύς Εισόδου kW/(ψ.μ)	EER	
N πλευρά	1	6,00	3,55	1,69	6,0

N πλευρά	1	5,80	2,45	2,37	5,8
B πλευρά	3	5,80	2,45	2,37	17,4
Δ πλευρά	3	5,80	2,45	2,37	17,4
A πλευρά	2	15,23	8,00	1,90	30,5
	10			Συνολο	77,1

1ος ΟΡΟΦΟΣ

	α/α ψυκτικών μονάδων	Ψυκτική ισχύς kW/(ψ.μ)	Ισχύς Εισόδου kW/(ψ.μ)	EER	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
N πλευρά	2	2,55	1,15	2,22	5,1
B πλευρά	1	3,50	1,83	1,91	3,5
B πλευρά	1	2,78	1,00	2,78	2,8
Δ πλευρά	2	2,55	1,15	2,22	5,1
A πλευρά	1	5,80	2,45	2,37	5,8
A πλευρά	1	2,55	1,15	2,22	2,6
NA πλευρά	1	2,55	1,15	2,22	2,6
	9			Συνολο	27,38

2ος ΟΡΟΦΟΣ

	α/α ψυκτικών μονάδων	Ψυκτική ισχύς kW/(ψ.μ)	Ισχύς Εισόδου kW/(ψ.μ)	EER	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ kW
N πλευρά	3	5,80	2,45	2,37	17,4
B πλευρά	2	5,80	2,45	2,37	11,6
Δ πλευρά	5	5,80	2,45	2,37	29
A πλευρά	5	5,80	2,45	2,37	29
NA πλευρά	2	5,80	2,45	2,37	11,6
	15			Συνολο	87,0

Η συνολική εγκατεστημένη ψυκτική ισχύς είναι: $77,1 + 27,38 + 87,0 = 191,48$ kW.

6.4.2.2. Δίκτυο Διανομής

Δεν υπάρχει, αφού γίνεται τοπική παραγωγή και απόδοση ψύξης.

6.4.2.3. Τερματικές Μονάδες

Από τον Πίνακα 6.21 (της ΤΟΤΕΕ. 20701-1), λαμβάνουμε βαθμό απόδοσης 0,93.

Πίνακας 6.21. Απόδος η_{em} τερματικών μονάδων ψύξης.

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής η_{em} μονάδων ψύξης
Άμεσα συστήματα: π.χ. μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan-coils), δαπέδου ή οροφής, εσωτερικές μονάδες τοπικών συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία διανομής αέρα κ.ά.	0,93
Ενσωματωμένες τερματικές μονάδες: π.χ. ενδοτοιχίο, ενδοδαπέδιο, ψυχόμενες οροφές	0,90
Τοπικές αντλίες θερμότητας	0,93

6.4.2.4. Βοηθητικά Συστήματα

Δεν υπάρχουν.

6.4.2.5. Δεδομένα υπολογισμών

Στον Πίνακα 6.22 δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα ψύξης του κτηρίου.

Πίνακας 6.22. Δεδομένα συστήματος ψύξης.

Σύστημα Ψύξης											
Μονάδα παραγωγής ψύξης											
Είδος μονάδας παραγωγής ψύξης: τοπικές αντλίες θερμότητας συνολικής ισχύος 191,48 kW _{th} .											
Μέσος συντελεστής συμπεριφοράς μονάδος EER: 2,37											
Είδος καυσίμου: Ηλεκτρική ενέργεια											
Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%):											
ΙΑΝ	0	ΦΕΒ	0	ΜΑΡ	0	ΑΠΡ	0	ΜΑΙ	0	ΙΟΥΝ	1
ΙΟΥΛ	1	ΑΥΓ	1	ΣΕΠΤ	1	ΟΚΤ	0	ΝΟΕ	0	ΔΕΚ	0
Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (€/m ²):											
Δίκτυο διανομής θερμότητας											
Ψυκτική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): Δεν υπάρχει κεντρικό δίκτυο διανομής											
Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/>											
Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής (%): 100											
Ύπαρξη μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> (δεν υπάρχουν αεραγωγοί)											
Τερματικές μονάδες											
Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων: τοπικές αντλίες θερμότητας											
Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων: 93,0%											
Βοηθητική ενέργεια											
Τύπος βοηθητικών συστημάτων			Αριθμός συστημάτων				Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (kW)				
-			-				-				

6.4.3. Σύστημα παραγωγής Ζεστού Νερού Χρήσης

6.4.3.1. Περιγραφή

Το κτήριο δεν διαθέτει συστήματα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

6.4.4. Σύστημα Φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα φωτισμού συνυπολογίζεται βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων του τριτογενούς τομέα. Έτσι, στο συγκεκριμένο κτήριο λαμβάνονται υπ' όψιν όλες οι παράμετροι φωτισμού για κάθε ζώνη αλλά και στο σύνολο του κτηρίου [12]:

- Η εγκατεστημένη ισχύς των λαμπτήρων και των φωτιστικών του χώρου (W).
- Η φωτεινή δραστηριότητα (lm/W) των λαμπτήρων, ανά τύπο λαμπτήρα, όπως αναγράφεται στις τεχνικές προδιαγραφές.
- Τα συστήματα ελέγχου λειτουργίας φωτισμού, όπως αισθητήρες στάθμης φωτισμού (lx), αισθητήρες παρουσίας, χρονοδιακόπτες (ανάλογα με το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου), σκίαση κ.ά.
- Το ποσοστό του χώρου που λαμβάνεται ως ζώνη φυσικού φωτισμού⁵. Εκτιμάται το ποσοστό του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης για το οποίο οι απαιτήσεις φωτισμού μπορούν να καλυφθούν με φυσικό φως από τα διαθέσιμα ανοίγματα.
- Η δυνατότητα αξιοποίησης του φυσικού φωτισμού σε ένα χώρο. Ανάλογα με τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης εκτιμώνται οι ώρες που υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός T_D (Πίνακας 5.2 TOTEE 20701-1).
- Η απαίτηση για τεχνητό φωτισμό σε ένα χώρο. Ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου ή μιας ζώνης εκτιμώνται οι ώρες T_N που δεν υπάρχει διαθέσιμος φυσικός φωτισμός και είναι απαραίτητη η χρήση τεχνητού φωτισμού του χώρου, όπως ορίζεται στον Πίνακα 5.2 της TOTEE 20701-1.

Στον Πίνακα 6.23 φαίνονται τα στοιχεία για τους εγκατεστημένους λαμπτήρες που υπάρχουν στο κτήριο.

⁵ Σημειώνεται ότι η περιοχή φυσικού φωτισμού (ΦΦ) % για το ισόγειο και τους ορόφους είναι 74% και 63% αντίστοιχα.

Πίνακας 6.23. Δεδομένα εγκατεστημένων λαμπτήρων.

Γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού ΥΠΟΓΕΙΟ-Θερμική Ζώνη 1			
Λαμπτήρες	α/α	Ισχύς (W/λαμπτήρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)
<i>Galux 36/COOL WHITE GFTC</i>	47	36	1692
<i>PHILIPS TLD 18W/840</i>	20	18	360
Υπόλοιπος φωτισμός	-	-	100
	67	ΣΥΝΟΛΟ	2152
ΙΣΟΓΕΙΟ-Θερμική Ζώνη 2			
Λαμπτήρες	α/α	Ισχύς (W/λαμπτήρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)
<i>PHILIPS MASTER 58W/840</i>	152	58	8816
<i>PHILIPS MASTER TLD 18W/840</i>	24	18	432
<i>GALUX-D 26W/65</i>	9	26	234
Υπόλοιπος φωτισμός	42	10	420
	227	ΣΥΝΟΛΟ	9902
1ος ΟΡΟΦΟΣ-Θερμική Ζώνη 3			
Λαμπτήρες	α/α	Ισχύς (W/λαμπτήρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)
<i>PHILIPS MASTER 58W/840</i>	6	58	348
<i>PHILIPS MASTER TLD 18W/840</i>	244	18	4392
<i>OSRAM L 18W/840</i>	32	18	576
Υπόλοιπος φωτισμός	-	-	300
	282	ΣΥΝΟΛΟ	5616
2ος ΟΡΟΦΟΣ-Θερμική Ζώνη 4			
Λαμπτήρες	α/α	Ισχύς (W/λαμπτήρα)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (W)
<i>PHILIPS MASTER 58W/840</i>	6	58	348
<i>PHILIPS MASTER TLD 18W/840</i>	244	18	4392
<i>OSRAM L 18W/840</i>	32	18	576
Υπόλοιπος φωτισμός	-	-	300
	282	ΣΥΝΟΛΟ	5616
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟΣ			23286

Συνολικά είναι εγκατεστημένοι περίπου 858 λαμπτήρες συνολικής ισχύος **23,29 kW**.

6.5. Ενεργειακή Κατάταξη του κτηρίου Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών

Μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό TEE-KENAK, πραγματοποιούνται από το ίδιο το λογισμικό οι απαραίτητοι υπολογισμοί, όπως και η σύγκριση με τα αντίστοιχα δεδομένα του κτηρίου αναφοράς.

Ως αποτελέσματα των υπολογισμών αυτών δίνονται οι τελικές χρήσεις για θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ και φωτισμό για κτήρια του τριτογενή τομέα, όπως αυτό του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Με βάση τις προδιαγραφές του κτηρίου αναφοράς, εμφανίζεται η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου καθώς επίσης και ένας συγκριτικός πίνακας με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ, φωτισμός και συνεισφορά από ΑΠΕ και ΣΗΘ) και την ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου, όπως θα εμφανιζόταν στο ΠΕΑ (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης) για το υπάρχον κτήριο και το κτήριο αναφοράς.

Επιπλέον, εμφανίζονται σε μορφή πίνακα τα αποτελέσματα του κτηρίου σε μηνιαία και ετήσια βάση για:

- Ενεργειακές απαιτήσεις kWh/m²: Εμφανίζονται μηνιαίες και ετήσιες τιμές ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, ύγρανση και ΖΝΧ.
- Ενεργειακή κατανάλωση, kWh/m²: Εμφανίζονται μηνιαίες και ετήσιες τιμές τελικής ενεργειακής κατανάλωσης για θέρμανση, συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ), συνεισφορά ηλιακών συλλεκτών για ΖΝΧ, φωτισμό, συνεισφορά ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β και συνολική τελική ενεργειακή κατανάλωση.
- Κατανάλωση καυσίμων, kWh/m²: Εμφανίζονται ετήσιες τιμές για κατανάλωση καυσίμων,
- Εκπομπές CO₂, kg/m²: Εμφανίζονται ετήσιες τιμές για τις εκπομπές CO₂, ανάλογα με το ποιά καύσιμα χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα του κτηρίου.

Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτηρίων δίνονται στον Πίνακα 6.24.

Πίνακας 6.24. Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων [Πηγή: ΚΕΝΑΚ]

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια Κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

όπου

EP : Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου

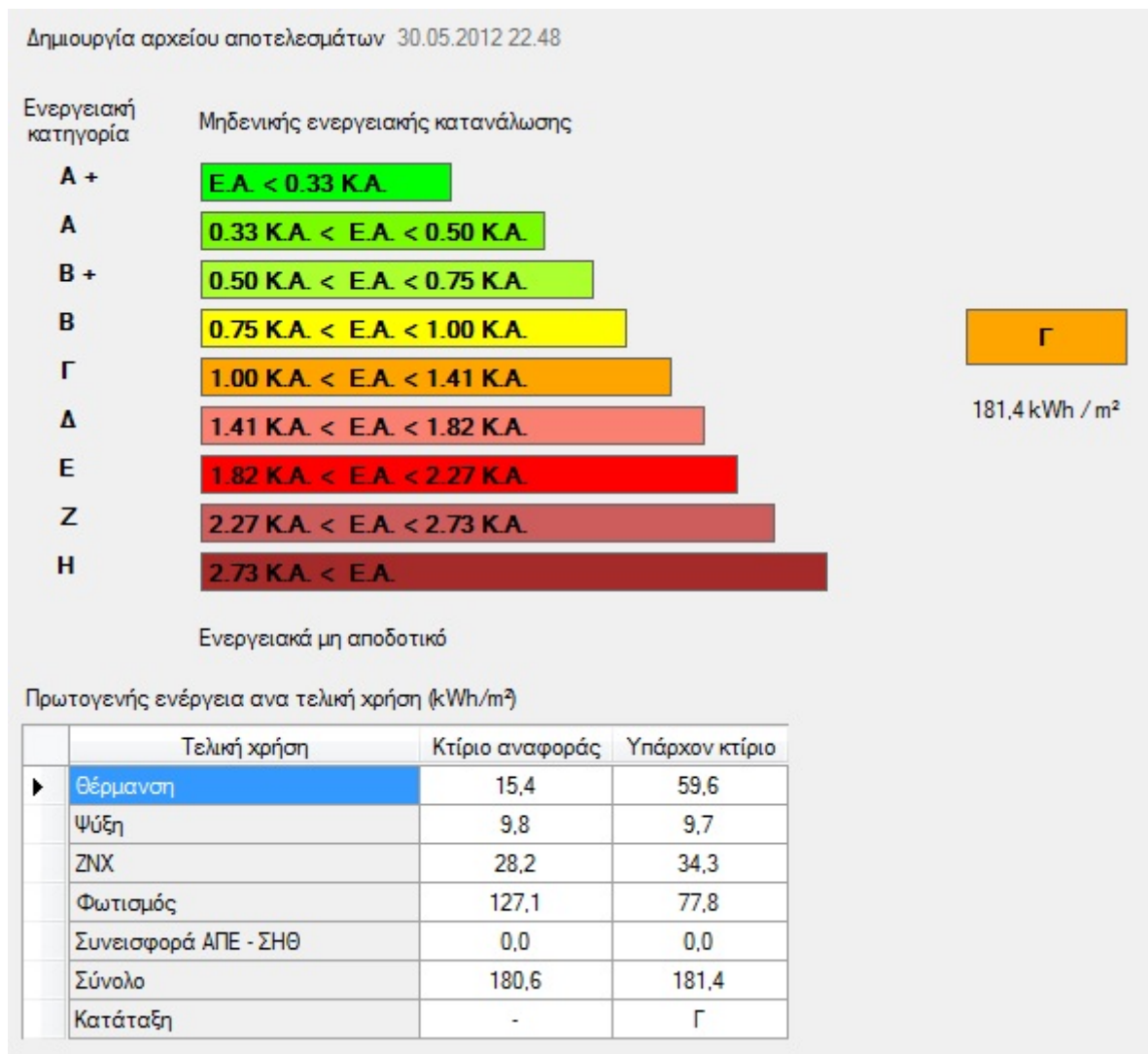
R_R : Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς

T : Λόγος της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς (R_R). Δηλαδή:

$$T = \frac{EP}{R_R} \quad (5.1)$$

Συνεπώς, από την εισαγωγή των δεδομένων στο λογισμικό προκύπτει η τελική ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου, όπως φαίνεται στο Εικόνα 6.16.

Εικόνα 6.16. Ενεργειακή κατηγορία του κτηρίου και αποτελέσματα με το λογισμικό TEE-KENAK.



Προκύπτει δηλαδή ότι το κτήριο ανήκει στην κατηγορία Γ (181,4 kWh/m²). Παρατηρείται διαφορά στις ανάγκες θέρμανση που είναι σχεδόν τριπλάσια από το κτήριο αναφοράς.

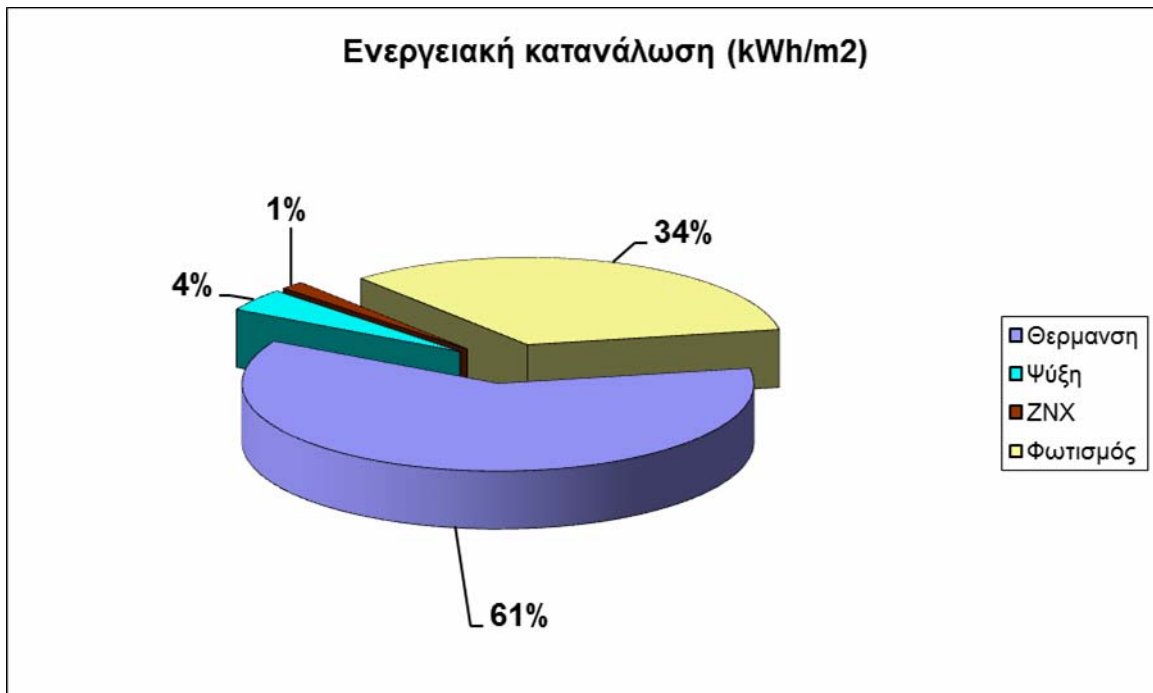
Όσον αφορά στην ψύξη υπάρχει μικρότερη απαίτηση κατ' ελάχιστον σε ψύξη από το κτήριο αναφοράς. Τέλος, η ενέργεια που καταναλώνεται για το φωτισμό είναι μειωμένη σχετικά με το κτήριο αναφοράς. Σημειώνεται ότι στο κτήριο του Τμήματος ΜΜ δεν υπάρχει κατανάλωση ΖΝΧ, παραμόνο υπάρχει εγκατεστημένος ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνα. Η εισαγωγή κατανάλωσης ΖΝΧ οφείλεται στην υποχρέωση που υπάρχει να οριστεί ένα θεωρητικό σύστημα παραγωγής ΖΝΧ στα πλαίσια λειτουργίας του λογισμικού, για να πραγματοποιηθεί αξιόπιστα η ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.

Οι ενεργειακές απαιτήσεις και οι ενεργειακές καταναλώσεις του υπο επιθεώρηση κτήριο παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.17. Επίσης στο ίδιο σχήμα, το λογισμικό, δίνει πληροφορίες για την κατανάλωση κάθε μορφής ενέργειας που χρησιμοποιείται καθώς και τις εκπομπές του CO₂.

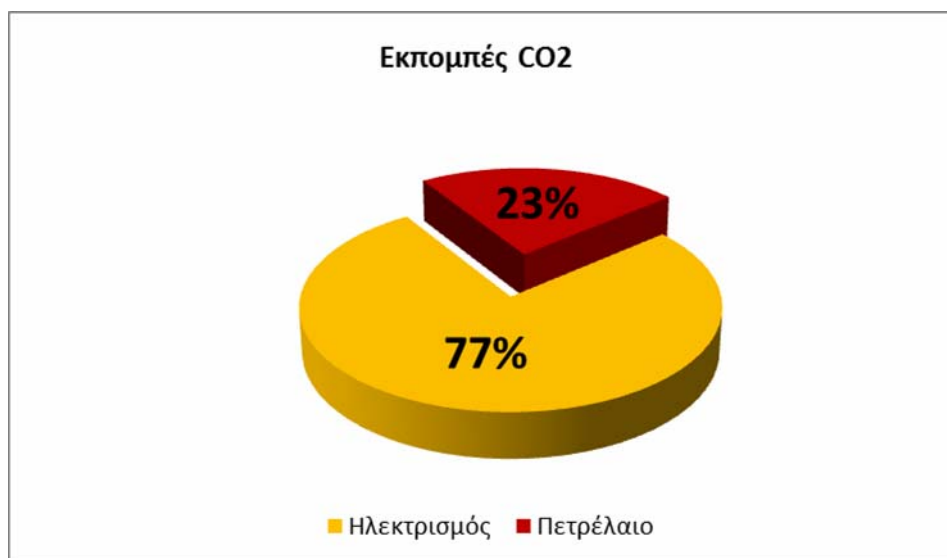
Εικόνα 6.17. Απαιτήσεις, Κατανάλωση και εκπομπές CO₂ με το λογισμικό TEE-KENAK.

Υπάρχον κτήριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	6,4	4,6	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	5,4	22,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,0	1,1	1,3	11,2
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	15,3	11,1	6,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0	13,0	53,7
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
	ZNX	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	11,4
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	2,7	26,8
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	19,4	15,1	10,6	5,1	3,7	6,9	0,0	0,0	3,5	4,0	9,9	17,0	95,3
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	47,8		47,3										
	Πετρέλαιο	53,3		14,1										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	95,3		61,3										

Στην Εικόνα 6.18 φαίνεται η κατανομή ενεργειακής κατανάλωσης κτηρίου.

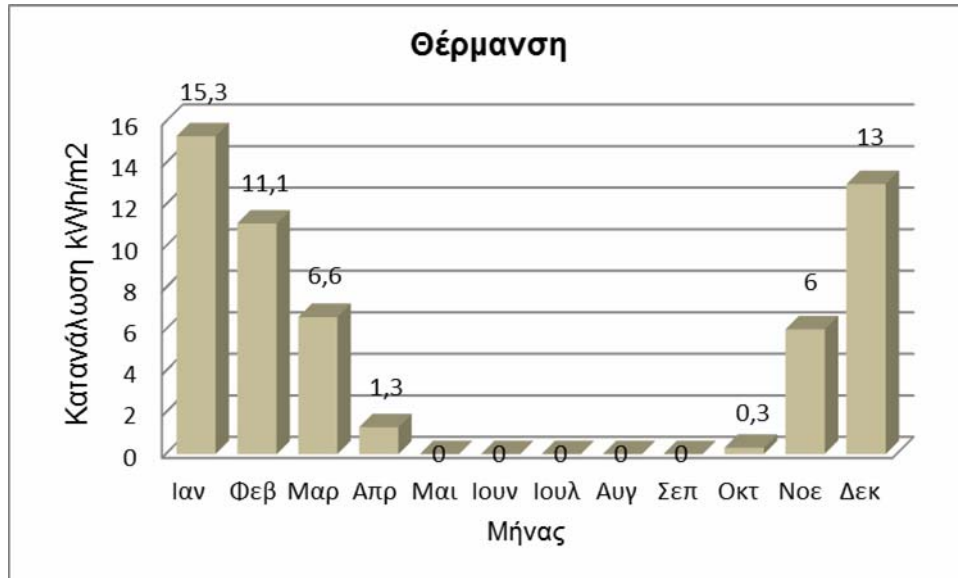
Εικόνα 6.18. Κατανομή Ενεργειακής Κατανάλωσης κτηρίου (kWh/m^2).

Σημειώνεται ότι στην Εικόνα 6.16 φαίνεται ότι η πρωτογενής ενέργεια του φωτισμού είναι $77,8 kWh/m^2$ ενώ της θέρμανσης, ψύξης και ZNX είναι $59,6$, $9,7$ και $34,3 kWh/m^2$ αντίστοιχα. Προκύπτει δηλαδή ότι ο φωτισμός συνεισφέρει περισσότερο. Αυτό οφείλεται στους συντελεστές μετατροπής που προσαυξάνουν την πρωτογενή ενέργεια ανάλογα με την μορφή ενέργειας. Ενώ αντίθετα στην κατανάλωση ενέργειας της Εικόνας 6.17 η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση είναι $53,7 kWh/m^2$ και $26,8 kWh/m^2$ φωτισμό. Αυτό που θα πρέπει να εξεταστεί και να επιδιωχθεί είναι η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας που προορίζεται για θέρμανση και για φωτισμό.

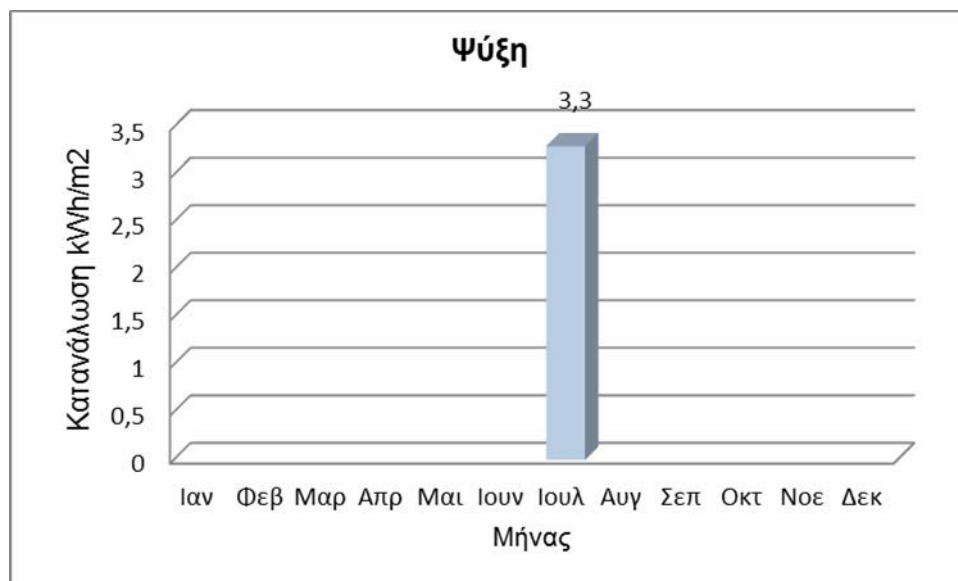
Εικόνα 6.19. Εκπομπές CO_2 (kg/m^2) από κάθε μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται.

Στις Εικόνες 6.20 και 6.21, παρουσιάζεται η μηνιαία κατανάλωση ενέργειας σε τελική μορφή ενέργειας για τις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα, για ένα έτος.

Εικόνα 6.20. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση κατά την διάρκεια ενός έτους σε τελική ενέργεια.



Εικόνα 6.21. Κατανάλωση ενέργειας κατά την διάρκεια ενός έτους.



Το συνολικό εμβαδόν του κτηρίου είναι 2331,7 m². Οι συνολικές εκπομπές CO₂ από το κτήριο είναι 61,3 kg/m². Άρα συνολικά είναι:

$$2331,7\text{m}^2 \times 61,3 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{142.933 \text{ kg}} \text{ ή } \mathbf{142,93 \text{ ton}}$$

Συνεπώς, πρέπει να ληφθούν δραστικά μέτρα για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας του κτηρίου.

7. ΜΕΤΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζονται οι επεμβάσεις και τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και η μελέτη εγκατάστασης συστημάτων παραγωγής ενέργειας στο κτήριο TMM. Το βασικότερο μέτρο για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου είναι η ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτηρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων, η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν [36].

Άλλος ένας καθοριστικός παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας είναι η ενεργειακή διαχείριση του κτηρίου, μία συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων [36].

Οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτήριο μπορεί να αφορούν:

- Το κτηριακό κέλυφος (π.χ. θερμομόνωση, κατάλληλα συστήματα ανοιγμάτων, παθητικά ηλιακά συστήματα)
 - Τον περιβάλλοντα χώρο του κτηρίου (π.χ. χρήση βλάστησης)
 - Τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού και τις ηλεκτρικές συσκευές
 - Την ορθολογική χρήση του κτηρίου και την αξιοποίηση των δομικών του στοιχείων (π.χ. ενεργειακή διαχείριση, φυσικός αερισμός, αξιοποίηση της θερμικής μάζας)
- [36]

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα μέτρα που χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιπτώσεις ριζικής ανακαίνισης ώστε να γίνει το κτήριο σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ή τουλάχιστον να βελτιωθεί κατά πολύ η ενεργειακή κλάση του κτηρίου.

7.1. Εξωτερική Θερμομόνωση κτηριακού κελύφους

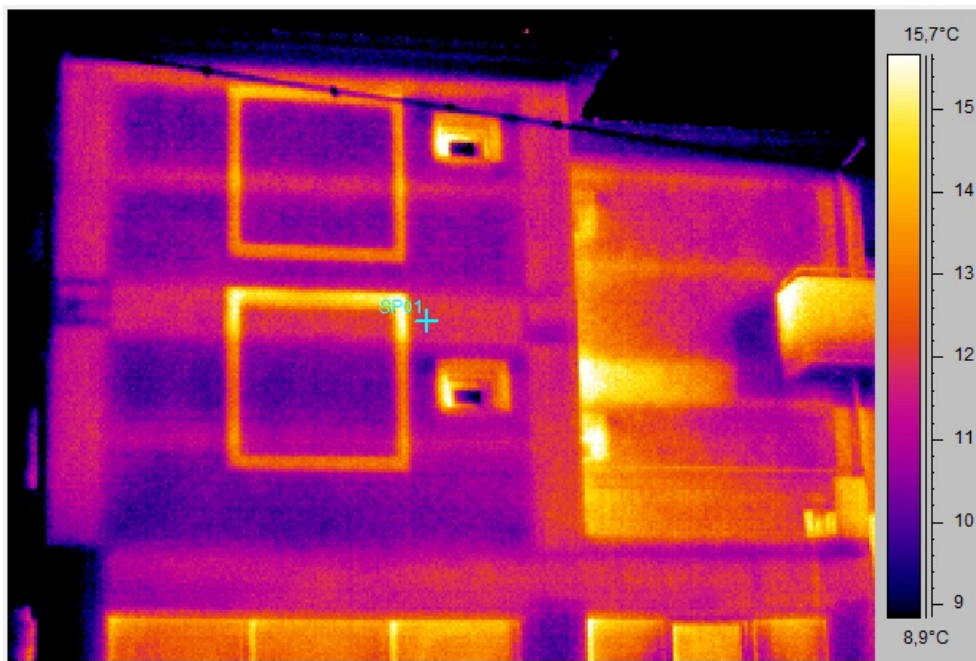
Η Θερμομόνωση του εξωτερικού κελύφους είναι ένα από τα κύρια μέτρα που πρέπει να υλοποιηθεί ώστε να ελαττωθούν στο ελάχιστο οι θερμικές απώλειες και να εκμηδενιστούν οι τυχόν θερμογέφυρες που υπάρχουν.

Πραγματοποιώντας την ενεργειακή επιθεώρηση του κτηρίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας παρατηρήθηκε ότι το κτηριακό κέλυφος έχει πολλές θερμογέφυρες και ότι η εξωτερική θερμοκρασία επιφάνειας δεν ήταν ομοιογενής. Η ανομοιογένεια της εξωτερικής επιφάνειας του κελύφους είναι και η αιτία για την εμφάνιση των θερμογεφυρών.

Με την βοήθεια της θερμοκάμερας υπέρυθρης ακτινοβολίας δόθηκε η δυνατότητα να παρατηρηθεί η «ανατομία» του κτηρίου και να υπολογιστούν οι θερμοκρασίες των επιφανειών. Στις Εικόνες 7.1, 7.2, 7.3 απεικονίζονται οι θερμοφωτογραφίες που τραβήχτηκαν με την Θερμοκάμερα FLIR AGEMA.

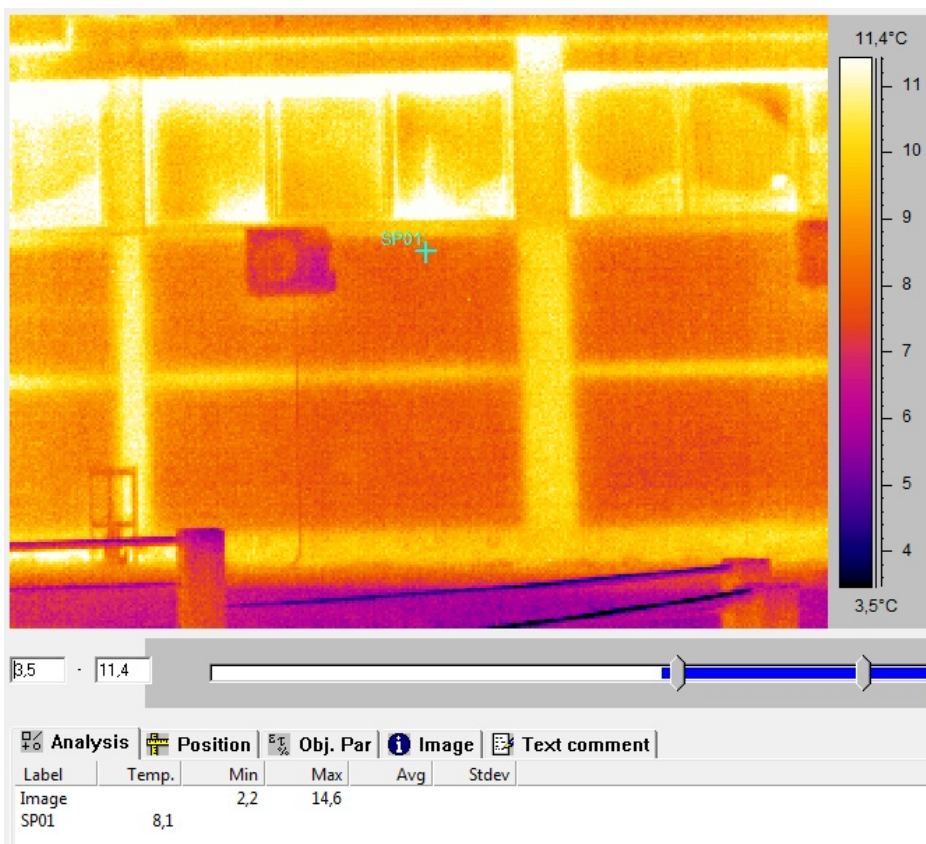
Επίσης με βάση την μελέτη θερμομόνωσης κτηρίου παρουσιάστηκε ένα ενδιαφέρον στοιχείο. Έτσι με βάση την μελέτη θερμομόνωσης, η θερμοπερατότητα U των δοκών και υποστυλωμάτων σκυροδέματος, ήταν ίση με $0,857 \text{ W/m}^2\text{K}$, το οποίο υπερβαίνει την επιτρεπόμενη τιμή $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Αυτό αποδεικνύεται και από τις θερμοφωτογραφίες που τραβήχτηκαν, όπου δείχνουν την θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των δοκών σπλισμένου σκυροδέματος και της τοιχοποιίας.

Εικόνα 7.1. Δυτική όψη κτηρίου.



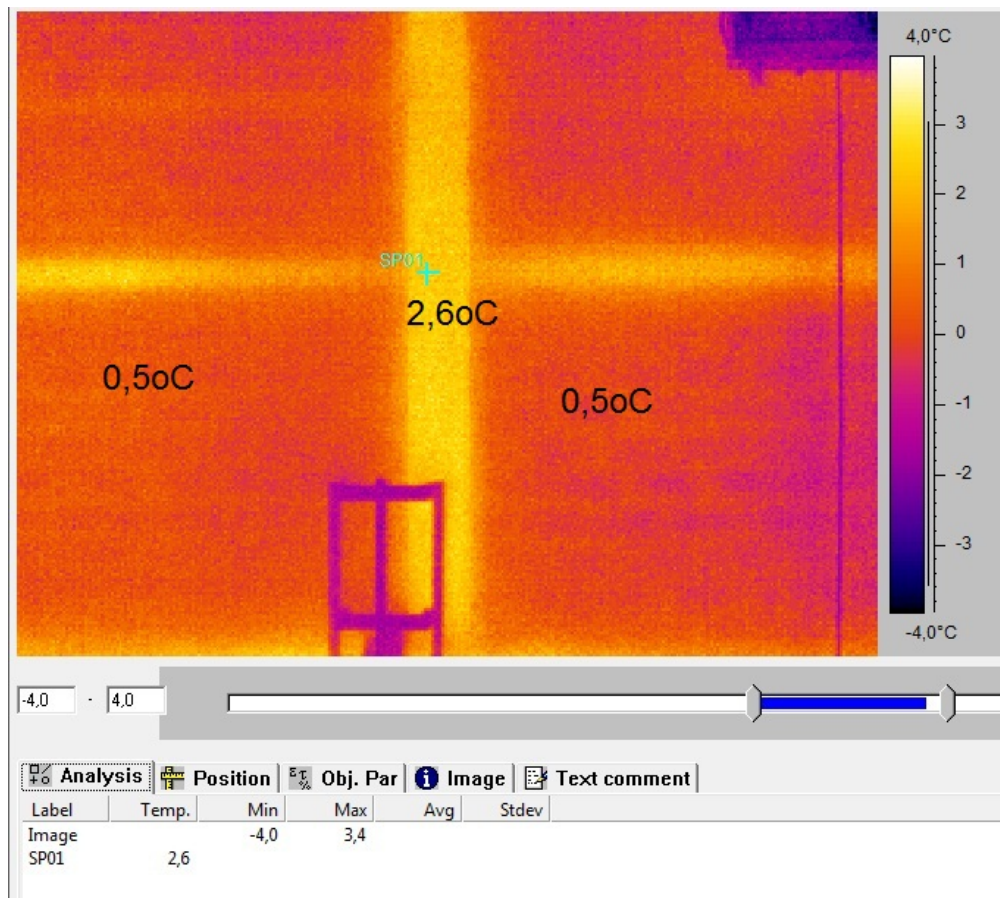


Εικόνα 7.2. Τμήμα τοιχοποιίας βόρειας πλευράς. Κάτω πραγματική φωτογραφία. Πάνω θερμοφωτογραφία όπου φαίνονται με διαφορετικά χρώματα οι διαφορές θερμοκρασίες.





Εικόνα 7.3. Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ οπλισμένου σκυροδέματος και οπτοπλινθοδομής.



Μετά από έρευνα αγοράς και αξιολόγησης των υλικών που υπάρχουν για εξωτερική θερμομόνωση προκύπτει ότι η διογκωμένη πολυστερίνη πληροί όλες τις προϋποθέσεις (βλέπε Εικόνα 7.4). Ο λόγος που χρησιμοποιείται η διογκωμένη πολυστερίνη είναι το μικρό σχετικά κόστος του, είναι ανθεκτική στην υγρασία, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, είναι ελαφρό υλικό, είναι εύκολη τοποθέτηση και είναι ένα υλικό φιλικό προς το περιβάλλον [37].

Εικόνα 7.4. Θερμοπροσόψεις που χρησιμοποιούν την διογκωμένη πολυστερίνη ως θερμομόνωση κελύφους. [Πηγή: Πανελλήνιος Σύνδεσμος Παραγωγών Διογκωμένης Πολυστερίνης]



Η Κοζάνη ανήκει στην Δ κλιματική ζώνη. Ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τους εξωτερικούς τοίχους σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα είναι $U = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ [5]. Για να προσεγγίσουμε το ZEB, θα πρέπει να αυξηθεί περισσότερο το πάχος της θερμομόνωσης για την εξωτερική τοιχοποιία. Αν και δεν υπάρχει ακόμα μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας για το

ελληνικό κλίμα όσον αφορά το σχεδιασμό κτηρίων ZEB, θα αναζητηθεί μια ιδιαίτερα χαμηλή τιμή. Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ίδιο πάχος 10 cm διογκωμένης πολυστερίνης EPS με θερμική αγωγιμότητα $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$, ώστε το κέλυφος να είναι ομοιόμορφο.

Οι συντελεστές που έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 κατά την ενεργειακή επιθεώρηση του κτηρίου του TMM για κάθε υφιστάμενη τοιχοποιία είναι οι εξής:

- Για τα υποστυλώματα και τις δοκούς $U = 0.857 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Για την τοιχοποιία $U = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

Σύμφωνα με τις (ΤΟΤΕΕ σχέση 2.1) γνωρίζουμε ότι

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} \quad (2.1)$$

Οι συντελεστές θερμικής μετάβασης παίρνουν τις εξής τιμές για οριζόντια θερμική ροή:

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

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

Ενώ το R_δ που είναι η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα είναι ίση με μηδέν.

Συνεπώς,

- Για την τοιχοποιία θα ισχύει:

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,06}{0,52} + \frac{0,04}{0,03} + \frac{0,09}{0,52} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,10}{0,033} + 0,04} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

- Για το οπλισμένο σκυρόδεμα θα ισχύει:

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,03}{0,52} + \frac{0,20}{0,03} + \frac{0,02}{0,52} + \frac{0,10}{0,87} + 0,04} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Στον Πίνακα 7.1 φαίνονται οι συντελεστές, τα πάχη των δομικών υλικών που αποτελούν την τοιχοποιία σύμφωνα με την Μελέτη Θερμομόνωσης.

Πίνακας 7.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας U (W/m^2K) της τοιχοποιίας και του φέροντα οργανισμού. [Πηγή: Μελέτη Θερμομόνωσης κτηρίου ΠΔΜ]

Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				
Δομικό στοιχείο:		Εξωτερική τοιχοποιία		
	Στρώσεις υλικών	Πάχος (m)	Συντελεστής λ (W/mK)	$d1/\lambda$ (m^2K/W)
1.	Εξωτερικός αέρας	0		0,13
2.	Εξωτερικό Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
3.	Τοίχος	0,06	0,52	0,115
4.	Μονωτικό υλικό	0,04	0,03	1,433
5.	Τοίχος	0,09	0,52	0,172
6.	Εσωτερικό Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
7.	εξωτερική θερμομόνωση	0,1	0,03	3,071
8.	Εσωτερικός αέρας	0		0,04
			2,852	4,836
	<u>W/m²K</u>			
U=	0,20			
Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				
Δομικό στοιχείο:		Φέρων Οργανισμός		
	Στρώσεις υλικών	Πάχος (m)	Συντελεστής λ (W/mK)	$d1/\lambda$ (m^2K/W)
1.	Εξωτερικός αέρας	0		0,13
2.	Εξωτερικό Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
4.	Μονωτικό υλικό	0,03	0,03	0,860
5.	οπλισμένο σκυρώδεμα	0,2	2,04	0,098
6.	Εσωτερικό Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
7.	Εξωτερική θερμομόνωση	0,1	0,03	3,071
8.	Εσωτερικός αέρας	0		0,04
			3,847	4,075
	<u>W/m²K</u>			
U=	0,24			

7.2. Θερμομόνωση Οροφής

Οι απώλειες ενέργειας από την οροφή είναι σημαντικές, της τάξεως του 30-35% [11]. Έτσι θα πρέπει να περιοριστούν αυτές οι απώλειες με αποτέλεσμα την μείωση των απαιτήσεων σε θέρμανση και ψύξη.

Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο πετροβάμβακας που θα τοποθετηθεί εξωτερικά (βλέπε Εικόνα 7.5).

Εικόνα 7.5. Μόνωση οροφής με πετροβάμβακα.



Ο Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ του πετροβάμβακα είναι $0,037 \text{ W/(mK)}$, και γνωρίζοντας τα πάχη και τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας των υφιστάμενων

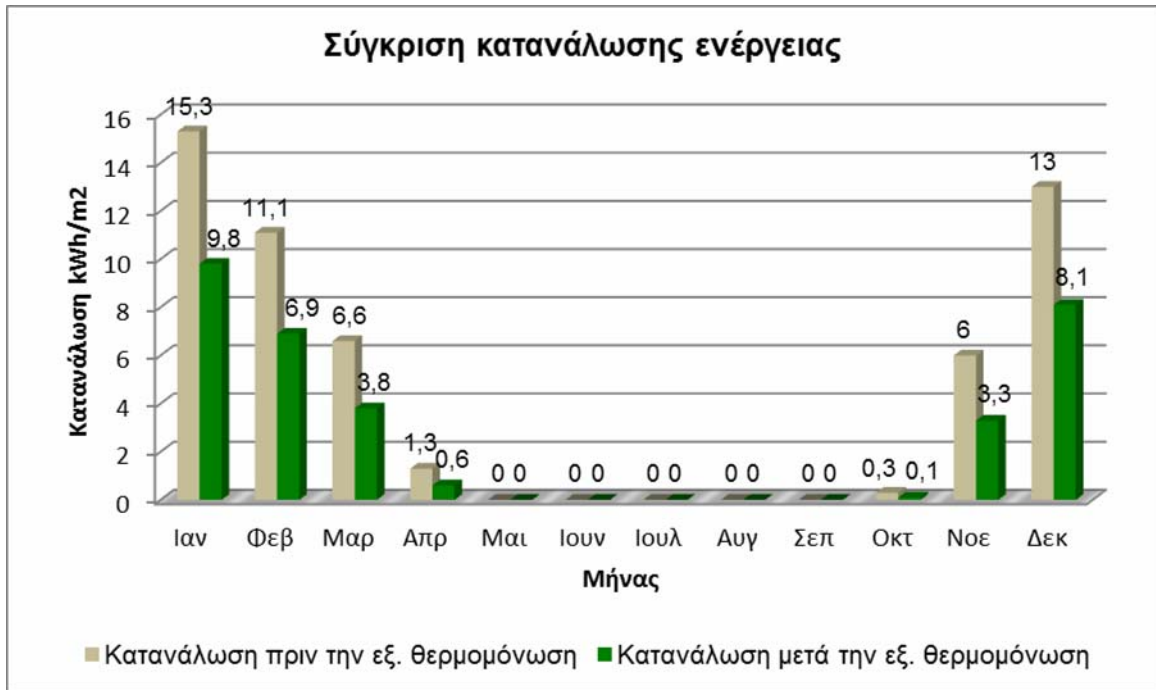
δομικών στοιχείων προσδιορίζεται ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας U (βλέπε Πίνακας 7.2)

Πίνακας 7.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας U (W/m^2K) της οροφής όπως αυτός διαμορφώνεται μετά την επέμβαση της θερμομόνωσης. [Πηγή: Μελέτη Θερμομόνωσης κτηρίου ΠΔΜ]

Συντελεστής Θερμοπερατότητας U (W/m^2K)				
Δομικό στοιχείο:		Οροφή		
	Στρώσεις υλικών	Πάχος (m)	Συντελεστής λ (W/mK)	$d1/\lambda$ (m^2K/W)
1.	Εξωτερικός αέρας	0		0,10
2.	Εξωτερικό Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
	Πλάκα	0,14	2,04	0,069
4.	Μονωτικό υλικό	0,06	0,03	1,720
5.	Μπετόν κλίσης	0,1	0,35	0,287
	Στεγάνωση	0,01	0,17	0,057
6.	Γαρμπιλομωσασικό	0,07	0,64	0,109
7.	Μόνωση οροφής	0,1	0,037	2,703
8.	Εσωτερικός αέρας	0		0,04
			4,142	4,967
		<u>W/m²K</u>		
U=	0,20			

Στην Εικόνα 7.6 φαίνεται η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη με την εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης.

Εικόνα 7.6α. Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση.



Εικόνα 7.6β. Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη.



Παρατηρείται μια αύξημένη κατανάλωση ενέργειας για ψύξη κατά ένα μικρό ποσοστό που οφείλεται πιθανόν στη λανθάνουσα θερμότητα που προέρχεται από τις συσκευές, το φωτισμό και τους ανθρώπους που βρίσκονται στο κτήριο αυξάνοντας το ψυκτικό φορτίο.

7.3. Κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης

Το κόστος θερμομόνωσης (υλικά & εργασία) εκτιμάται ότι θα είναι 50€/m². Συνεπώς, το συνολικό κόστος της τοποθέτησης θερμομόνωσης είναι το εμβαδόν της αδιαφανούς επιφάνειας του κτηρίου επί το κόστος θερμομόνωσης.

Έτσι η οικονομοτεχνική ανάλυση του ΤΕΕ-KENAK δίνει τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 7.3. Οικονομοτεχνική ανάλυση του λογισμικού ΤΕΕ-KENAK

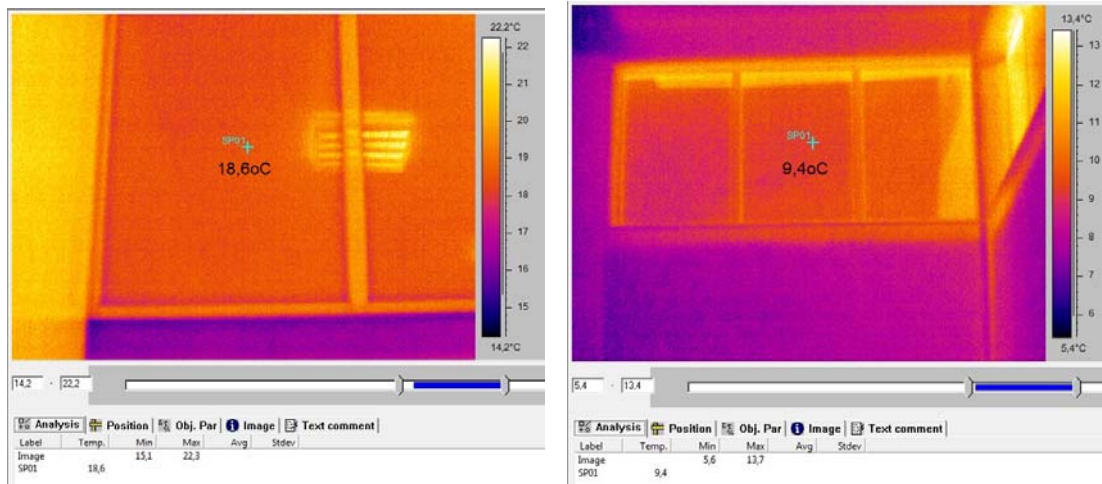
Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	19.366,7	23.886,3	19.549,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			83.431,5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			22,6
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			12,5
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,6
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			5,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			19,2

Η περίοδος αποπληρωμής με βάση τα αποτελέσματα είναι 19,2 έτη. Προφανώς η επένδυση δεν συμφέρει από οικονομικής άποψης. Από ενεργειακής άποψης επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας 22,6 kWh/m². Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει τα μέτρα που θα ληφθούν και οι επεμβάσεις που θα γίνουν να συνδυαστούν κατάλληλα ώστε αυτή η επένδυση να μπορεί να χαρακτηριστεί βιώσιμη.

7.4. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στα κουφωμάτων

Τα κουφώματα που είναι εγκατεστημένα είναι αρκετά καλά διότι έχουν συνθετικό πλαίσιο και έχουν διπλό υαλοπίνακα με 12mm διάκενο. Τα ανοίγματα αποτελούν το 20% της συνολικής επιφάνειας του κελύφους (χωρίς το δάπεδο και την οροφή). Ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι βάσει της TOTEE2010α των ανοιγμάτων αυτών είναι 3,0 W/(m²K) ενώ ο KENAK προβλέπει μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή ίση με 2,6 για την κλιματική ζώνη Δ. Με χρήση της θερμοκάμερας υπολογίστηκαν οι θερμοκρασίες επιφάνειας του υαλοπίνακα. Στην Εικόνα 7.7 φαίνονται οι θερμοφωτογραφίες των υαλοπινάκων.

Εικόνα 7.7. Θερμοφωτογραφίες ενός υαλοπίνακα. Αριστερά: Η εσωτερική θερμοκρασία επιφάνειας. Δεξιά: Η εξωτερική θερμοκρασία επιφάνειας υαλοπίνακα.



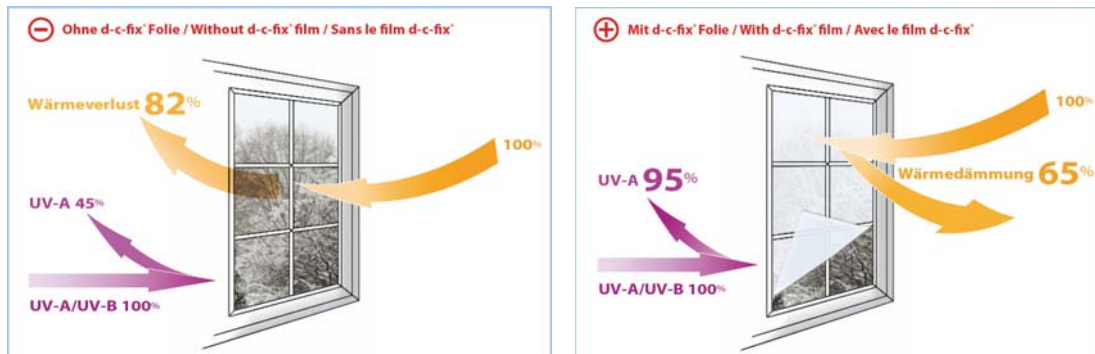
Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας $\Delta\theta$ είναι μεγάλη, κάτι που δείχνει ότι έχει μικρή θερμική αγωγιμότητα. Εφόσον τα κουφώματα είναι σχετικά καλά, η αντικατάστασή τους δεν είναι και η καλύτερη λύση επειδή εκτιμάται ότι το κόστος θα είναι πολύ μεγάλο. Γι' αυτό εξετάζεται η περίπτωση να εφαρμοστούν μεμβράνες εξοικονόμησης ενέργειας. (βλέπε Εικόνα 7.8). Σύμφωνα με τα στοιχεία της εταιρείας d-c-fix που κατασκευάζει αυτές τις μεμβράνες εκτιμάται ότι υπάρχουν λιγότερες θερμικές απώλειες από τους υαλοπίνακες της τάξεως του 65%. Στην Εικόνα 7.9 γίνεται σύγκριση μεταξύ υαλοπίνακα χωρίς μεμβράνη και υαλοπίνακα με μεμβράνη.

Εικόνα 7.8. Μεμβράνη εξοικονόμησης ενέργειας. [Πηγή: d-c-fix company]



Σημειώνεται ότι τα μόνα κουφώματα που ενδέχεται να αντικατασταθούν είναι αυτά του υπογείου τα οποία είναι σχετικά μικρής επιφάνειας αλλά παρουσιάζουν προβλήματα αεροστεγανότητας. Το κόστος αυτών εκτιμάται ότι θα κυμαίνεται στα 200 €/m².

Εικόνα 7.9. Σύγκριση κανονικού υαλοπίνακα με υαλοπίνακα καλυμμένο με την μεμβράνη εξοικονόμησης ενέργειας. Αριστερά: γυμνός υαλοπίνακας. Δεξιά: Υαλοπίνακας με μεμβράνη εξοικονόμησης ενέργειας. [Πηγή: d-c-fix company]



Η διαστάσεις της μεμβράνης 0,9 m × 2 m.

7.4.1. Κόστος επέμβασης

Το κόστος μεμβράνης (μόνο το υλικό) ανέρχεται στα 40 €/m², ενώ το κόστος ειδικών εργαλείων (όπως κοπίδι, ειδική σπάτουλα για τοποθέτηση της μεμβράνης) ανέρχεται στα 5 €. Το κόστος εργασίας εκτιμάται ότι είναι 10 €/m². Το συνολικό κόστος εκτιμάται ότι θα είναι 55 €/m².

Εικόνα 7.10. Αποτελέσματα λογισμικού TEE-KENAK για την επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας στα κουφώματα.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	19.366,7	23.886,3	22.952,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			20.399,2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			5,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			2,7
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			1,8
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			1,6
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			21,8

Η επένδυση αυτή δεν συμφέρει οικονομικά, διότι η περίοδος αποπληρωμής είναι πάνω από 20 έτη και επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μόνο 5 kWh/m². Συνεπώς απορρίπτεται αυτή η επέμβαση.

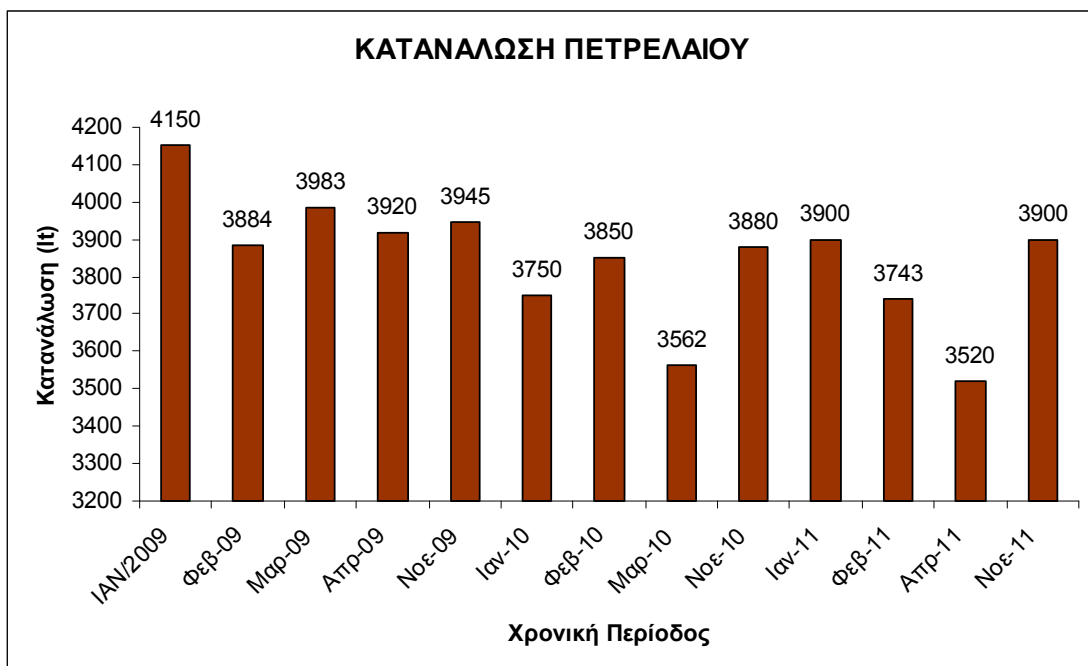
7.5. Αντικατάσταση συστήματος θέρμανσης

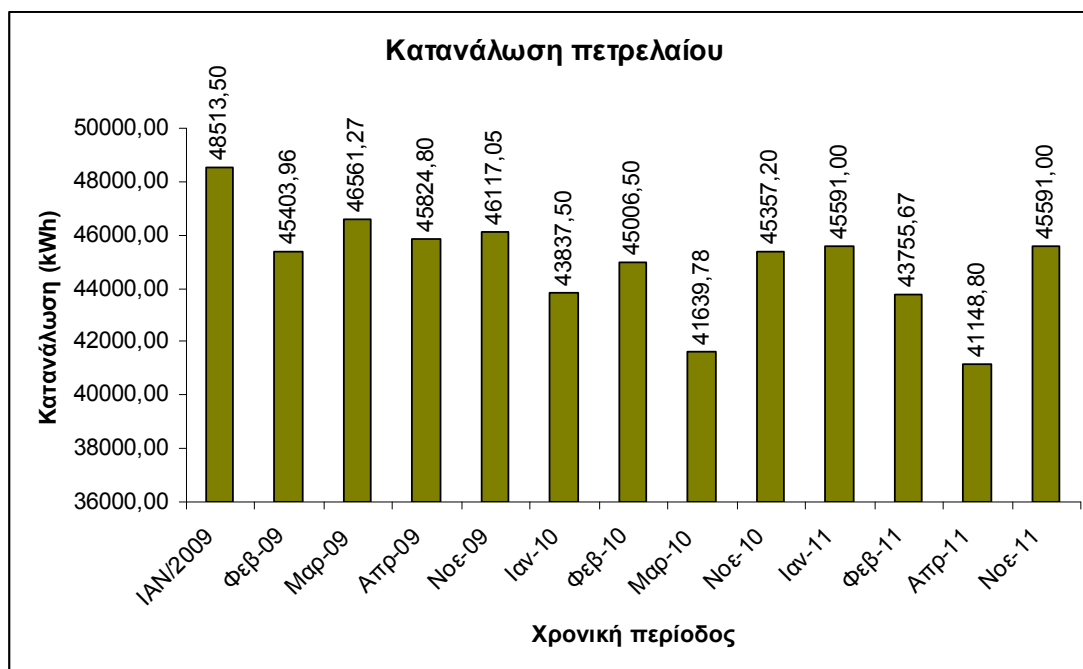
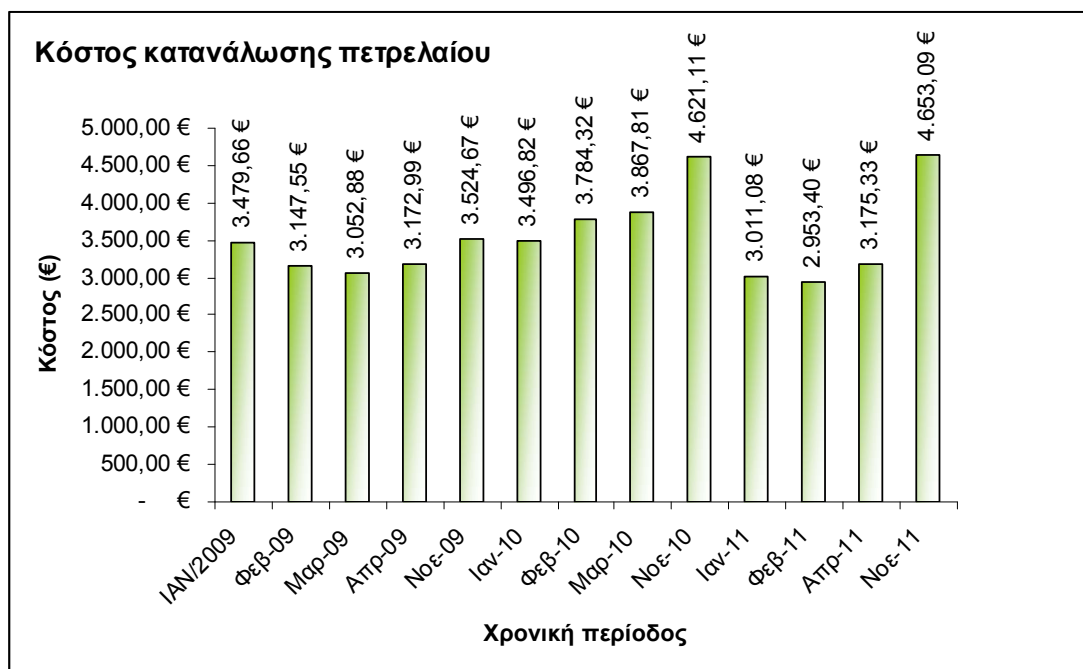
Σύμφωνα με την ενεργειακή επιθεώρηση λέβητα και του συστήματος θέρμανσης διαπιστώθηκε ότι ο λέβητας είναι υπέρδιαστασιολογημένος και επομένως η κατανάλωση του πετρελαίου είναι μεγαλύτερο. Επίσης ένα άλλο πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι τον περισσότερο χρόνο του ο λέβητας-καυστήρας λειτουργεί με μερικό φορτίο. Τα σχετικά έντυπα των επιθεωρήσεων παρατίθενται στο Παράρτημα Γ. Επομένως αναζητείται μια λύση που θα αντικαταστήσει το σύστημα καυστήρα-λέβητα πετρελαίου με ένα άλλο σύστημα πιο αποδοτικό και πιο οικονομικό.

Η Κοζάνη έχει ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα, αυτό της τηλεθέρμανσης από τους **ΑτμοΗλεκτρικούς Σταθμούς (ΑΗΣ)**. Αυτό είναι ένα στοιχείο το οποίο έχει αξιοποιηθεί και επομένως δημιουργεί ένα θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον διότι περιορίζει της εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Βέβαια έχει άλλα προβλήματα ρύπανσης που οφείλονται στους ΑΗΣ, το οποίο αξίζει ιδιαίτερη προσοχή, αλλά είναι πέραν του σκοπού αυτής της εργασίας. Για λόγους σύγκρισης και αξιολόγησης παρουσιάζονται στα επόμενα διαγράμματα η κατανάλωση ενέργειας και το κόστος πετρελαίου.

Στην Εικόνα 7.11 φαίνεται η κατανάλωση πετρελαίου σε λίτρα και σε kWh αντίστοιχα για την περίοδο 2009 έως 2011. Το κόστος κατανάλωσης πετρελαίου την περίοδο της τριετίας φαίνεται στην Εικόνα 7.12.

Εικόνα 7.11α. Κατανάλωση πετρελαίου σε lt.



Εικόνα 7.11β. Κατανάλωση πετρελαίου σε kWh.**Εικόνα 7.12.** Κόστος κατανάλωσης πετρελαίου.

Την περίοδο 2009-2011 καταναλώθηκαν συνολικά 49987 λίτρα πετρελαίου, το οποίο αντιστοιχεί σε 584.348,03 kWh. Τα συνολικά έξοδα για θέρμανση την συγκεκριμένη περίοδο ήταν 45.940,71 €.

Για την σύνδεση με το δίκτυο της τηλεθέρμανσης απαιτείται ένας θερμικός υποσταθμός καταναλωτή τηλεθέρμανσης ο οποίος έχει τα εξής τεχνικά χαρακτηριστικά:

ΕΞΑΚΜ

Τύπος: QEFL-I

Ονομαστική ισχύς: 200 Mcal/h ή 232 kW

Ονομαστική πίεση: PN16, PN25

Μέγιστη Θερμοκρασία πρωτεύοντος: 120oC

Έλεγχος: Ηλεκτρονικός

7.5.1. Περιγραφή

Ο θερμικός υποσταθμός καταναλωτή Τηλεθέρμανσης χρησιμοποιείται για σύνδεση στο δίκτυο με το έμμεσο σύστημα και για την ταυτόχρονη παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ). Διαθέτει σύστημα αυτομάτου ελέγχου και ηλεκτρονικό περιορισμό ροής για καλύτερη και πιο ομαλή λειτουργία με το δίκτυο τηλεθέρμανσης. Είναι κατάλληλος για μονοκατοικίες ή πολυκατοικίες έως και 25 διαμερίσματα [41].

7.5.2 Τιμολόγια σύνδεσης τηλεθέρμανσης

Τα τέλη Σύνδεσης υπολογίζονται με τιμολόγηση ανά τετραγωνικό μέτρο μικτής επιφάνειας και είναι ενιαία σε όλες τις ζώνες της τηλεθέρμανσης.

Σύμφωνα με την υπ' αριθμ. 51/11 Απόφαση ΔΣ της ΔΕΤΗΠ το Τέλος Σύνδεσης καθορίζεται σε 12,55 € ανά τετραγωνικό μέτρο μικτής επιφάνειας πλέον ΦΠΑ 23% (15,44 €/m² με ΦΠΑ) και ισχύει από την 1-3-2012.

Στο Τέλος Σύνδεσης των οικοδομών περιλαμβάνεται η πλήρης σύνδεση των οικοδομών για τη λειτουργία της Τηλεθέρμανσης, δηλαδή οι συνδετήριοι αγωγοί, οι αναγκαίες τροποποιήσεις των εγκαταστάσεων κεντρικής θέρμανσης και η εγκατάσταση του θερμικού υποσταθμού του κτηρίου, με όλα τα απαιτούμενα υλικά, μικροϋλικά, μονώσεις, όργανα και εξοπλισμούς μέτρησης και ρύθμισης της θερμικής ενέργειας κάθε κτηρίου. *Ειδικότερα περιλαμβάνονται:*

- Η Παροχή από τους Κεντρικούς αγωγούς ως το πεζοδρόμιο και οι Αγωγοί Διασύνδεσης από το πεζοδρόμιο ως το λεβητοστάσιο της οικοδομής με προμονωμένους αγωγούς,
- Οι Μετασκευές Λεβητοστασίων,
- Η πλήρης εγκατάσταση του Θερμικού Υποσταθμού.

Δεν περιλαμβάνονται στο Τέλος Σύνδεσης οι εργασίες πολιτικού μηχανικού, δηλαδή εκσκαφές και αποκαταστάσεις του σκάμματος, πλακοστρώσεις, επιχρίσματα, χρωματισμοί

κλπ, όταν οι συνδέσεις δεν γίνονται κατά το στάδιο κατασκευής των επεκτάσεων του δικτύου.

Πίνακας 7.4. Μέγεθος εναλλάκτη για κάθε περίπτωση εμβαδού οικοδομής (Πηγή: Δ.Ε.Υ.Α. Κοζάνης Ιανουάριος 2010)

ΜΕΣΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ (Μ2)	ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (Mcal)	ΧΡΕΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΗ (ΜΕ ΦΠΑ)	ΧΡΕΩΣΗ 4.165 ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ (ΜΕ ΦΠΑ) Μ2	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΕΩΣΗ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣ	ΧΡΕΩΣΗ ΤΥΠΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ €/Μ2
150	20	4319,70	642,75	4944,45	32,96
250	40	4831,4	1041,25	5872,65	23,49
500	60	5652,5	2082,5	7735	15,47
1000	80	6628,3	4165,00	10793,3	10,793
1300	100	7163,8	5414,5	12578,3	9,675
2000	150	7996,8	8330	16326,8	8,163
2700	200	9365,3	11245,5	20610,8	7,633
3600	250	10293,5	14994	25287,5	7,024
4500	300	11602,5	18742,5	30345	6,743
5500	360	12495	22907,5	35402,5	6,436

Σημειώνεται ότι οι χρεώσεις του Πίνακα 7.4 είναι για το έτος 2010 και επομένως δεν αντιστοιχούν στις σημερινές χρεώσεις σύνδεσης. Ο Πίνακας 7.4 χρησιμοποιείται ενδεικτικά για τον προσδιορισμό του μεγέθους του εναλλάκτη.

Το συνολικό κόστος για την εγκατάσταση και την σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης φαίνεται στον Πίνακα 7.5.

Πίνακας 7.5. Συνολικό κόστος εγκατάστασης και σύνδεσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης.

Εμβαδόν οικοδομής (m2)	Μέγεθος εναλλάκτη (Mcal)	Τέλος Σύνδεσης (από την 1/3/2012) (€)	Κόστος εγκατάστασης (€)	Κόστος εργασιών πολ. Μηχανικού (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
2331	200	15,44	35.990,64	4.000,00	40.000,00

Η απόσβεση γίνεται σε 5,4 έτη σύμφωνα με τα παρακάτω αποτελέσματα.

Οφέλη που προκύπτουν από την αντικατάσταση του λέβητα-καυστήρα με δίκτυο τηλεθέρμανσης είναι η μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και η χαμηλότερη τιμή θερμικής ενέργειας (35% του ισοδύναμου κόστους πετρελαίου).

Εικόνα 7.13. Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις για το σενάριο αλλαγής συστήματος θέρμανσης.

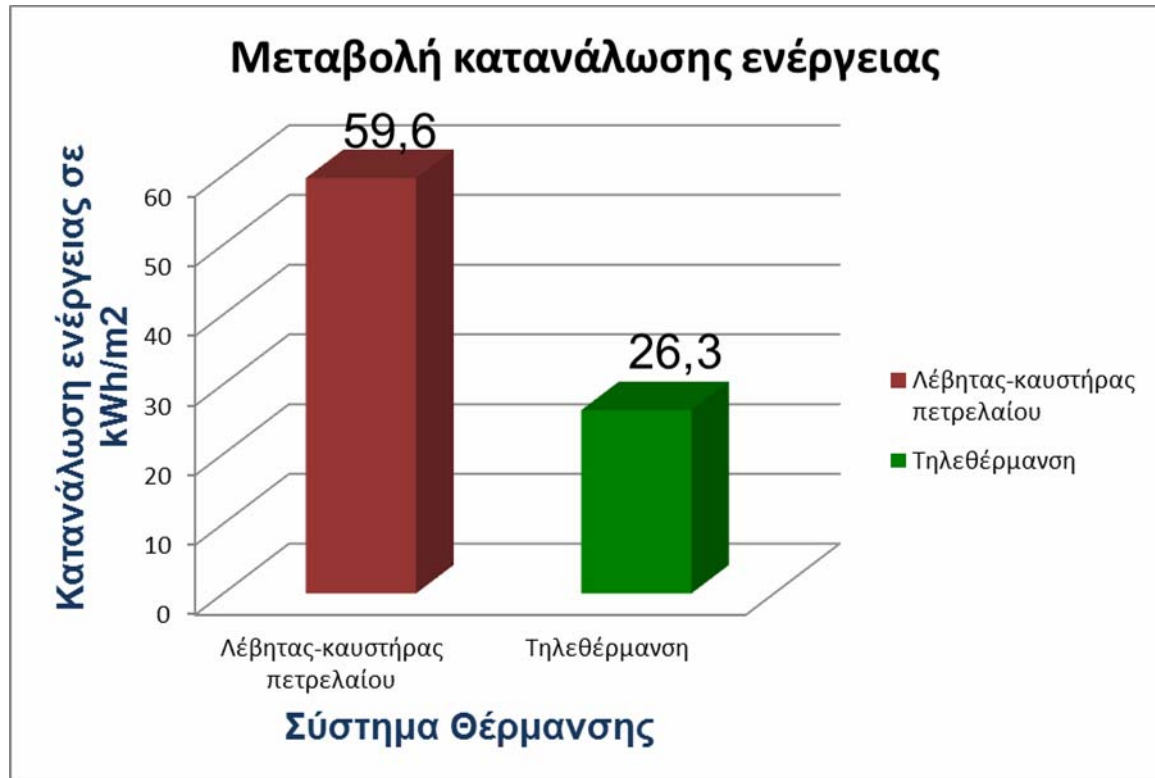
Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	6,4	4,6	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	5,4	22,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,0	1,1	1,3	11,2
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	10,4	7,6	4,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,1	8,9	36,6
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
	ZNX	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	11,4
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	2,7	26,8
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	14,5	11,5	8,5	4,7	3,7	6,9	0,0	0,0	3,5	3,9	8,0	12,9	78,2
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	47,8		47,3										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	36,3		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	78,2		47,3										

Εικόνα 7.14. Οικονομοτεχνική ανάλυση του σεναρίου σύνδεσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης (λογισμικό TEE-KENAK).

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής				
Εξοικονόμηση και κόστη		Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	19.366,7	23.886,3	16.432,7
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			39.960,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			33,3
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			18,3
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,5
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			14,1
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			5,4

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν με το λογισμικό TEE-KENAK παρατηρείται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας είναι της τάξεως του 33,3 kWh/m². Ενώ η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι 14,1 kg/m².

Εικόνα 7.15. Μεταβολή στην κατανάλωση ενέργειας μετά τη σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης.



7.6. Ανεμιστήρες Οροφής

Οι ανεμιστήρες οροφής βελτιώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης σε κλιματιζόμενους και μη χώρους, προκαλώντας την κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα με ταχύτητα 0,5 – 0,8 m/s. Σε κλιματιζόμενα κτήρια επιτρέπουν τη ρύθμιση του θερμοστάτη μιας κλιματιστικής μονάδας σε υψηλότερη θερμοκρασία (2 – 3°C), μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό. Οι συνηθισμένοι ανεμιστήρες οροφής είναι αποτελεσματικοί σε μια ακτίνα μέχρι και 1,8 m από το κέντρο του ανεμιστήρα και για ύψος εγκατάστασης 2,5 m επάνω από το δάπεδο. Για τους υπολογισμούς η μέση επιφάνεια κάλυψης του δαπέδου από έναν ανεμιστήρα οροφής λαμβάνεται ίση με 10 m².

Οι ανεμιστήρες οροφής λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς του ψυκτικού φορτίου, όταν οι ανεμιστήρες οροφής καλύπτουν τουλάχιστον το 50% της επιφάνειας του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης. Σε περίπτωση που οι ανεμιστήρες οροφής καλύπτουν πλήρως το κτήριο ή τη θερμική ζώνη, ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου γίνεται με θερμοκρασία εσωτερικού χώρου 3 °C μεγαλύτερη από την επιθυμητή θερμοκρασία σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Που για θερινή περίοδο η εσωτερική θερμοκρασία

χώρου από 26 °C γίνεται 29 °C. Σε περίπτωση μερικής κάλυψης, οι υπολογισμοί γίνονται με βάση τον Πίνακα 4.6 της ΤΟΤΕΕ 207-1/2010.

Η κατανάλωση ενέργειας των ανεμιστήρων οροφής υπολογίζεται με ισχύ 55W ανά ανεμιστήρα και χρόνο λειτουργίας ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης.

Πίνακας 4.6. Προσαύξηση θερμοκρασίας χώρου ανάλογα με το ποσοστό του κτηρίου ή της θερμικής ζώνης που καλύπτεται από ανεμιστήρες οροφής.

Ποσοστό κτηρίου ή θερμικής ζώνης [%]	Προσαύξηση θερμοκρασίας [°C]
50	0,5
60	1,0
70	1,5
80	2,0
90	2,5
100	3,0

Στο κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών εξετάζεται οι εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής στον πρώτο και δεύτερο όροφο όπου υπάρχουν κυρίως γραφεία εκτός από δύο αίθουσες και μια βιβλιοθήκη. Η συνολική επιφάνεια ενός ορόφου είναι ~ 500 m² χωρίς τους διαδρόμους που καταλαμβάνουν μια επιφάνεια ~ 60 m². Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η μέση επιφάνεια που καλύπτει ένας ανεμιστήρας οροφής είναι περίπου 10 m². Άρα για να καλυφθεί όλη η επιφάνεια θα είναι:

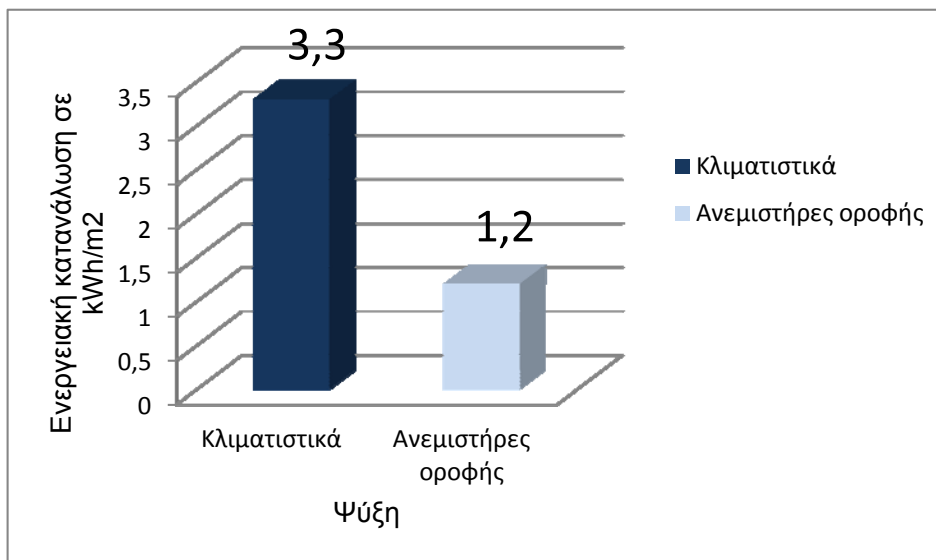
$$500 \text{ m}^2 \div 10 \text{ m}^2/\text{ανεμιστήρα} = 50 \text{ ανεμιστήρες ανά όροφο.}$$

Επομένως, θα τοποθετηθούν συνολικά 100 ανεμιστήρες στον 1^ο και 2^ο όροφο. Σύμφωνα με την ενεργειακή κατανάλωση ενέργειας για ψύξη, η περίοδος που απαιτείται ψύξη είναι ο μήνας Ιούλιος και πρώτες μέρες του Αυγούστου. Επομένως εκτιμάται ότι οι ανεμιστήρες οροφής καλύπτουν τις ανάγκες για ψύξη.

Μετά από έρευνα αγοράς που έγινε προτείνεται ο ανεμιστήρας οροφής 55W 42'' με τρία πτερύγια.

Εικόνα 7.16. Ανεμιστήρας οροφής 55W 42” 3ΦΤΕΡΑ. [Πηγή: art and light]

Η μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και η εξοικονόμηση ενέργειας φαίνεται στην Εικόνα 7.17.

Εικόνα 7.17. Μεταβολή της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη.

7.6.1. Κόστος εγκατάστασης και χρόνος απόσβεσης

Το κόστος του συγκεκριμένου τύπου ανεμιστήρα είναι 25 € ενώ εκτιμάται ότι το κόστος εργασίας τοποθέτησης ανέρχεται στα 20 €. Δηλαδή, το κόστος για την εγκατάσταση ενός ανεμιστήρα συν την εργασία είναι 45 €. Τότε, το συνολικό κόστος θα είναι:

$$\text{Αριθμός ανεμιστήρων} \times \text{κόστος εγκατάστασης} = \text{Συνολικό κόστος}$$

$$100 \text{ ανεμιστήρες} \times 45 \text{ €/ανεμιστήρα} = 4500 \text{ €}$$

Στην Εικόνα 7.18 φαίνεται η οικονομοτεχνική ανάλυση σύμφωνα με το λογισμικό TEE – KENAK.

Εικόνα 7.18. Αποτελέσματα οικονομοτεχνικής ανάλυσης του TEE-KENAK λογισμικού.

	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	19.366,7	23.886,3	22.179,0
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			4.500,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			6,2
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			3,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,3
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			6,4
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			2,6

Βάσει των αποτελεσμάτων η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης είναι μόνον 2,6 έτη. Η επένδυση συμφέρει λόγω του μικρού χρόνου απόσβεσης.

7.7. Σύστημα φωτισμού – Λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation

Για να μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος του ZEB κτηρίου ή τουλάχιστον να υπάρχει σχετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να αντικατασταθούν οι υφιστάμενοι λαμπτήρες φθορισμού με λαμπτήρες φωτοδιόδων - High Power LED 3rd Generation. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού όπως έχει υπολογιστεί στο κεφάλαιο της ενεργειακής επιθεώρησης του κτηρίου παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.6.

Πίνακας 7.6. Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού στο κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών.

	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (kW)
Θερμική Ζώνη 1 – Υπόγειο	2,15
Θερμική Ζώνη 2 – Ισόγειο	9,90
Θερμική Ζώνη 3 – 1 ^{ος} Όροφος	5,62
Θερμική Ζώνη 4 – 2 ^{ος} Όροφος	5,62
Σύνολο	23,3

7.7.1. Στάθμη Φωτισμού

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού,

που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία και/ή κόπωση.

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464-1:2002 δίνονται τα συνιστώμενα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού ανά χρήση κτηρίου [12].

Πίνακας 7.7. Συνιστώμενες στάθμες φωτισμού [Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010]

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού (lx)
Τριτοβάθμια εκπαίδευση, αίθουσα διδασκαλίας	500
Γραφείο	500

Βάσει του Κ.Εν.Α.Κ η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα φωτισμού συνυπολογίζεται μόνο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων του τριτογενούς τομέα. Για τα συστήματα φωτισμού στα κτήρια του τριτογενούς τομέα καθορίζεται στο κτήριο αναφοράς η φωτεινή δραστηριότητα του κτηρίου ή/και των θερμικών ζωνών, σε 55lm/W. Με βάση αυτόν το λόγο και τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού (Πίνακα 2.4 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010) καθορίζεται και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ηλεκτροφωτισμού [W/m^2] για το κτήριο αναφοράς ανά χρήση κτηρίου.

7.7.2. Λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation (Δίοδοι Εκπομπής Φωτός-*Light Emitting Diodes*)

Οι Δίοδοι Εκπομπής Φωτός είναι ημιαγωγοί που εκπέμπουν φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν τους παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (forward biased). Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο (*Wikipedia*). Οι λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τους λαμπτήρες φθορισμού και πυρακτώσεως.

7.7.2.1. Πλεονεκτήματα

- **Απόδοση:** Οι λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation εκπέμπουν περισσότερο φως ανά watt απ' ό,τι οι λαμπτήρες πυρακτώσεως. Η απόδοσή τους δεν επηρεάζεται από το σχήμα και το μέγεθος, σε αντίθεση από τους γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού ή τύπου βολβού.

- **Χρώμα:** Οι High Power LED 3rd Generation μπορούν να εκπέμπουν φως από ένα έντονο χρώμα χωρίς την χρήση κάποιου φίλτρου χρώματος όπως χρειάζονται οι παραδοσιακές μέθοδοι φωτισμού. Αυτό είναι πιο αποδοτικό και μπορεί να μειώσει τα αρχικά κόστη.
- **Μέγεθος:** Οι High Power LED 3rd Generation μπορεί να είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm^2) και είναι πιο εύκολα να τοποθετηθούν σε πίνακες αποτύπωσης (οθόνες High Power LED 3rd Generation).
- **Χρόνος Ενεργοποίησης/Απενεργοποίησης – On/Off time:** Οι High Power LED 3rd Generation ανάβουν πολύ γρήγορα. Ένας τυπικός κόκκινος δείκτης High Power LED 3rd Generation μπορεί να πετύχει πλήρη φωτεινότητα λιγότερο από ένα μικροsecond. Ενώ οι High Power LED 3rd Generation που χρησιμοποιούνται σε διατάξεις επικοινωνιών μπορούν να πετύχουν ακόμα πιο γρήγορους χρόνους απόκρισης.
- **Περιοδικότητα:** Οι High Power LED 3rd Generation είναι ιδανικά για χρήσεις που υπόκεινται σε συχνότητα on – off, σε αντίθεση με τους λαμπτήρες φθορίου που αστοχούν ταχύτερα όταν υπόκεινται σε συχνό άναμα/σβήσιμο, ή τους λαμπτήρες Εκφόρτισης Υψηλής Εντάσεως (HID lamps) που χρειάζονται μεγαλύτερο χρόνο για επανεκκίνηση.
- **Ψυχρό Φώς:** Εν αντιθέσει με τις περισσότερες πηγές φωτός, οι High Power LED 3rd Generation ακτινοβολούν λιγότερη θερμότητα με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας (IR) η οποία μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή υφάσματα. Η χαμένη ενέργεια διαχέεται με τη μορφή θερμότητας στην βάση του High Power LED 3rd Generation.
- **Αργή αστοχία υλικού:** Η αστοχία υλικού των High Power LED 3rd Generation επέρχεται με την μείωση της έντασης με την πάροδο του χρόνου, σε αντίθεση με την απότομη αστοχία υλικού των λαμπτήρων πυρακτώσεως.
- **Χρόνος ζωής:** Οι High Power LED 3rd Generation μπορούν να έχουν σχετικά μεγάλη διάρκεια ζωής. Μια αναφορά εκτιμάει περί 35.000 έως 50.000 ώρες ωφέλιμου χρόνου ζωής, και που ο χρόνος αυτός μπορεί να είναι μεγαλύτερος για την πλήρη αστοχία του λαμπτήρα. Οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού έχουν συνήθως χρόνο ζωής που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες, συναρτήσσει, μερικώς, των συνθηκών χρήσης, και οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που έχουν χρόνο ζωής 1.000 – 2.000 ώρες.
- **Ανθεκτικότητα σε κρούση:** Οι High Power LED 3rd Generation όντας συστατικά στερεής κατάστασης, είναι δύσκολο να πάθουν ζημιά με εξωτερική κρούση, εν

αντιθέσει με τους λαμπτήρες φθορισμού και πυρακτώσεως που είναι σχετικά εύθραυστοι.

- **Εστίαση:** Το εξωτερικό περίβλημα του λαμπτήρα High Power LED 3rd Generation μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να εστιάζει το φως του. Οι πηγές πυρακτώσεως και φθορισμού συνήθως απαιτούν εξωτερικούς ανακλαστήρες για να περισυλλέγουν το φως και να το κατευθύνουν με συγκεκριμένο τρόπο προς συγκεκριμένο σημείο [32].

7.7.2.2. Μειονεκτήματα

- **Υψηλό αρχικό κόστος:** Σήμερα, οι HIGH POWER LED 3D GENERATION είναι πιο ακριβοί όσον αφορά την τιμή ανα μονάδα φωτισμού, με βάση το αρχικό κόστος κεφαλαίου, απ' ότι οι συμβατικές τεχνολογίες φωτισμού. Καθώς το 2010, το κόστος ανα χιλιάδες lumen (kilolumen) ήταν περίπου \$18. Η τιμή αναμένεται να πέσει στα \$2/kilolumen το 2015. Η επιπρόσθετη αξία πηγάζει μερικώς από την σχετικά χαμηλή φωτεινή ροή εξόδου και απαιτούνται κύκλωμα οδήγησης και τροφοδοσία.

Προτείνεται επομένως να αντικατασταθούν οι γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού με *T8 λαμπτήρες High Power LED 3rd Generation φθορίου*. Η μέση τιμή για την φωτεινή δραστηριότητα του κάθε λαμπτήρα είναι 100 lm/W. Συνεπώς, ένας λαμπτήρας των 25 W θα έχει 2500 lm, ενώ ο λαμπτήρας των 15 W θα αποδίδει 1500 lm.

Βάσει του τύπου:

$$lux = \frac{lm}{m^2} \Rightarrow lm = lux \cdot m^2 \quad (6.1)$$

Και έχοντας βρει το συνολικό αριθμό των lux που απαιτούνται για κάθε χώρο, υπολογίζεται ο αριθμός και η ισχύς των λαμπτήρων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε χώρο σύμφωνα με τον εξής τύπο:

$$N = \frac{lm_{\text{χώρου}}}{lm_{\text{φωτιστικό}}} \quad (6.2)$$

Όπου N ο αριθμός των λαμπτήρων που θα χρησιμοποιηθούν.

Στους Πίνακες 7.8 και 7.9 παρουσιάζονται τα δεδομένα των υφιστάμενων εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορίου και όλα τα απαραίτητα στοιχεία των λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation που πρόκειται να εγκατασταθούν.

Πίνακας 7.8α. Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορίου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΟΥ						
ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΟΥ						
Α/Α ΑΙΘΟΥΣΑΣ	(1) ΕΜΒΑΔΟΝ (m²)	(2) ΣΤΑΘΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	(3)=(1)*(2) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ Im_{χώρου} = lux*m²	(4) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ (W)	(5) ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	(6)=(4)*(5) ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)
ΥΠΟΓΕΙΟ						
Εργαστήρια	211	500	105500	36	47	1692
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	88	500	44000	18	20	360
ΙΣΟΓΕΙΟ						
Αίθουσα 1 (αμφιθεατρον)	135	500	67500	58	36	2088
Αίθουσα 2	65	500	32500	58	16	928
Αίθουσα 3	51	500	25500	58	12	696
Αίθουσα 4	72	500	36000	58	18	1044
Αίθουσα 5	57	500	28500	58	30	1740
Αίθουσα 6	50	500	25000	58	12	696
Αίθουσα 7	56	500	28000	58	16	928
Κοινόχρηστοι χώροι	10	200	2000	26	9	234
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	235	500	117500	58	12	696
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	235	500	117500	18	24	432

Πίνακας 7.8β. Χαρακτηριστικά εγκατεστημένων λαμπτήρων φθορίου.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΟΥ						
ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΟΥ						
A/A ΑΙΘΟΥΣΑΣ	(1) ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	(2) ΣΤΑΘΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	(3)=(1)*(2) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ $Im_{\chi\acute{\omega}\rho\omicron\upsilon} = lux * m^2$	(4) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ (W)	(5) ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ	(6)=(4)*(5) ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)
1ος ΟΡΟΦΟΣ						
101 (Γραμματεία)	76	500	38000	18	40	720
102	80	500	40000	18	32	576
103	30	500	15000	18	16	288
104	45	500	22250	18	32	576
105	30	500	15000	18	20	360
106	43	500	21500	18	28	504
107	33	500	16500	18	24	432
108	52	500	26000	18	30	540
109	84	500	42000	18	40	720
109	84	500	42000	58	6	348
2ος ΟΡΟΦΟΣ						
201	76	500	38000	18	40	720
202	80	500	40000	18	32	576
203	30	500	15000	18	16	288
204	45	500	22500	18	32	576
205	30	500	15000	18	20	360
206	43	500	21500	18	28	504
207	33	500	16500	18	24	432
208	52	500	26000	18	30	540
209	43	500	21500	18	22	396
210	46	500	23000	18	22	396

Πίνακας 7.9α. Διαστασιολόγηση – Εγκατάσταση λαμπτήρων HIGH POWER LED 3rd GENERATION.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ HIGH POWER LED 3rd GENERATION									
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ HIGH POWER LED 3rd GENERATION TUBE/ΦΘΟΡΙΟΥ									
Α/Α ΑΙΘΟΥΣΑΣ	(1) ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	(2) ΣΤΑΘΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	(3)=(1)*(2) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ Im _{χώρου} = lux*m ²	(7) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ HIGH POWER LED 3rd GENERATION TUBE ΛΑΜΠΤΗΡΑ (W)	(8) ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ HIGH POWER LED 3rd GENERATION (lm/W)	(9)=(7)*(8) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ HIGH POWER LED 3rd GENERATION ΛΑΜΠΤΗΡΑ (lm _{HIGH POWER LED 3D GENERATION})	(10)=(3)/(9) ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ N=Im _{χώρου} /Im _{HIGH POWER LED 3D GENERATION}	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΟΣΤΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ (€)
ΥΠΟΓΕΙΟ									
Εργαστήρια	211	500	105500	15	100	1500	70	1055	55
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	88	500	44000	8	100	800	55	440	30
ΙΣΟΓΕΙΟ									
Αίθουσα 1 (αμφιθεατρον)	135	500	67500	25	100	2500	27	675	70
Αίθουσα 2	65	500	32500	25	100	2500	13	325	70
Αίθουσα 3	51	500	25500	25	100	2500	10	255	70
Αίθουσα 4	72	500	36000	25	100	2500	14	360	70
Αίθουσα 5	57	500	28500	25	100	2500	11	285	70
Αίθουσα 6	50	500	25000	25	100	2500	10	250	70
Αίθουσα 7	56	500	28000	25	100	2500	11	280	70
Κοινόχρηστοι χώροι	10	200	2000	3	100	300	7	20	12
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	235	500	117500	25	100	2500	47	1175	70
Κοινόχρηστοι χώροι/Διάδρομοι	235	500	117500	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 7.9β. Διαστασιολόγηση – Εγκατάσταση λαμπτήρων HIGH POWER LED 3D GENERATION.

ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ HIGH POWER LED 3D GENERATION									
ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ HIGH POWER LED 3D GENERATION TUBE ΦΘΟΡΙΟΥ									
A/A ΛΙΘΟΥΣΑΣ	(1) ΕΜΒΑΔΟΝ (m ²)	(2) ΣΤΑΘΜΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (lux)	(3)=(1)*(2) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ Im _{χώρου} = lux*m ²	(7) ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ HIGH POWER LED 3rd GENERATION TUBE ΛΑΜΠΤΗΡΑ (W)	(8) ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ HIGH POWER LED 3rd GENERATION (lm/W)	(9)=(7)*(8) ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ HIGH POWER LED 3rd GENERATION ΛΑΜΠΤΗΡΑ (Im _{HIGH POWER LED} 3rd GENERATION)	(10)=(3)/(9) ΑΡΙΘΜΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ N=Im _{χώρου} /Im _{HIGH} POWER LED 3D GENERATION	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (W)	ΚΟΣΤΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ (€)
1ος ΟΡΟΦΟΣ									
101 (Γραμματεία)	76	500	38000	8	100	800	48	380	30
102	80	500	40000	8	100	800	50	400	30
103	30	500	15000	8	100	800	19	150	30
104	45	500	22250	8	100	800	28	223	30
105	30	500	15000	8	100	800	19	150	30
106	43	500	21500	8	100	800	27	215	30
107	33	500	16500	8	100	800	21	165	30
108	52	500	26000	8	100	800	33	260	30
109	84	500	42000	8	100	800	53	420	30
109	84	500	42000	-	-	-	-	-	-
2ος ΟΡΟΦΟΣ									
201	76	500	38000	8	100	800	48	380	30
202	80	500	40000	8	100	800	50	400	30
203	30	500	15000	8	100	800	19	150	30
204	45	500	22500	8	100	800	28	225	30

205	30	500	15000	8	100	800	19	150	30
206	43	500	21500	8	100	800	27	215	30
207	33	500	16500	8	100	800	21	165	30
208	52	500	26000	8	100	800	33	260	30
209	43	500	21500	8	100	800	27	215	30
210	46	500	23000	8	100	800	29	230	30

Πίνακας 7.10. Οικονομοτεχνική ανάλυση και χρόνος απόβσεσης.[Πηγή: Marex solutions]

ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ ΜΕ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΛΑΙΩΝ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΜΕ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ LED											
Πόσες ώρες είναι τα φώτα σας σε λειτουργία ημερησίως?	8	Ετήσιο κόστος χρήσης παλαιού λαμπτήρα	5.588,64 €	Το ετήσιο κέρδος	4.380,24 €						
Πόσες μέρες τον χρόνο είναι τα φώτα σε λειτουργία ?	200	Ετήσιο κόστος χρήσης του LED	1.208,40 €	Χρόνος ζωής LED tube: *20K hrs)	12,50						
Πόσο πληρώνετε την κυλοβατάρα ?	0,120 €	Εκτιμώμενο κόστος τοποθέτησης	1.716,00 €	Εξοικονόμηση στον χρόνο ζωής	54.753,00 €						
Πόσους λαμπτήρες έχετε?	870	Συνολικό κόστος με τοποθέτηση**	36.924,00 €								
<p>Συνολικά ετήσια έξοδα παλαιού λαμπτήρα Vs. LED</p>						<p>Ποσοστό Κέρδους</p> <p>78,38%</p>			<p>Χρόνος Απόσβεσης (έτη)</p> <p>8,43</p>		
	Πόσους προβολείς χρειάζεσθε ? ΚΕΝΟ ΟΠΟΥ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΤΑΙ	WATT υπάρχοντος λαμπτήρα ? (W)	Σωστά Watt των LED (W)	Τιμή του λαμπτήρα LED (€)	Μέγεθος	Τύπος	Κόστος LED	Ημερήσιο κόστος με παλιούς προβολείς	Ημερήσιο κόστος με LED tube	Ετήσιο κόστος με γραμμικούς λαμπτήρες φθορισμού	Ετήσιο κόστος με LED tube
10	42	10	3	10,00 €		LED	420,00 €	0,40	0,12	80,64	24,19
18	649	18	8	30,00 €		LED	19.470,00 €	11,21	4,98	2.242,94	996,86
26	9	26	3	12,00 €		LED	108,00 €	0,22	0,03	44,93	5,18
36	70	36	15	55,00 €		LED	3.850,00 €	2,42	1,01	483,84	201,60
58	148	58	25	70,00 €		LED	10.360,00 €	8,24	3,55	1.648,13	710,40
0	100		3	10,00 €		LED	1.000,00 €	0,00	0,29	0,00	57,60
Συνολική Δαπάνη							35.208,00 €	22,50	9,98	4.500,48	1.995,84

**Εργατικό κόστος για την τοποθέτηση των λαμπτήρων LED από ειδικευμένο Ηλεκτρολόγο Εγκαταστάστη

Συνεπώς με την αντικατάσταση των λαμπτήρων η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του κτηρίου θα είναι $P = 9873 \text{ W}$.

Δηλαδή η συνολική εγκατεστημένη ισχύς μειώνεται κατά $21386 - 9873 = 11513 \text{ W}$, σχεδόν 54%.

Σύμφωνα με το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό μειώνεται από $26,8 \text{ kWh/m}^2$ σε $11,4 \text{ kWh/m}^2$. Ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος απόσβεσης είναι 8,4 έτη (Πίνακας 7.10) πράγμα που καθιστά την επένδυση βιώσιμη.

Η χρήση αυτοματισμών φωτισμού συνεισφέρει επίσης στην εξοικονόμηση ενέργειας [11].

Στις Εικόνες 7.19-7.21 παρουσιάζονται εφαρμογές των λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation και ο σχεδιασμός των High Power LED 3rd Generation TUBE.

Εικόνα 7.19. Χρήση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation σε γραφείο. [Πηγή: best High Power LED 3rd Generation tube]



Εικόνα 7.20. Λαμπτήρες φωτοδιόδων – High Power LED 3rd Generation. [Πηγή: alibaba, LED light up your life]



Εικόνα 7.21. Χρήση λαμπτήρων High Power LED 3rd Generation σε αίθουσα Πανεπιστημίου. [Πηγή: todays facility manager]



7.8. Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίου (Building Energy Management System-BEMS)

Σημαντικό μέτρο βελτίωσης στην εξοικονόμηση ενέργειας, είναι η εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτηρίου (Building Energy Management System - BEMS). Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος έχει σκοπό την επιτήρηση ή/και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων ενός

κτηρίου, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων όλων των εγκαταστάσεων από ένα σταθμό ελέγχου. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρακολούθηση και καταγραφή της ενεργειακής συμπεριφοράς των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα στο κτήριο, καθώς και η δημιουργία αρχείου με στατιστικά στοιχεία [36].

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

- Παθητικά συστήματα (αίθρια, αερισμός κλπ.)
- Εγκατάσταση φωτισμού
- Συστήματα δροσισμού
- Ηλεκτρικές καταναλώσεις
- Ποιότητα αέρα
- Εγκαταστάσεις ασφαλείας

Το σύστημα αποτελείται από ένα Κεντρικό Σταθμό Παρακολούθησης και Ελέγχου, τα αισθητήρια όργανα, τις συσκευές εκτέλεσης εντολών, καθώς και τις συνδετήριες καλωδιώσεις. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός του συστήματος γίνεται μέσω του κεντρικού σταθμού ελέγχου [36].

Εκτός από την κεντρική διάταξη αυτομάτου ελέγχου, η οποία εφαρμόζεται για τον ολοκληρωτικό έλεγχο μιας εγκατάστασης θέρμανσης/ψύξης/φωτισμού χώρων, η TOTEE αναφέρεται και σε τοπικές διατάξεις ελέγχου, από τις οποίες οι κυριότερες είναι:

- Ρυθμιστής στροφών για αντλίες (inverter)
- Θερμοστατική βάνα για σώματα καλοριφέρ
- Αισθητήρας παρουσίας για φωτιστικά

Η χρήση διατάξεων ελέγχου επιφέρει σημαντική μείωση στην καταναλισκόμενη ενέργεια [11],[12].

Για την επίτευξη σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη όλοι οι διαθέσιμοι μηχανισμοί ελέγχου, με σκοπό την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας [12].

7.8.1. Πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης

Ένα δομημένο πρόγραμμα Ενεργειακής Διαχείρισης (Ε.Δ.) ενός κτηρίου ή συγκροτήματος κτηρίων πρέπει να περιλαμβάνει:

- ✓ Εκτεταμένους ελέγχους, καταγραφές και μετρήσεις στο κέλυφος και τις ενεργειακές κτηριακές εγκαταστάσεις, που αποσκοπούν στη γνώση του ποσού, των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης και καταλήγουν στον προσδιορισμό δόκιμων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.
- ✓ Προσδιορισμό κατάλληλων στόχων ενεργειακής κατανάλωσης
- ✓ Μελέτες τεχνοοικονομικής σκοπιμότητας για την εφαρμογή συγκεκριμένων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα διερευνάται η επιλογή νέων ενεργειακών τεχνολογιών (π.χ. συμπαραγωγή με χρήση φυσικού αερίου, κεντρικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου και ενεργειακής διαχείρισης, νέες τεχνολογίες αξιοποίησης δυναμικού Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κ.α.)
- ✓ Δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων και συνεχής ενημέρωσή του.
- ✓ Σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων – αναφορών, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς τον φορέα διοίκησης – διαχείρισης
- ✓ Έλεγχο της εφαρμογής ενός προγράμματος ορθολογικής λειτουργίας και συντήρησης των κτηριακών ενεργειακών εγκαταστάσεων (θέρμανσης, κλιματισμού, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης) και συσκευών.
- ✓ Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του χρήστη του κτηρίου σχετικά με τους στόχους του προγράμματος Ε.Δ. και σχετικά με την συμμετοχή του σε αυτό.
- ✓ Εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού και συνεργατών που εμπλέκονται στη λειτουργία και τη συντήρηση του κτηρίου και των εγκαταστάσεων του.
- ✓ Διαδικασίες εξεύρεσης τρόπων χρηματοδότησης ενεργειακών έργων.
- ✓ Επίβλεψη κατασκευής ενεργειακών εφαρμογών και συνεχής παρακολούθηση της απόδοσής τους μετά την κατασκευή με σκοπό την αξιολόγηση της ωφελιμότητάς τους [36].

7.8.2. Ενεργειακή συμπεριφορά του χρήστη

Η συμπεριφορά του χρήστη, κατοίκου ή εργαζόμενου ενός κτηρίου είναι ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας οποιουδήποτε προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης. Ο χρήστης συχνά καθορίζει το προφίλ της ενεργειακής κατανάλωσης και είναι εκείνος που τελικά θα επιβεβαιώσει με τον καθημερινό τρόπο ζωής και δράσης του τις προβλέψεις των οποίων μελετών για εξοικονόμηση ενέργειας από την εφαρμογή μέτρων νοικοκυρέματος ή ριζικής επέμβασης στο κέλυφος και τις εγκαταστάσεις.

Ιδιαίτερη σημασία στην εξοικονόμηση ενέργειας η οποία μπορεί να επιτευχθεί σε ένα κτήριο, έχει η ενεργειακή συμπεριφορά του χρήστη. Από την μη ορθολογική

χρήση του κτηρίου και των συστημάτων του, μπορεί να μειωθεί σημαντικά η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου.

Εάν, για παράδειγμα, ένα νότιο παράθυρο καλυφθεί από εξωτερικό σκίαστρο ή κουρτίνα, δεν θα αποδώσει ικανοποιητικά ως ηλιακό σύστημα.

Αντίστοιχα, εάν, κατά τη διάρκεια των θερμών ημερών το καλοκαίρι, δεν ανοίγονται παράθυρα ή φεγγίτες για νυχτερινό αερισμό, αλλά το κτήριο αερίζεται κατά τη διάρκεια των θερμών ωρών της ημέρας, ή αν τα παράθυρα δεν σκιάζονται επαρκώς, θα υπάρχει συσσώρευση θερμότητας και υπερθέρμανσης στο κτήριο.

Εάν, πάλι, το χειμώνα το κτήριο αερίζεται υπερβολικά ή υπάρχει σημαντική διαφυγή αέρα από τις χαραμάδες, το κτήριο θα απαιτεί πολύ περισσότερη ενέργεια για να θερμανθεί. Τέλος, αν, χρησιμοποιούνται αλόγιστα οι ηλεκτρικές συσκευές ή αντί για τη χρήση ανεμιστήρων οροφής προτιμάται η χρήση των κλιματιστικών, θα υπερκαταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια, με όλες τις οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες. Ο χρήστης αντιλαμβάνεται το όποιο πρόβλημα που σχετίζεται με την χρήση της ενέργειας μόνο μετά την εμφάνιση δυσλειτουργιών των εγκαταστάσεων και βλαβών τοπικού εξοπλισμού, την αίσθηση αδικαιολόγητου ψύχους, ζέστης και κακού φωτισμού και τη μη λειτουργία συσκευών.

Εργαζόμενοι και κάτοικοι σε ένα κτήριο, συνήθως αδρανούν στο να αντιμετωπίσουν ορθολογικά ή και να προλάβουν την αιτία τέτοιων προβλημάτων, έχοντας κατά κανόνα στραμμένη την προσοχή τους σε παραγωγικές εργασίες. Άλλες φορές οι «διορθωτικές» ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι χρήστες προσπαθώντας να βελτιώσουν την θερμική και οπτική άνεση⁶, έχουν ενεργειακά αρνητικότερο από πριν αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, συχνά σε περιπτώσεις χειμερινής ή θερινής υπερθέρμανσης, ανοίγονται τα παράθυρα παράλληλα με τη λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης ή κάποιας κλιματιστικής μονάδας. Επίσης δεν ανοίγονται υπάρχουσες διατάξεις σκίασης (κουρτίνες, στόρια) ώστε να διευκολυνθεί η είσοδος φυσικού φωτός σε ηλιόλουστες χειμερινές μέρες, με αποτέλεσμα την υπερβολική χρήση του ηλεκτροφωτισμού.

Σε κτήρια του τριτογενή τομέα (γραφεία, εμπορικά, ξενοδοχεία, κ.λπ.), συχνά η αποδοτική λειτουργία των ενεργειακών συστημάτων απαιτεί εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου και αυτοματισμού, καθώς είναι δυσχερής η συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων.

Μια τελευταία παράμετρος για εξασφάλιση της βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων και για τη μείωση των προβλημάτων, που συνήθως δημιουργούνται με το χρόνο και τη χρήση των συστημάτων, αποτελεί η τακτική συντήρηση του κτηρίου

⁶ Οι μέθοδοι καθορισμού της άνεσης είναι υποκειμενικοί και εξαρτώνται από τον τρόπο που αντιλαμβάνεται ο χρήστης την άνεση.

και των συστημάτων του. Ο ρόλος του ιδιοκτήτη του κτηρίου σε αυτό είναι καθοριστικός και εξαρτάται κατά πολύ από την ενεργειακή του συνείδηση [36].

Στο κτήριο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών δεν υπάρχει διάταξη κεντρικού ελέγχου. Για την μείωση της απαιτούμενης ενέργειας, προτείνεται να εγκατασταθεί κεντρική διάταξη ελέγχου BEMS. Εγκαθιστώντας αυτού του είδους σύστημα μεταβάλλεται η κατηγορία διατάξεων ελέγχου & αυτοματισμών όπως ορίζει η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. Χαρακτηρίζεται ως Κατηγορία Α το οποίο καλύπτει πλήρως τις Η/Μ εγκαταστάσεις. Με αυτό το τρόπο εξοικονομείται ένα σημαντικό ποσοστό ενέργειας. Εκτιμάται ότι καταναλώνεται περίπου 20% λιγότερη ενέργεια με το Σύστημα BEMS.

Η αγορά και το κόστος εγκατάστασης ενός ολοκληρωμένου συστήματος BEMS που ελέγχει Η/Μ εγκαταστάσεις, φωτισμό εκτιμάται στα 22.000 €.

7.9. Ηλιακοί συλλέκτες κενού

Αναζητώντας επεμβάσεις με τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας εξετάστηκε και η δυνατότητα τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών στη νότια πρόσοψη του κτηρίου. Οι ηλιακοί συλλέκτες θα τοποθετούνταν για την παραγωγή θερμότητας για την υποστήριξη του συστήματος θέρμανσης. Ωστόσο, αποδείχτηκε ότι στην περίπτωση του κτηρίου Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών αυτή η εγκατάσταση δεν είναι βιώσιμη οικονομικά και ενεργειακά. Σύμφωνα με πληροφορίες της εταιρείας HELIONAL που δραστηριοποιείται στον χώρο των ηλιακών συλλεκτών για να υπάρχει υψηλό ποσοστό κάλυψης από τους συλλέκτες θα πρέπει να υπάρχει ενδοδαπέδια θέρμανση. Ο λόγος είναι ότι η ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες της τάξεως 45 – 35 °C [10], θερμοκρασίες που μπορούν να επιτευχθούν με ηλιακούς συλλέκτες. Σε αντίθεση με τα συμβατικά θερμικά σώματα και σύστημα θέρμανσης που απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες 60-90 °C, οι συλλέκτες δεν μπορούν να φτάσουν αυτές τις θερμοκρασίες. Και το ποσοστό κάλυψης που μπορεί να επιτευχθεί είναι μόνο 10%.

Όσον αφορά την απαιτούμενη επιφάνεια, η διαθέσιμη επιφάνεια του υπο εξέταση κτηρίου καλύπτει μόνο ένα ελάχιστο ποσοστό. Εμπειρικά η αναλογία επιφάνειας συλλεκτών προς θερμαινόμενη επιφάνεια κτηρίου είναι 1/10, δηλαδή για να θερμανθεί μια επιφάνεια 300 m² θα χρειαστεί μια επιφάνεια 30 m² ηλιακών συλλεκτών.

Στην περίπτωση του κτηρίου TMM η θερμαινόμενη επιφάνεια είναι ίση με 2300 m². Άρα θα χρειαζόταν περίπου 230 m² συλλεκτών κάτι που αποτρέπει την χρήση των ηλιακών συλλεκτών λόγω περιορισμένης επιφάνειας.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι το καλοκαίρι θα υπάρχει υπερθέρμανση των ηλιακών συλλεκτών και θα πρέπει να καλύπτονται με κάποιο τρόπο ή/και η περίσσεια θερμότητα να αποβάλλεται με κάποιον τρόπο, κάτι το οποίο πρακτικά είναι δύσκολο. Τον χειμώνα, η περίοδος που υπάρχει ζήτηση ενέργειας για θέρμανση η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι αρκετή ώστε να αξιοποιηθεί για θέρμανση χώρων.

7.10. Γκρίζο νερό

7.10.1. Βασικές έννοιες

Ως γκρίζο νερό λογίζονται όλα τα απόνερα του κτηρίου, εκτός εκείνων της τουαλέτας.

Τα απόνερα από το πλύσιμο πιάτων, ντους, νεροχύτες και το νερό πλυντηρίου αποτελούν το 50-80% των οικιακών λυμάτων. Τα απόνερα αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς ιδίως για πότισμα των κήπων.

Η χρήση του γκρίζου νερού, αντίθετα από πολλές προσωρινές οικολογικές λύσεις, είναι ένα κομμάτι της θεμελιώδους λύσης για πολλά οικολογικά προβλήματα και πιθανόν να παραμείνει αμετάβλητη στο απώτερο μέλλον.

Τα οφέλη της ανακύκλωσης του γκρίζου νερού περιλαμβάνουν:

- Λιγότερη χρήση νερού από το δίκτυο ή τις γεωτρήσεις
- Λιγότερη καταπόνηση στην αστοχία σηπτικών δεξαμενών ή μονάδων επεξεργασίας
- Λιγότερη χρήση ενέργειας και χημικών προϊόντων
- Αναπλήρωση υπογείων υδάτων
- Ανάπτυξη φυτών
- Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών που ούτως ή άλλως αποβάλλονταν
- Ευαισθητοποίηση και συνειδητοποίηση των φυσικών κύκλων

Βασικά στοιχεία για την εξοικονόμηση του νερού χρήσης αποτελούν η συλλογή των όμβριων υδάτων, η διαχείριση απορροής.

Παγκοσμίως, η επαναχρησιμοποίηση νερού αυξάνεται συνεχώς. Για παράδειγμα υπάρχουν οκτώ εκατομμύρια συστήματα επαναχρησιμοποίησης νερού στις ΗΠΑ με είκοσι δύο εκατομμύρια χρήστες. Μέσα σε εξήντα χρόνια, χρησιμοποίησαν περίπου ένα δισεκατομμύριο χρήστες ανακυκλώμενο νερό χωρίς έχει καταγραφεί καμία περίπτωση μετάδοσης μόλυνσης)

7.10.2. Τα οφέλη της ανακύκλωσης του γκρίζου νερού

- *Λιγότερη χρήση νερού από το δίκτυο πόλης*

Το γκρίζο νερό μπορεί να αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις το νερό του δικτύου, εξοικονομώντας χρήματα και αυξάνοντας την αποδοτικότητα της τροφοδοσίας νερού σε περιοχές όπου χρειάζεται άρδευση. Η χρήση του οικιακού νερού διαχωρίζεται σχεδόν ισομερώς μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού. Όλα σχεδόν τα νερά, εκτός εκείνου της τουαλέτας, μπορούν να ανακυκλωθούν.

- *Λιγότερη καταπόνηση στη σηπτική δεξαμενή ή μονάδα επεξεργασίας*

Η χρήση του γκρίζου νερού σε μεγάλο βαθμό επιμηκύνει το χρήσιμο χρόνο ζωής και χωρητικότητα των σηπτικών συστημάτων. Για δημοτικά συστήματα επεξεργασίας, μειωμένες ροές λυμάτων σημαίνει υψηλότερη αποδοτικότητα επεξεργασίας και χαμηλότερα κόστη.

- *Υψηλά αποδοτικός καθαρισμός*

Το γκρίζο νερό καθαρίζεται σε εκπληκτικά υψηλό βαθμό στο πάνω τμήμα του εδάφους όπου το χώμα είναι βιολογικά πιο ενεργό. Αυτό προστατεύει την ποιότητα την φυσικής επιφάνειας και των υπογείων υδάτων.

- *Τοποθεσία ακατάλληλη για σηπτική δεξαμενή*

Για περιοχές με αργή διήθηση του εδάφους ή άλλα προβλήματα, ένα σύστημα γκρίζου νερού μπορεί να είναι μερικό ή πλήρως αντικατάστατο ενός πολύ δαπανηρού, πολύπλοκου μηχανικά συστήματος.

- *Λιγότερη ενέργεια και χημική χρήση*

Χρησιμοποιείται λιγότερη ενέργεια και χημικά λόγω της μειωμένης ποσότητας γλυκού νερού και των λυμάτων τα οποία χρειάζονται άντληση και επεξεργασία. Για αυτούς που παράγουν, οι ίδιοι, ηλεκτρική ενέργεια και νερό, το πλεονέκτημα του μειωμένου

φορτίου στην υποδομή γίνεται αισθητό αμέσως. Επιπλέον, η επεξεργασία των λυμάτων στο έδαφος κάτω από τα καρποφόρα δένδρα σίγουρα ενθαρρύνει τους ιδιοκτήτες να απορρίπτουν λιγότερα τοξικά χημικά κάτω στον υπόνομο.

- *Αναπλήρωση υπογείων υδάτων*

Η εφαρμογή γκρίζου νερού που υπερκαλύπτει τις ανάγκες των φυτών αναπληρώνει τα υπόγεια ύδατα.

- *Ανάπτυξη φυτών*

Το γκρίζο νερό επιτρέπει το τοπίο να ανθεί όπου το νερό σε άλλες περιπτώσεις δεν είναι διαθέσιμο για την στήριξη καλής ανάπτυξης των φυτών.

- *Ανάκτηση θρεπτικών συστατικών που ούτως ή άλλως αποβάλλονται*

Τα θρεπτικά συστατικά που χάνονται με την απόρριψη των λυμάτων στα ποτάμια ή ωκεανούς είναι μια λεπτή αλλά πολύ σημαντική μορφή διάβρωσης. Ανακτώντας θρεπτικά συστατικά από το γκρίζο νερό βοηθάει να διατηρείται η γονιμότητα του εδάφους.

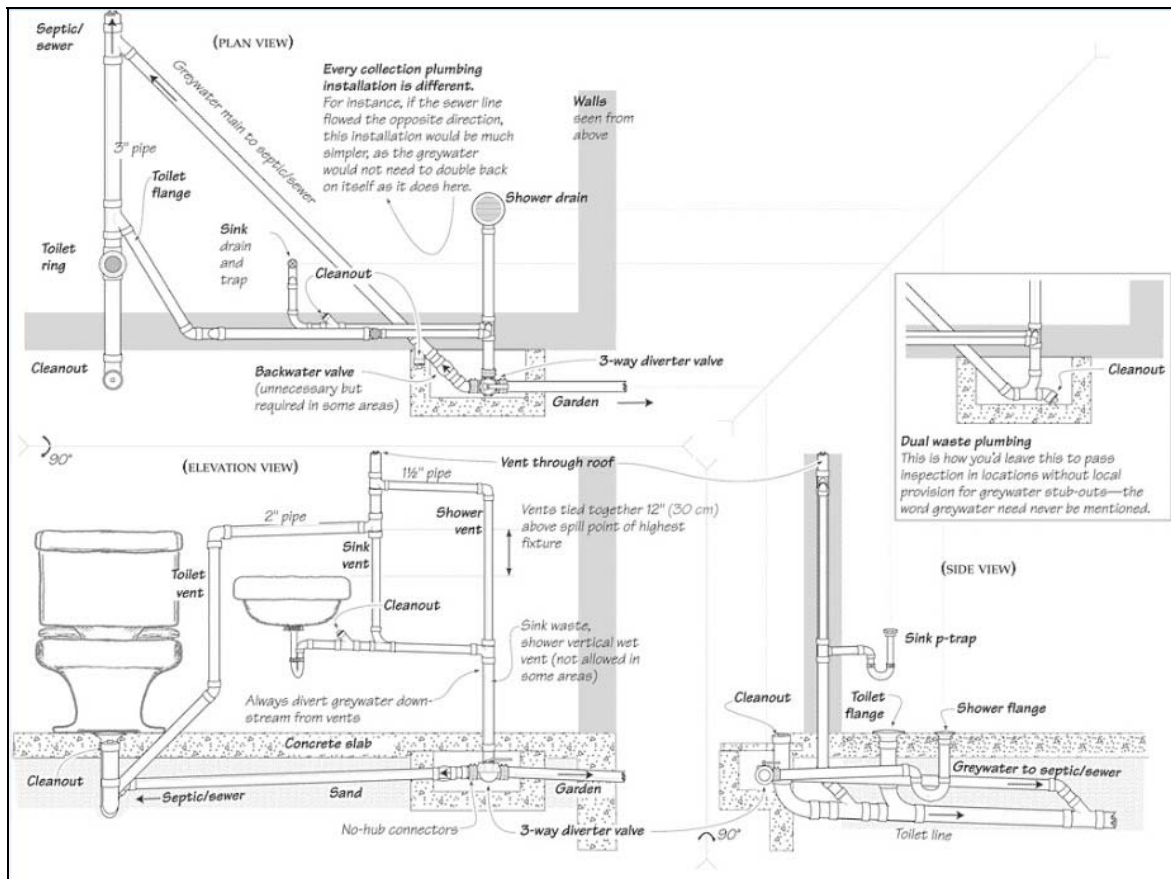
- *Ευαισθητοποίηση και συνειδητοποίηση των φυσικών κύκλων*

Η χρήση του γκρίζου δημιουργεί αίσθηση ικανοποίησης και υπευθυνότητας για την αξιοποίηση μιας σημαντικής πηγής.

7.10.3. Επιλογή συστήματος

Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι είναι αδύνατο να κατασκευαστεί ένα σύστημα γκρίζου νερού το οποίο να είναι ταυτόχρονα φθηνό, οικολογικό, εύκολο στην χρήση, νόμιμο και αποδοτικό. Ωστόσο, θυσιάζοντας κάποιες από αυτές τις παραμέτρους, οι άλλες μπορούν να υλοποιηθούν. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από πιθανούς συνδυασμούς πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων, ένα ή περισσότερα εκ των οποίων πιθανώς να ταιριάζουν για την συγκεκριμένη περίπτωση. Το σημαντικό είναι να προσδιοριστεί η καλύτερη επιλογή για την ιδιαίτερη περίπτωση ώστε να κατασκευαστεί το βέλτιστο.

Εικόνα 7.23. Παράδειγμα ενός υδραυλικού συστήματος διπλής συλλογής λυμάτων για νέα πλάκα.



7.10.4. Περι επαναχρησιμοποίησης του γκρίζου νερού

Το γκρίζο νερό είναι το νερό που προέρχεται από τους νεροχύτες μπάνιου, ντουζιέρες, μπανιέρες και πλυντήρια ρούχων. Εκτός από το νερό που έρχεται σε επαφή με τα περιπτώματα, όπως αυτό που προέρχεται από την τουαλέτα.

Το γκρίζο νερό μπορεί να περιέχει ίχνη από χώμα, τροφή, λίπη, τρίχες και συγκεκριμένα οικιακά καθαριστικά προϊόντα. Ενώ το γκρίζο νερό μπορεί να φαίνεται «βρώμικο» είναι μια ασφαλής και οφέλιμη πηγή νερού άρδευσης σε μια αυλή. Εάν απορρίπτεται μέσα σε ποτάμια, λίμνες ή εκβολές ποταμών, τα θρεπτικά συστατικά γίνονται ρυπαντές, αλλά για τα φυτά είναι ένα ζωτικό λίπασμα. Μαζί με τα προφανή πλεονεκτήματα της εξοικονόμησης νερό (και χρημάτων από τον λογαριασμό νερού), επαναχρησιμοποιώντας το γκρίζο νερό από την αποχέτευση ή το σηπτικό σύστημα, μειώνεται η πιθανότητα της μόλυνσης τοπικών σωμάτων ύδατος. Το επαναχρησιμοποιημένο γκρίζο νερό άρδευσης επανασυνδέει τους κατοίκους αστικών κέντρων με τις αυλές κήπων σε ένα φυσικό κύκλο νερού.

Ο πιο εύκολος τρόπος να χρησιμοποιηθεί το γκρίζο νερό είναι να διοχετευτεί απευθείας έξω και να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα των διακοσμητικών φυτών ή καρποφόρων δένδρων. Το γκρίζο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για οπωροκηπευτικά καθώς δεν έρχεται σε επαφή με βρώσιμα μέρη των φυτών. Σε κάθε σύστημα γκρίζου νερού, είναι σημαντικό να μην απορρίπτεται τίποτα τοξικό μέσα στον αγωγό, όπως χλωρίνη, χρωστικές ουσίες, άλατα μπανιέρας, καθαριστικά, σαμπουάν με συγκεκριμένα συστατικά και προϊόντα που περιέχουν βόριο το οποίο είναι τοξικό για τα φυτά. Είναι κριτικής σημασίας να χρησιμοποιούνται βιολογικά, βιοδιασπώμενα σαπούνια των οποίων τα συστατικά δεν βλάπτουν τα φυτά. Τα περισσότερα απορρυπαντικά σκόνης και κάποια υγρά απορρυπαντικά έχουν κυρίως νάτριο. Αλλά το νάτριο μπορεί να εμποδίσει τους σπόρους να βλαστήσουν και καταστρέφει την δομή των αργιλώδων εδαφών. Θα πρέπει να επιλέγονται υγρά σαπούνια χωρίς αλάτι.

Όσο πιο απλά είναι τα οικιακά συστήματα γκρίζου νερού τόσο το καλύτερο. Με τα απλά συστήματα δεν χρειάζεται να οδηγείται το γκρίζο νερό μέσα σ' ένα υπάρχον σύστημα στάγδην άρδευσης, αλλά θα πρέπει να διαμορφωθεί ο χώρος ώστε να επιτρέπει το νερό να διεισδύει μέσα στο έδαφος. Συνίστανται, απλά συστήματα χαμηλού τεχνολογικού επιπέδου αντί για αντλίες, που χρησιμοποιούν την βαρύτητα όποτε είναι δυνατόν. Προτιμούνται τα συστήματα άρδευσης που σχεδιάζονται ώστε να αποφεύγεται το φράξιμο, αντί να βασίζονται σε φίλτρα και στάγδην άρδευση.

Η επαναχρησιμοποίηση του γκρίζου νερού προωθείται σαν ένας τρόπος ώστε να αυξηθεί η παραγωγικότητα βιώσιμων οικοσυστημάτων αυλών. Τέτοια συστήματα ανακτούν πολύτιμα προϊόντα λυμάτων (όπως γκρίζο νερό, οικιακά λιπάσματα «compost») και επανασυνδέουν τους ανθρώπους με τους οικολογικούς κύκλους. Μοντελοποιώντας τις «κατάλληλες τεχνολογίες» υγιεινής στον εκβιομηχανισμένο κόσμο προσδοκάται να αλλάξει η εσφαλμένη αντίληψη που υπάρχει για τα «λύματα» με την πιθανότητα μιας νέας κουλτούρας νερού που δημιουργεί ζωή.

Πιστεύεται ότι τα πολύπλοκα συστήματα είναι κατάλληλα για πολυκατοικίες, εμπορικά και συστήματα βιομηχανικής κλίμακας. Αυτά τα συστήματα μπορούν να επεξεργαστούν και να επαναχρησιμοποιήσουν μεγάλες ποσότητες νερού, και παίζουν το ρόλο της εξοικονόμησης νερού σε πυκνές αστικές κατοικίες, διεργασίες τροφίμων, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, σχολεία, πανεπιστήμια και δημόσια κτήρια. Επειδή τα πολύπλοκα συστήματα βασίζονται σε αντλίες και συστήματα «φιλτραρίσματος», συχνά χρειάζονται εξειδικευμένες Η/Μ μελέτες και η εγκατάστασή

τους είναι ακριβή και πιθανόν απαιτείται συνήθως συντήρηση σε τακτά χρονικά διαστήματα.

7.10.5. Βασικές Οδηγίες γκρίζου νερού

Το γκρίζο νερό είναι διαφορετικό από το γλυκό νερό και απαιτεί διαφορετικές κατευθυντήριες γραμμές για την επαναχρησιμοποίησή του.

1. Το γκρίζο νερό δεν πρέπει να αποθηκεύεται (περισσότερο από 24 ώρες). Εάν το γκρίζο νερό αποθηκεύεται τότε τα θρεπτικά συστατικά χαλάνε δημιουργώντας κακές οσμές.
2. Θα πρέπει να ελαχιστοποιείται η επαφή με το γκρίζο νερό. Το γκρίζο νερό ενδέχεται να περιέχει παθογόνα μικρόβια εάν τα περιττώματα ανθρώπου βρεθούν μέσα στο νερό, οπότε το σύστημα θα πρέπει να σχεδιάζεται ώστε το νερό να εμποτίζεται μέσα στο έδαφος και να μην εκτίθεται σε ανθρώπους ή ζώα για πόση.
3. Η διείσδυση του γκρίζου νερού μέσα στο έδαφος εμποδίζει το νερό να παραμείνει στην επιφάνεια. Τα απόνερα που παραμένουν στην επιφάνεια δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για κουνούπια καθώς επίσης και πιθανή επαφή ανθρώπου με το γκρίζο νερό.
4. Η επιλογή όσο το δυνατόν πιο απλοϊκού συστήματος είναι κάτι που πρέπει να επιδιώκεται. Με αυτό το τρόπο αποφεύγεται η χρήση αντλιών, φίλτρων τα οποία χρειάζονται συντήρηση. Τα απλά συστήματα έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής, απαιτούν λιγότερη συντήρηση, λιγότερη ενέργεια και χαμηλότερο κόστος.
5. Για καλύτερη εναλλαγή μεταξύ του συστήματος γκρίζου νερού και της αποχέτευσης/ σηπτικού συστήματος προτείνεται η εγκατάσταση βάνας τριών κατευθύνσεων.
6. Θα πρέπει η ποσότητα του γκρίζου νερού να αντιστοιχεί στις ανάγκες των φυτών σε άρδευση.

7.10.6. Τύποι απλών συστημάτων

- **Από το πλυντήριο ρούχων**

Τα πλυντήρια ρούχων είναι ουσιαστικά η ευκολότερη πηγή γκρίζου νερού που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί επειδή μπορεί να εκτραπεί χωρίς να χρειάζεται να

γίνει παρέμβαση σε υπάρχον σύστημα σωληνώσεων. Κάθε πλυντήριο έχει μια εσωτερική αντλία που αυτόματα αντλεί έξω το νερό. Αυτό το πλεονέκτημα μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να αντλείται το γκρίζο νερό κατευθείαν στα φυτά.

Εικόνα 7.24. Δεξαμενή πλυντηρίου. Θα πρέπει να στερεώνεται στον τοίχο για ασφάλεια.



Εάν υπάρχει μεγάλη περιοχή μεταξύ του κτηρίου και της περιοχής που πρόκειται να ποτιστεί (τσιμέντο/πλακόστρωτο) συνίσταται ένα σύστημα δεξαμενής πλυντηρίου.

Τα απόνερα του πλυντηρίου αντλούνται στη δεξαμενή. Στο πυθμένα της δεξαμενής το νερό βγαίνει από ένα σωλήνα το οποίο τοποθετείται στην αυλή για άρδευση. Αυτό είναι το πιο φθηνό και εύκολο σύστημα που μπορεί να εγκατασταθεί, αλλά απαιτεί συνεχή κίνηση του σωλήνα για να είναι αποδοτικό στην άρδευση.

- **Από τους νεροχύτες.**

Οι νεροχύτες της κουζίνας είναι πηγή για μια σημαντική ποσότητα νερού και συνήθως είναι πλούσια σε οργανική ύλη (τροφή, λίπη κα.). Στο νεροχύτη της κουζίνας δε γίνεται ποτέ χρήση γκρίζου νερού. Το νερό αυτό βουλώνει πολλά είδη συστημάτων. Το νερό που έρχεται από τις αποχετεύσεις του λουτρού, είναι σχετικά λίγο και μπορεί με τη χρήση του να ποτίζει ένα μεγάλο φυτό, ή διαχωρίζοντας τη ροή να ποτίζει δυο ή τρία φυτά. (Πηγή: *grey water action organization*)

- **Συστήματα άντλησης**

Εάν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η βαρύτητα για να μεταφέρει το γκρίζο νερό (η αυλή έχει κλίση ή είναι επίπεδη και τα φυτά είναι μακριά) θα χρειαστεί ένα σύστημα δεξαμενής με αντλία εκροής. Το νερό ρέει μέσα σε μια μεγάλη πλαστική δεξαμενή

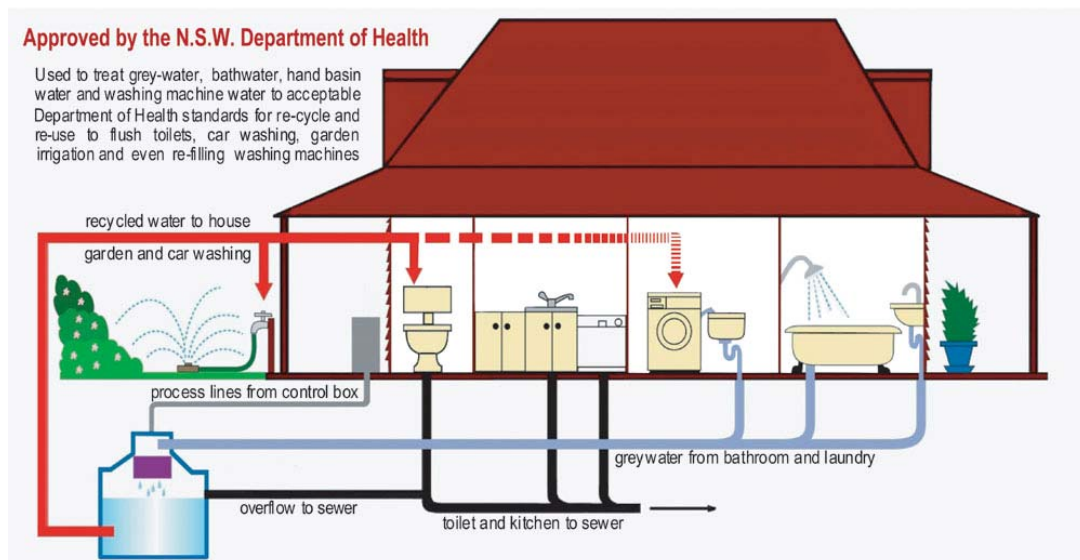
χωρητικότητα, η οποία είναι είτε θαμμένη είτε τοποθετημένη στην επιφάνεια του εδάφους. Η αντλία στην δεξαμενή οδηγεί το νερό μέσω σωληνώσεων άρδευσης στο τόπο άρδευσης. Οι αντλίες αυξάνουν το κόστος, τη χρήση της ηλεκτροενέργειας, και έχει συγκεκριμένο χρόνο ζωής. Γι' αυτό συνιστάται η αποφυγή χρήσης αντλιών εφόσον αυτό είναι εφικτό.

- **Εσωτερική χρήση γκρίζου νερού**

Στις περισσότερες οικιακές περιπτώσεις είναι απλούστερο και πιο οικονομικό να χρησιμοποιείται έξω το γκρίζο νερό, και όχι να δημιουργηθεί ένα σύστημα το οποίο επεξεργάζεται το νερό για εσωτερική χρήση. Εξαιρέσεις είναι τα κτήρια όπου υπάρχει μεγάλη χρήση νερού και ελάχιστη εξωτερική άρδευση.

Σε αυτή την περίπτωση κάδοι μπορούν να συλλέγουν τα απόβρακα και το καθαρό νερό, το νερό που σπαταλάται καθώς ζεσταίνεται το νερό. Αυτοί οι κάδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κάδοι-καζανάκια στην τουαλέτα, ή να βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο.

Εικόνα 7.25. Παράδειγμα συστήματος επεξεργασίας γκρίζου νερού εγκεκριμένο από το υπουργείο Υγείας της Αυστραλίας



Όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης εκτιμάται ότι ανέρχεται στα 28'000 €.

8. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

8.1. Γενικά

Ο κύριος στόχος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι να συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας από την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος καλύπτοντας ένα ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και στην προστασία του περιβάλλοντος που τα τελευταία χρόνια επιβαρύνεται συνεχώς στην περιοχή του Νομού Κοζάνης κυρίως από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συμβατικά καύσιμα (*λιγνίτης*).

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς:

- Χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη,
- δεν έχουν κινούμενα μέρη, και
- παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Δεδομένου ότι η παραγωγή και κατανάλωση του ηλιακού ηλεκτρισμού γίνονται τοπικά, αποφεύγονται οι σημαντικές απώλειες της μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρισμού και κατ' αυτόν το τρόπο επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 10% σε σχέση με τη συμβατική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου [16].

8.2. Ανάλυση απόδοσης φ/β συστήματος

Με την βοήθεια του λογισμικού Pvsyst υπολογίστηκε η παραγόμενη ενέργεια, και οι απώλειες του φ/β συστήματος.

Στην παρούσα μελέτη και με τα υπάρχοντα δεδομένα του χώρου, εξετάστηκε το ενδεχόμενο να εγκατασταθεί φωτοβολταϊκή (φ/β) γεννήτρια ισχύος 10 kWp (μονοκρυσταλλικής τεχνολογίας) στην στέγη του κτηρίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και υπολογίζεται η ετήσια παραγωγή του με στόχο την περαιτέρω αξιοποίηση της ενέργειας αυτής (πώληση στο διασυνδεδεμένο δίκτυο).

Για τη συγκεκριμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση έχουν προσδιοριστεί οι εξής παράμετροι όσον αφορά τη διαστασιολόγηση του συστήματος:

- Εγκατεστημένη ισχύς PV συστήματος: 10 kWp (μονοκρυσταλλικό πυριτίου-crystalline silicon)
- Αριθμός φωτοβολταϊκών στοιχείων/ισχύς στοιχείου: 40/250 Wp (Watt)
- Κλίση βάσεων στήριξης ως προς τον ορίζοντα: 33°
- Εκτιμώμενες απώλειες λόγω θερμοκρασίας: 7,9%
- Εκτιμώμενες απώλειες λόγω φαινομένων ανάκλασης: 2,9%
- Άλλες απώλειες (καλώδια, μετατροπείς, κ.λ.π): 15,1%
- Συνολικές απώλειες Φ/Β συστήματος: 28,1% (βλέπε Εικόνα 8.1)

Σε μια κανονική τοποθεσία και με αρκετή κλίση, μπορεί να υποθεθεί ότι οι απώλειες λόγω ρύπων και σκόνης αντιστοιχούν σε ποσοστό 2-5 επί τοις εκατό (%). Γενικά, αυτές οι απώλειες είναι αποδεκτές [25]. Ο βαθμός απόδοσης των φ/β στοιχείων είναι 15,52% και των μετρατροπένων 96,1% (μέγιστος βαθμός απόδοσης).

8.3. Αιτιολογία επιλογής μονοκρυσταλλικού

Η επιλογή του μονοκρυσταλλικού έγινε βάσει: *τον διαθέσιμο χώρο*, στην νότια πλευρά της στέγης έτσι ώστε τα φ/β να έχουν νότιο προσανατολισμό, *τον καλύτερο βαθμό απόδοσης* και *τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η στέγη* του υπο εξέταση κτηρίου το οποίο δεν επιτρέπει μεγάλο πλήθος φωτοβολταϊκών. Σε διαφορετική περίπτωση θα μπορούσε κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί η χρήση πολυκρυσταλλικού πυριτίου ή λεπτού υμενίου φ/β στοιχείου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση θεωρείται ότι το φ/β μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι ιδανικό για τον συγκεκριμένο τύπο κτηρίου.

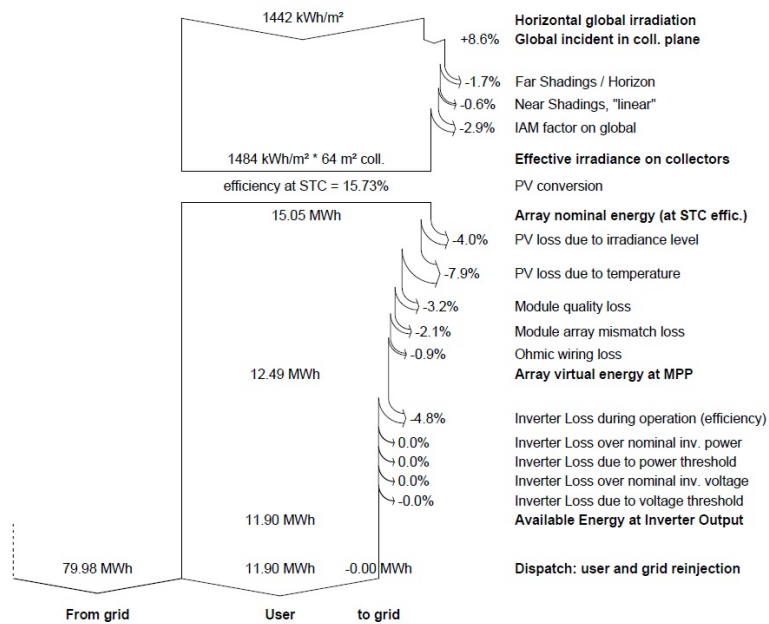
Στον Πίνακα 8.1. φαίνονται τα κύρια αποτελέσματα και τα ισοζύγια της φ/β γεννήτριας με το λογισμικό PVSyst. Ενώ στην Εικόνα 8.2 φαίνεται η μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φ/β.

Πίνακας 8.1. Ισοζύγια και κύρια αποτελέσματα φ/β γεννήτριας με το PVsyst.

Balances and main results								
	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E Load	E User	E_Grid
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh
January	58.9	11.60	85.9	80.4	0.706	8.880	0.671	0.000
February	52.8	10.90	64.5	60.9	0.533	7.600	0.503	0.000
March	100.9	11.80	116.3	110.2	0.961	7.000	0.914	0.000
April	121.9	13.90	126.8	120.0	1.038	7.880	0.987	0.000
May	169.1	18.00	162.4	153.6	1.306	6.760	1.246	0.000
June	209.4	22.10	192.3	182.9	1.512	7.750	1.443	0.000
July	200.2	25.60	188.9	179.9	1.467	7.750	1.400	0.000
August	192.5	26.30	196.3	187.4	1.519	6.560	1.451	0.000
September	127.3	24.30	146.0	138.9	1.143	8.480	1.090	0.000
October	107.1	20.50	140.9	133.7	1.130	7.840	1.080	0.000
November	60.6	16.40	86.2	81.5	0.700	7.880	0.665	0.000
December	41.0	13.50	58.9	55.0	0.475	7.500	0.448	0.000
Year	1441.7	17.95	1565.3	1484.5	12.491	91.880	11.897	0.000

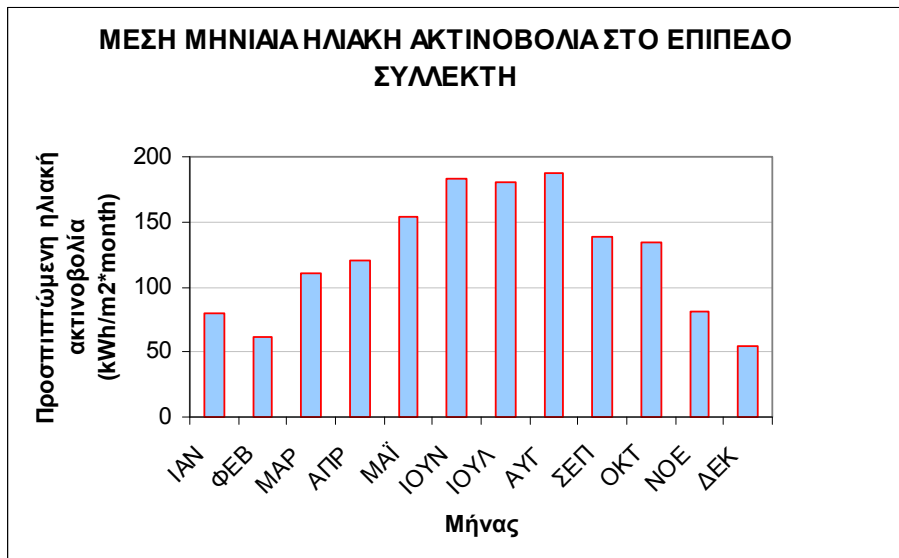
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
 T Amb Ambient Temperature E Load Energy need of the user (Load)
 GlobInc Global incident in coll. plane E User Energy supplied to the user
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings E_Grid Energy injected into grid

Εικόνα 8.1. Διάγραμμα απωλειών καθ' όλο το έτος (PVsyst).



Εικόνα 8.2. Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας⁷.

Στην Εικόνα 8.2 παρουσιάζεται η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία ανά m^2 , ενώ στην Εικόνα 8.3 η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία.

Εικόνα 8.3. Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία/ m^2 .

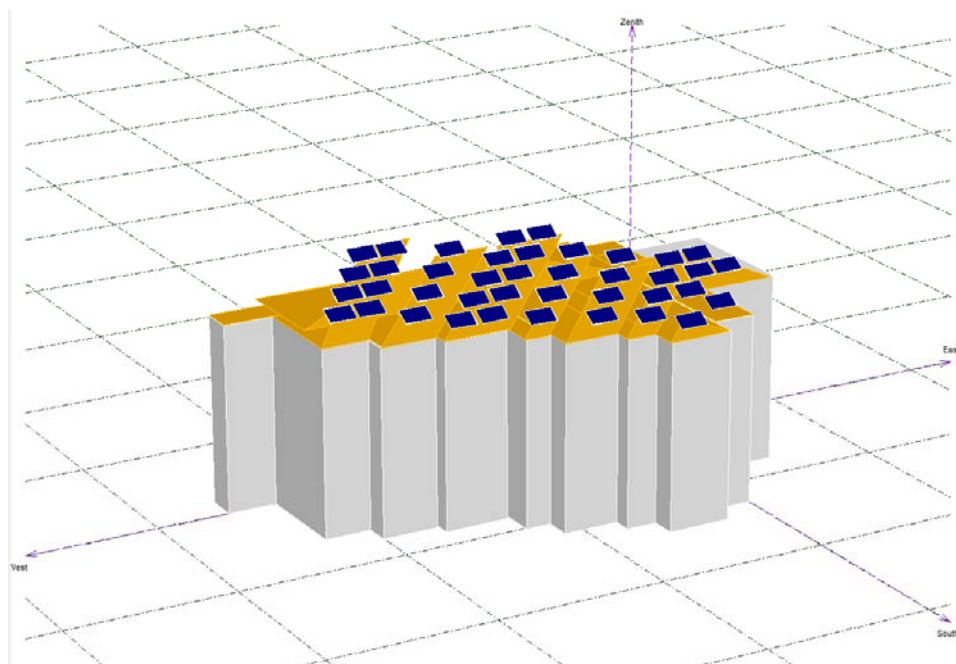
⁷ Οι τιμές της Εικόνας 8.2 λαμβάνονται από τον Πίνακα 8.1 από την στήλη Earray (Ωφέλιμη ενέργεια στην έξοδο της φ/β συστοιχίας)

8.4. Τεχνική περιγραφή φ/β γεννήτριας ισχύος 10 kWp με σύστημα στήριξης σταθερών βάσεων

Το φ/β σύστημα ισχύος 10 kWp υλοποιείται με χρήση συνολικά 40 Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου ονομαστικής ισχύος 250 Wp της ελληνικής εταιρείας Exel Group, τύπου **ESP series60 Mono** ($10.000:250=40$ τεμάχια Φ/Β πλαισίων, διαστάσεων 1639X983 mm). Η ονομαστική ισχύς της φ/β γεννήτριας είναι 10 kWp .

Τα φ/β πλαίσια θα τοποθετηθούν σε μεταλλική κατασκευή τύπου σταθερής βάσης με κλίση 33° και νότιο προσανατολισμό. Στην Εικόνα 8.4 φαίνεται η διάταξη των φ/β πλαισίων επί στέγης.

Εικόνα 8.4. Τρισδιάστατη απεικόνιση της νότιας πλευράς του κτηρίου με τα φ/β πλαίσια επί στέγης με το λογισμικό PV Syst.



Για τη βέλτιστη απόδοση της παραγόμενης ενέργειας και την ελαχιστοποίηση των απωλειών λόγω των αποστάσεων και του κόστους των καλωδίων συνεχούς ρεύματος, προτείνεται η χρήση δύο μετατροπέων δικτύου τύπου «string» αντί της χρήσης κεντρικών μετατροπέων δικτύου. Βάση της τεχνικής αξιολόγησης κρίνεται ότι η επιλογή του inverter **Sunny Mini Central 5000A** αποτελεί τη βέλτιστη λύση.

Στον κάθε μετραροπέα 5000A θα συνδεθούν 20 φ/β πλαίσια σε δύο (2) συστοιχίες (σειρές) εν σειρά συνδεσμολογία.

Η ομαδοποίηση των συστοιχιών και η τελική τους σύνδεση με τους μετατροπείς θα γίνει βάση της τελικής τοποθέτησης του υλικού. Οι έξοδοι των μετατροπέων δικτύου θα ομαδοποιηθούν κατάλληλα και βάση του τελικού χώρου τοποθέτησης, που θα επιλεγεί κατάλληλα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών, θα οδηγηθούν προς τον κεντρικό πίνακα του συστήματος προς τον μετρητή ενέργειας και τελικά στο δίκτυο.

Οι μονάδες ελέγχου παρέχουν τη δυνατότητα να ρυθμιστεί το σύστημα και να ελέγχονται οι λειτουργίες του [16].

Οι αντιστροφείς διαθέτουν δικό τους σύστημα μετάδοσης δεδομένων με σειριακή θύρα **RS485** και επικοινωνούν με τον κεντρικό ελεγκτή με ειδικό θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών. Επίσης έχει ενσωματωμένο ηλεκτρονικό διακόπτη απόξευξης φορτίου DC ESS.

Το κεντρικό σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης του φωτοβολταϊκού σταθμού θα είναι το σύστημα **Sunny WebBox** της SMA όπου θα καταλήγουν και θα καταχωρούνται όλα τα δεδομένα από τους inverters, ενώ θα δύναται να παρουσιάζονται στον χρήστη από απόσταση όλες οι ρυθμίσεις, πληροφορίες καθώς και διαγνώσεις προβλημάτων μέσω λογισμικού, του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Το σύστημα **Sunny WebBox** της SMA έχει τη δυνατότητα να καταγράφει μέχρι και 50 inverters σε πραγματικό χρόνο (*real time*). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εξάγει πλήθος στατιστικών στοιχείων που αφορούν την παραγωγή την αξιολόγησή της, αλλά και την ανίχνευση λειτουργικών σφαλμάτων. Όλα τα δεδομένα μπορούν να εξαχθούν σε μορφή λογιστικών φύλλων (*spreadsheets*) για περαιτέρω επεξεργασία και αξιολόγηση. Η εξαγωγή των δεδομένων μπορεί εύκολα να γίνεται από το διαδίκτυο, οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε σημείο.

Επίσης, θα χρειαστούν τα κατάλληλα καλώδια για τις συνδέσεις των στοιχείων και ειδικότερα:

- ✓ Ηλιακό καλώδιο ELDRA, 1 POLE, 4.0 mm², BLACK EPR/TPR, D=6.5mm² 60KG/KM χωρίς κάλυμμα
- ✓ Ηλιακό καλώδιο ELDRA, 1 POLE, 6.0 mm², BLACK EPR/TPR, D=7.1mm² 79 KG/KM χωρίς κάλυμμα
- ✓ Καλώδια εναλλασσόμενου ρεύματος Cablel, 3 POLES, J1VV-U, 4,0mm².

Η σύνδεση στο δίκτυο θα γίνει σε χαμηλή τάση (400 V AC). Η εγκατάσταση θα φέρει τις απαιτούμενες από τη ΔΕΗ διατάξεις ασφάλειας και προστασίας και θα εναρμονίζεται με τους Ελληνικούς και Διεθνείς κανονισμούς που απαιτούνται.

Στην έκταση της στέγης του κτηρίου όπου στεγάζεται το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του ΠΔΜ έχουν τηρηθεί οι απαιτούμενες αποστάσεις έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε σκίαση των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Επίσης έχει γίνει η κατάλληλη πρόβλεψη διαδρομών για την επίσκεψη στα διάφορα τμήματα του συστήματος για συντήρηση και επισκευή.

Οι εγγυήσεις του εξοπλισμού είναι ως ακολούθως:

- Φ/Β γεννήτριες: 12 έτη για το υλικό, 12 έτη για ελάχιστη απόδοση 90% και 26 έτη για ελάχιστη απόδοση 80%
- Μετατροπείς ισχύος 5 έτη για το υλικό (υπάρχει δυνατότητα για επέκταση της εγγύησης σε 10 έτη)
- Σύστημα σταθερής βάσης 10 έτη

8.5. Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους.

Συνεπώς, το υπο μελέτη φωτοβολταϊκό σύστημα συνολικής ισχύος 10 kWp θα αποτρέπει ετησίως περίπου 14 τόνους διοξειδίου του άνθρακα.

Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ).

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γής, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Υπενθυμίζεται ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρείται πια, σε παγκόσμιο αλλά και σε τοπικό επίπεδο, υπεύθυνο – σε πολύ μεγάλο βαθμό – για τις υπερβολικά αυξημένες θερμοκρασίες, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, για την αυξημένη ξηρασία (μείωση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και των επιφανειακών νερών), αλλά και για την αύξηση της έντασης καιρικών φαινομένων, όπως οι ξαφνικές και καταστρεπτικές πλημμύρες, κ.α. Έγκυρες μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έδειξαν ότι μία σημαντική υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα μπορούσε να συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ηλεκτροπαραγωγή τουλάχιστον κατά 11%, και επομένως να περιορίσει αντίστοιχα και τις δυσμενείς επιπτώσεις από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ο Πίνακας 8.2 συνοψίζει την ποσότητα των ρύπων (σε γραμμάρια) η έκλυση των οποίων αποφεύγεται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα.

Πίνακας 8.2. Ποσότητες ρύπων που αποφεύγονται για κάθε ηλιακή κιλοβατώρα από φ/β γεννήτριες [16].

Υποκατάσταση	Αποφυγή εκλυόμενων ρύπων (σε gr) ανά ηλιακή κιλοβατώρα (λαμβάνοντας υπ' όψη και τις απώλειες του δικτύου)			
	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Λιγνίτη	1.482	1-1,8	1,17-1,23	1,1
Πετρελαίου (χαμηλού θείου)	830	3,5	1,5	0,34
Φυσικού αερίου	475	0,017	0,6	-
Μέσου ενεργειακού μείγματος χώρας	1.062	CO ₂ : διοξείδιο του άνθρακα, SO ₂ : διοξείδιο του θείου NO _x : οξειδία του αζώτου, PM ₁₀ : μικροσωματίδια		

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι πολύ υψηλό, αν λάβουμε υπ' όψιν μας, πέραν από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Οι διάφοροι μικροί παραγωγοί «πράσινης» ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο (απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται στο 10,6% κατά μέσον όρο). Αφετέρου, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με της ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας

έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή «black-out» και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα «black-out» κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. €.

Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί πρωταρχικό στόχο όλων των κυβερνήσεων και καθιστά αναγκαία τη δημιουργία τέτοιων έργων.

8.6. Χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης φ/β συστημάτων

8.6.1. Αναμενόμενα οικονομικά οφέλη

Στο στάδιο σχεδιασμού του συστήματος προέκυψε ότι ο συγκεκριμένος χώρος εγκατάστασης (στέγη κτηρίου ΠΔΜ-TMM) έχει την δυνατότητα να φιλοξενήσει φωτοβολταϊκά στοιχεία και λοιπές εγκαταστάσεις συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 10 kWp.

Σύμφωνα με την ανάλυση που συναρτάται με τον προσανατολισμό, των συστημάτων, την κλίση τους, το είδος των Φ/Β στοιχείων αλλά και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής της εγκατάστασης (Κοζάνη) προέκυψαν τα αποτελέσματα του Πίνακα 8.3:

Πίνακας 8.3. Στοιχεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ετήσιο κέρδος.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΙΜΗ
Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (kWh)	32,6
Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (kWh)	992
Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (kWh)	11900
Τιμή πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος (€/kWh)	0,5225
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΕΡΔΟΣ (€)	6'217,75

Σημειώνεται ότι η τιμή πώλησης ηλεκτρικού ρεύματος αναφέρεται στα σημερινά δεδομένα.

8.6.2. Εκτίμηση κόστους εγκατάστασης

8.6.2.1. Κύριος Η/Μ εξοπλισμός

Ο κύριος μηχανολογικός εξοπλισμός της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος αφορά στα παρακάτω επιμέρους εξαρτήματα:

- Φ/Β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου ισχύος 250 Wp έκαστη (40 τεμάχια)
- Μετατροπείς (inverters) τύπου Sunny Mini Central 5000A (2 τεμάχια)
- Καλωδιώσεις συνδέσεων στοιχείων με ηλιακά καλώδια ELDRA, 1 POLE, BLACK EPR/TPR, χωρίς κάλυμμα
- Διακόπτες Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) ABB τύπου S800PV-M.

Ο ενδεικτικός προϋπολογισμός του παραπάνω εξοπλισμού φαίνεται στον Πίνακα 8.4:

Πίνακας 8.4. Προϋπολογισμός του φ/β εξοπλισμού.

α/α	Περιγραφή εξοπλισμού ανά σύστημα παραγωγής	Χώρα προέλευσης - αντιπρόσωπος	Ισχύς (kW)	Αξία σε Ευρώ
1	Φ/Β πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου (250 Wp.) ESP series60 Mono- Exel Group	Ελλάδα	9,9	16.784,95
2	Μετατροπείς Sunny Mini Central 5000A	Γερμανία	10	4.227,00
3	Ειδικές καλωδιώσεις συνδέσεων	Γερμανία		2.021,24
4	Διακόπτες συνεχούς ρεύματος	Ελβετία		260,00
ΣΥΝΟΛΟ				23'293,19

8.6.2.2. Δαπάνες μεταφοράς-εγκατάστασης εξοπλισμού

Οι δαπάνες μεταφοράς – εγκατάστασης περιλαμβάνουν έξοδα για την μεταφορά του μηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς και τα αντίστοιχα κόστη για εγκατάσταση των βάσεων και στηριγμάτων των φωτοβολταϊκών πλαισίων και τοποθέτηση αυτών στα αντίστοιχα στηρίγματα.

Πίνακας 8.5. Προϋπολογισμός κόστους μεταφοράς – εγκατάστασης μηχ/κου εξοπλισμού.

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΗΧ/ΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ				
α/α	Περιγραφή Δαπάνης	Τμχ	Τιμή μον. (€)	ΣΥΝΟΛΟ
1	Μεταφορά μηχ/κου εξοπλισμού (συμπεριλαμβάνεται και η ασφάλιση μεταφοράς)	1	500,50	500,50
2	Συναρμολόγηση βάσεων και στηριγμάτων φωτοβολταϊκών γεννητριών επί βάσεων	1	2'521,24	1'921,24
3	Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών γεννητριών επί βάσεων	1	1'728,44	1'728,44
ΣΥΝΟΛΟ				4'150,18

8.6.2.3. Λοιπός εξοπλισμός

Οι δαπάνες λοιπού εξοπλισμού περιλαμβάνει σύστημα ψηφιακής καταγραφής – ασφάλειας και τηλεπίσκεψης.

Επισημαίνεται ότι η λειτουργία των Φ/Β συστημάτων δεν επιφέρει ιδιαίτερους κινδύνους για το προσωπικό, τους περίοικους ή ακόμα και για τον ίδιο τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, ενώ οι απαιτήσεις ασφαλείας για την καλή λειτουργία του σταθμού είναι ελάχιστες σε σύγκριση με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Θα ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα για την ασφάλεια και προστασία προσωπικού, εγκαταστάσεων και περιοίκων. Τα μέτρα που θα ληφθούν κατά την εγκατάσταση του εξοπλισμού για την ασφάλεια του προσωπικού θα είναι λεπτομερή και σε πλήρη συνέπεια με τις διατάξεις της εργατικής νομοθεσίας.

Επίσης θα εφαρμοσθούν πλήρως ειδικές εκδόσεις του Ελληνικού Ινστιτούτου Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (π.χ. Ασφάλεια και υγεία στις κατασκευές, ΕΠΒ, Αθήνα 1999), Προβλέπεται γείωση αντικεραυνικής προστασίας.

Στον Πίνακα 8.6 παρουσιάζεται προϋπολογισμός δαπανών του λοιπού εξοπλισμού.

Πίνακας 8.6. Προϋπολογισμός λοιπού εξοπλισμού.

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΟΙΠΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ					
α/α	Είδος Εξοπλισμού	Μονάδα μέτρησης	Τιμή (€)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
1	Σύστημα ψηφιακής καταγραφής εικόνας και τηλεπίβλεψης	Τεμ.	1.307,65	1	1.307,65
ΣΥΝΟΛΟ					1.307,65

8.6.2.4. Έργα υποδομής

Τα έργα υποδομής περιλαμβάνουν την διασύνδεση του κάθε μετατροπέα ισχύος με τον Πίνακα Χαμηλής Τάσης και επιπλέον τα αναγκαία έργα σύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. σύμφωνα με την προσφορά της Δ.Ε.Η. Περιοχής Κοζάνης (Πίνακας 8.7).

Πίνακας 8.7. Προϋπολογισμός έργων υποδομής.

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ					
α/α	Είδος Εργασίας	Μονάδα	Τιμή τμχ (€)	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ (€)
1	Εργασίες σύνδεσης με τον πίνακα χαμηλής τάσης		1.000,00	1	1.000,00
ΣΥΝΟΛΟ					1.000,00

8.6.2.5. Συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας

Βάσει την προηγηθείσα ανάλυση μπορεί να υπολογιστεί το συνολικό κόστος προμήθειας και εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος στη στέγη του κτηρίου του ΠΔΜ-TMM και το οποίο διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 8.8. Συνολικό κόστος εγκατάστασης.

α/α	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΠΟΣΟΝ (€)
1	ΚΥΡΙΟΣ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	23.293,19
2	ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧ/ΤΩΝ	4.150,18
3	ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1.307,65
4	ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	1.000,00
ΣΥΝΟΛΟ		29.751,02

Στο παραπάνω κόστος της πάγιας εγκατάστασης θα πρέπει να προστεθεί και το λειτουργικό κόστος του Φ/Β συστήματος το οποίο θα προκύψει κατά την περίοδο λειτουργίας του και θα επηρεάσει και αυτό τη βιωσιμότητα της μονάδος.

Το κόστος αυτό σε ετήσια βάση παρουσιάζεται στον Πίνακα 8.9:

Πίνακας 8.9. Κόστος σε ετήσια βάση.

Α/Α	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΑΞΙΑ (€)
1	ΑΣΦΑΛΙΣΤΡΑ Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	300
2	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	100
	ΣΥΝΟΛΟ	400

Επομένως, η απόσβεση με βάση τα κόστη και τα ετήσια κέρδη του φ/β σταθμού προκύπτει ότι είναι $(29'491,02€)/(6'217,75€/έτος) = 4,7$ έτη. Τέλος θα πρέπει να τονιστεί ότι με την έναρξη της λειτουργίας του φ/β σταθμού, το Πανεπιστήμιο θα εξοικονομεί περίπου 1'428,00€/έτος εάν ληφθεί υπ' όψιν ότι το σύστημα παράγει 11900 kWh/έτος και ότι η μία κιλοβατώρα πωλείται από την ΔΕΗ 0,12€. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι με το ετήσιο κόστος συντήρησης η απόσβεση μεταβάλλεται κατ' ελάχιστον και είναι 4,8 έτη.

8.6.3. Όψεις κτηρίου

Στις Εικόνες 8.5-8.9 φαίνονται οι όψεις του κτηρίου και η μορφή της στέγης. Όπως φαίνεται δεν υπάρχουν γειτονικά υψηλότερα κτήρια που να δημιουργούν κάποιο είδος σκίασης.

Εικόνα 8.5. Νότιος προσανατολισμός.



Εικόνα 8.6. Δυτικός προσανατολισμός.



Εικόνα 8.7. Βόρειος προσανατολισμός.



Εικόνα 8.8. Ανατολικός προσανατολισμός.



Εικόνα 8.9. Νοτιονοτιοδυτικός προσανατολισμός.



8.6.4. Ιδιαιτερότητες χώρου - αυτοψία

Στην νότια πλευρά που μελετάται να τοποθετηθούν τα φ/β πλαίσια υπάρχει μια καμινάδα εξαερισμού, μια μεταλλική βάση ηλιακών συλλεκτών και μία κεραία τα οποία εμποδίζουν την ελεύθερη πλευρά της στέγης και καθιστούν αποτρεπτική την εγκατάσταση φ/β συστήματος διότι δημιουργούν μεγάλη σκίαση. Στην Εικόνα 8.10 φαίνονται τα εμπόδια που αναφέρθηκαν παραπάνω. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να αφαιρεθούν ώστε να είναι ελεύθερο το πεδίο από κάθε είδους σκίασης.

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα σκοπεύεται να αντικατασταθεί η καμινάδα από κεραμίδια εξαερισμού. Τέτοιου είδους κεραμίδια φαίνονται στην Εικόνα 8.11.

Η μεταλλική βάση θα μετακινηθεί από εκείνο το σημείο όπως επίσης και η κεραία θα μετατοπιστεί σε τέτοιο σημείο ώστε να μην δημιουργεί σκίαση στο πεδίο που επρόκειτο να εγκατασταθούν τα φ/β πλαίσια.

Εικόνα 8.10α. Φωτογραφία όπου φαίνεται η διαμόρφωση της στέγης με τα εμπόδια (NND όψη).



Εικόνα 8.10β. Άλλη οπτική γωνία της καμινάδας εξαερισμού και των μεταλλικών βάσεων.



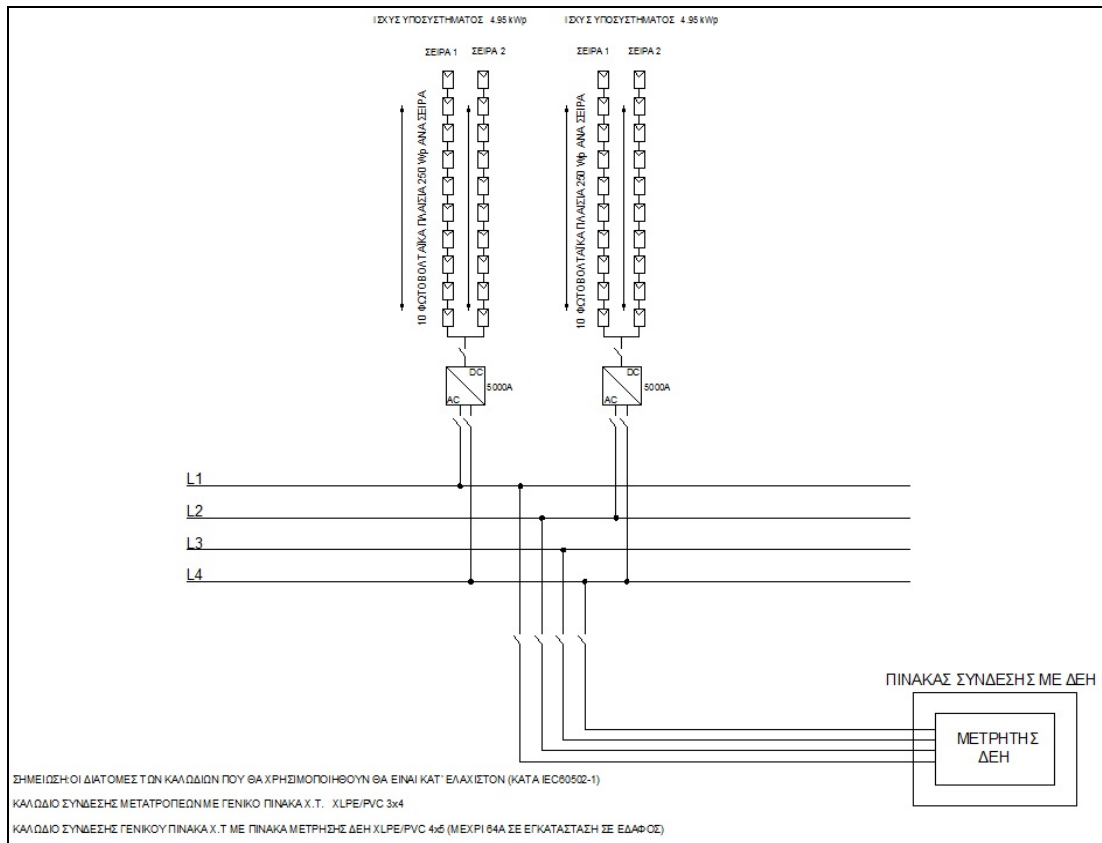
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κόστος των εργασιών που θα χρειαστούν ώστε να αντικατασταθεί η καμινάδα εξαερισμού, η αφαίρεση της μεταλλικής βάσης και πιθανώς μετακίνηση της κεραίας εκτιμάται στα 500€.

Εικόνα 8.11. Τύποι κεραμιδιών εξαερισμού.



Στην Εικόνα 8.12 φαίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα φ/β συστήματος.

Εικόνα 8.12. Μονογραμμικό διάγραμμα φ/β συστήματος.



8.7. Γενικές οδηγίες για την ασφάλεια του κοινού

Σε αντίθεση με τις περισσότερες ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες, όπου η παραγωγή ηλεκτρισμού μπορεί να διακοπεί με τη βοήθεια ενός γενικού μέσου απόζευξης, τα Φ/Β πλαίσια παράγουν τάση στους ακροδέκτες τους μόλις εκτεθούν στο ηλιακό φως. Συνεπώς, η εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται συνήθως υπο συνθήκης τάσεως προς την πλευρά των πλαισίων.

Επίσης, λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι η μέγιστη τιμή του ρεύματος ενός Φ/Β πλαισίου είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από την τιμή του ονομαστικού ρεύματος του πλαισίου, τεκμαίρεται ότι η χρήση ασφαλειών δεν εγγυάται τη διακοπή του συστήματος σε περίπτωση σφάλματος (βραχυκύκλωμα πλαισίου). Αυτό συνεπάγεται ότι ένα σφάλμα βραχυκύκλωσης στην πλευρά του Σ.Ρ. μπορεί να εξακολουθεί να υφίσταται ανεξαρτήτως της χρήσης ασφαλειών.

Η καλή σχεδίαση και η σωστή επιλογή των υλικών καλωδίωσης είναι απαραίτητη για την ασφάλεια έναντι ηλεκτροπληξίας όχι μόνο του εγκαταστάτη αλλά και όλων των προσώπων που έρχονται σε επαφή με το σύστημα. Επιπρόσθετα, η επιλογή

καλωδίων κατάλληλης διατομής εγγυάται την αποφυγή πυρκαγιάς λόγω υπερθέρμανσης των καλωδίων σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Τα πλαίσια που θα επιλεγούν θα πρέπει να πληρούν είτε τις τεχνικές προδιαγραφές του κανονισμού EN-IEC 61215 (φ/β κρυσταλλικού πυριτίου), είτε του κανονισμού EN-IEC 61646 (φ/β τεχνολογίας λεπτών υμενίων).

Τέλος, για να μειωθεί η ανεμόπτωση, η συστοιχία θα πρέπει να απέχει μια ικανοποιητική απόσταση από τις ακμές τις στέγης [7].

8.7.1 Μέτρα περιορισμού του κινδύνου ηλεκτροπληξίας κατά την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος

Κατά τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων, ο εγκαταστάτης έρχεται σε επαφή με τους ακροδέκτες των πλαισίων στους οποίους εμφανίζεται συνεχής τάση. Συνήθως η τιμή αυτή δεν υπερβαίνει τα όρια ασφαλείας συνεχούς επαφής, βάση του κανονισμού IEC 364-4-41. Οι ενδεικτικές τιμές των τάσεων των πλαισίων του εμπορίου κυμαίνονται μεταξύ 17 και 100V (ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των κελιών). Παρά ταύτα, οι ηλεκτρονικοί αντιστροφείς/μετατροπείς που χρησιμοποιούνται στα Φ/Β συστήματα συνήθως απαιτούν την εν σειρά σύνδεση περισσοτέρων των δύο πλαισίων, με αποτέλεσμα η τάση της στοιχειοσειράς να υπερβαίνει συχνά τα όρια ασφαλείας. Η τάση της στοιχειοσειράς είναι το γινόμενο του αριθμού των εν σειρά πλαισίων επί τη μέγιστη τάση του ενός. Συνεπώς, η εγκατάσταση του συστήματος πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τα ακόλουθα μέτρα:

- **Προτεινόμενη μεθοδολογία εγκατάστασης**

Σημαντικό μέρος της καλωδίωσης μπορεί να γίνει πριν την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων. Ενδεικτικά, πρώτα τοποθετούμε το γενικό μέσο απόζευξης της πλευράς Σ.Ρ. και τα κιβώτια συνδέσεων. Στη συνέχεια συνδέουμε το θετικό και αρνητικό πόλο της όλης συστοιχίας με το γενικό μέσο απόζευξης χωρίς να έχουμε υλοποιήσει τις ενδιάμεσες συνδέσεις των πλαισίων. Κατόπιν ακολουθεί η εν σειρά σύνδεση των πλαισίων της στοιχειοσειράς, ενώ τέλος το γενικό μέσο απόζευξης συνδέεται στην είσοδο του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Η προτεινόμενη μεθοδολογία αποσκοπεί στην αποφυγή επικίνδυνων τάσεων κατά την εγκατάσταση.

- **Εγκατάσταση με μηδενική ηλιοφάνεια**

Για την αποφυγή εμφάνισης υψηλών τάσεων η εγκατάσταση του συστήματος μπορεί να γίνει είτε καλύπτοντας πλήρως τα πλαίσια είτε κατά τις νυχτερινές ώρες όπου αυτό είναι δυνατό. Επίσης συνίσταται η χρήση ειδικών γαντιών και μονωμένων εργαλείων.

- **Προειδοποιητική σήμανση**

Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να χρησιμοποιείται ειδική σήμανση που να προειδοποιεί για τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

- **Επιλογή μόνωσης καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης**

Η χρήση καλωδίων και κιβωτίων σύνδεσης διπλής μόνωσης ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Για το λόγο αυτό συνίσταται η χρήση υλικών και πλαισίων κλάσης II (Class II construction). Επειδή η κλάση των υλικών και των πλαισίων μπορεί να μην είναι εμφανής, ο εγκαταστάτης οφείλει να την επιβεβαιώνει επικοινωνώντας με τον κατασκευαστή.

- **Επιλογή Φ/Β πλαισίων με προεγκατεστημένο σύστημα**

Τα Φ/Β πλαίσια που διαθέτουν μονωμένους ακροδέκτες σύνδεσης ελαχιστοποιούν την πιθανότητα έκθεσης του εγκαταστάτη σε επικίνδυνες τιμές τάσης. Η επιλογή αυτή είναι απαραίτητη στην περίπτωση που η εγκατάσταση γίνεται από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

- **Αποφυγή γείωσης της πλευράς Σ.Ρ. κατά την εγκατάσταση**

Ένα σύστημα στο οποίο κανένας από τους δύο πόλους δεν είναι γειωμένος εγκυμονεί λιγότερους κινδύνους (συγκριτικά με ένα γειωμένο σύστημα) επειδή ελαχιστοποιείται ο αριθμός πιθανών διαδρομών για το ρεύμα ηλεκτροπληξίας. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι σε ένα σύστημα με γειωμένο τον αρνητικό πόλο ο εγκαταστάτης έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε σημείο της στοιχειοσειράς, και βρίσκεται σε επαφή με τη γη, δημιουργείται δρόμος ρεύματος μέσω αυτού και της γης. Σε αυτή την περίπτωση η τάση στην οποία θα εκτεθεί ο εγκαταστάτης ισούται με το άθροισμα των τάσεων των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων μεταξύ του σημείου επαφής και του αρνητικού πόλου της στοιχειοσειράς.

***Παρατήρηση:** Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία δεν μπορεί να εξαλείψει πλήρως την πιθανότητα ηλεκτροπληξίας.*

Για να μειωθεί η ανεμόπτωση, η συστοιχία θα πρέπει να απέχει μια ικανοποιητική απόσταση από τις ακμές τις στέγης [7].

8.7.2. Συντήρηση

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Ωστόσο, μια περιοδική συντήρηση ρουτίνας που πραγματοποιείται από τον διαχειριστή του συστήματος ή από την εταιρεία εγκατάστασης βοηθάει στο να αποφευχθούν λάθη και μεγάλος χρόνος εκτός λειτουργίας του φ/β συστήματος αλλά και βελτιώνει την

παραγωγή. Για να πραγματοποιηθούν η συντήρηση και η επισκευή, είναι απαραίτητο να υπάρχουν οδηγίες λειτουργίας (ιδίως για τον μετατροπέα) και ορθή τεκμηρίωση του συστήματος το οποίο θα περιλαμβάνει συστημένα θέματα συντήρησης. Η ένδειξη βλάβης του μετατροπέα θα πρέπει να ελέγχεται σε καθημερινή βάση, εάν αυτό είναι δυνατόν. Εν παραλλήλω, τα αποτελέσματα λειτουργίας θα πρέπει να διαβάζονται, να καταγράφονται και να ελέγχονται μια φορά το μήνα. Τα συστήματα αυτόματης παρακολούθησης σφάλματος και λειτουργικών δεδομένων με λειτουργία γνωστοποίησης κάνουν πιο εύκολη την εργασία του διαχειριστή από αυτής της άποψης. [22]

8.7.3. Αντιμετώπιση προβλημάτων

Οι συστοιχίες Φ/Β είναι εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες. Κατα τη διάρκεια ζωής λειτουργίας τους μπορούν να προκύψουν διάφορες βλάβες και σφάλματα. Η μέθοδος επιδιόρθωσης της βλάβης εξαρτάται από το τύπο της βλάβης και το τύπο του Φ/Β συστήματος.

Πρώτον, οι πελάτες θα πρέπει να ερωτούνται πότε και πως καταλαβαίνουν ότι προέκυψε σφάλμα. Τα διαγράμματα κυκλώματος και τεχνική περιγραφή του συστήματος είναι πολύ χρήσιμα. Πριν παρθούν οι μετρήσεις, θα πρέπει να διεξαχθεί ένας οπτικός έλεγχος του Φ/Β συστήματος, συγκεκριμένα της Φ/Β συστοιχίας. Θα πρέπει να γίνει έλεγχος για μηχανικές βλάβες και επικαθήσεις σκόνης.

Θα πρέπει να ελέγχονται οι ηλεκτρολογικές συνδέσεις και καλωδίωση. Μπορούν να συμβούν οι ακόλουθες βλάβες οι οποίες δεν σχετίζονται με τις ασφάλειες, και μπορούν να οδηγήσουν σε ηλεκτρικό τόξο:

- Κακές ή χαλαρές συνδέσεις καλωδίων
- Βραχυκύκλωμα μέσω βλαβών μόνωσης

Οι μετρήσεις που απαιτούνται για την ανίχνευση σφαλμάτων σε διασυνδεδεμένα συστήματα είναι απαραίτητα όπως και αυτές που απαιτούνται για την λειτουργία. Μπορούν να εμφανιστούν οι παρακάτω αιτίες σφαλμάτων ενός συστήματος ή αστοχιών σύμφωνα με την συχνότητα:

- Σφάλμα στον μετατροπέα
- Χαλαρή σύνδεση καλωδίωσης
- Ελαττωματικές ασφάλειες στοιχειοσειρών
- Ελαττωματικό Φ/Β πλαίσιο, και ως ακολούθως, μερική ή ολική αστοχία μιας στοιχειοσειράς
- Σφάλμα μόνωσης.

Πριν από κάθε προσπάθειας επιδιόρθωσης της βλάβης, θα πρέπει να αξιολογηθεί πότε η επισκευή της καλύπτεται με εγγύηση μηχανικού εγκατάστασης ή του σχεδιαστή, και πότε μπορεί να επικαλεστεί η εγγύηση του κατασκευαστή του εξοπλισμού. Εάν αυτό δεν μπορεί να γίνει τότε μια εκτίμηση του κόστους επιδιόρθωσης της βλάβης θα ήταν χρήσιμη. Θα πρέπει να παραχθεί μια καταγραφή επιθεώρησης για την επαναλειτουργία του συστήματος. [16]

8.7.4. Προστασία των κτηριακών φ/β συστημάτων από υπερτάσεις – αντικεραυνική προστασία

Η προστασία των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων από υπερτάσεις και κεραυνούς είναι ένα θέμα το οποίο αποσκοπεί στην προστασία των εγκαταστάσεων παραγωγής, αλλά κυρίως την ασφάλεια των ανθρώπων και θα πρέπει να υλοποιείται μόνο σύμφωνα με τα ισχύοντα εθνικά (ΕΛΟΤ), ευρωπαϊκά (EN) και διεθνή (IEC) πρότυπα αλλά και την ισχύουσα νομοθεσία.

Με κάθε επιφύλαξη, στηριζόμενοι στην υπάρχουσα εμπειρία εκατοντάδων χιλιάδων Φ/Β συστημάτων μικρότερων των 10 kWp που εγκαταστάθηκαν σε ευρωπαϊκές χώρες και δεν εξέχουν σημαντικά από το περίγραμμα του κτηρίου, όπως προβλέπεται στις Υπουργικές Αποφάσεις, θεωρείται ότι ο κίνδυνος από άμεσο κεραυνικό πλήγμα δεν αυξάνεται. Εντούτοις, για την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των κτηριακών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και συσκευών συνίσταται η εκτίμηση των κινδύνων από τους κεραυνούς και τις υπερτάσεις που προκαλούν (ΕΛΟΤ EN 62305).

Τα πρότυπα αντικεραυνικής προστασίας που ισχύουν και εφαρμόζονται είναι της σειράς ΕΛΟΤ EN 62305 καθώς επίσης της σειράς ΕΛΟΤ EN 50164 [16].

8.7.5. Ανίχνευση καταστάσεων απομονωμένης λειτουργίας – «φαινόμενο νησίδας»

Με τον όρο «φαινόμενο νησίδας» ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό. Αιτίες εμφάνισης αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι η ηθελημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας αυτού εξαιτίας της ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για λόγους συντήρησης, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή

αστοχία ενός μέρους του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. (*Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας*) αλλά και το ανθρώπινο λάθος. Η ανίχνευση του «φαινομένου νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στο Ελληνικό ΣΗΕ, όπως εν γένει και των υπολοίπων διεσπαρμενων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων έγκειται στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως η ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων [16].

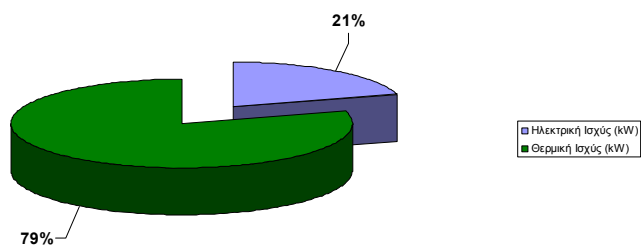
8.8. Εγκατεστημένη ισχύς

Στο Παράρτημα Δ παρατίθεται ο εξοπλισμός/συσκευές που χρησιμοποιούνται στο κτήριο, η θερμική και ηλεκτρική εγκατεστημένη ισχύς που υπάρχει σε κάθε θερμική ζώνη του κτηρίου.

Σύμφωνα με το Παράρτημα Δ προκύπτει ότι η εγκατεστημένη θερμική ισχύς είναι 581,4 kW ενώ η συνολική ηλεκτρική ισχύς είναι 148,37 kW. Η θερμική ισχύς προέρχεται αποκλειστικά από το λέβητα που είναι εγκατεστημένος στο υπόγειο και προορίζεται για θέρμανση χώρου ολόκληρου του κτηρίου.

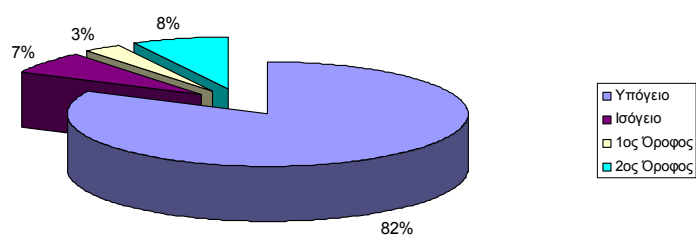
Στην Εικόνα 8.13 δίνεται η κατανομή μεταξύ εγκατεστημένης θερμικής και ηλεκτρικής ισχύος. Προκύπτει ότι η θερμική ισχύς εκπροσωπεί το 80% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος. Ενώ, η ηλεκτρική ισχύς εκπροσωπεί το 20%.

Εικόνα 8.13. Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος του κτηρίου.



Στην Εικόνα 8.14 παρουσιάζεται το ποσοστό εγκατεστημένης ισχύος ανά επίπεδο-όροφος.

Εικόνα 8.14. Κατανομή εγκατεστημένης ισχύος ανά όροφο.

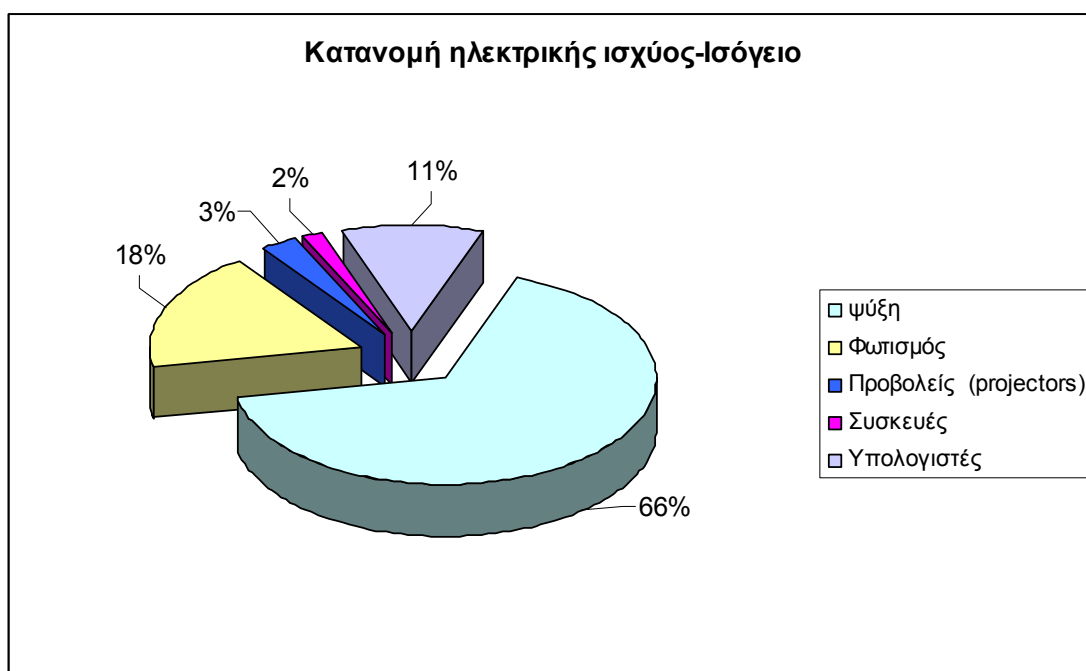


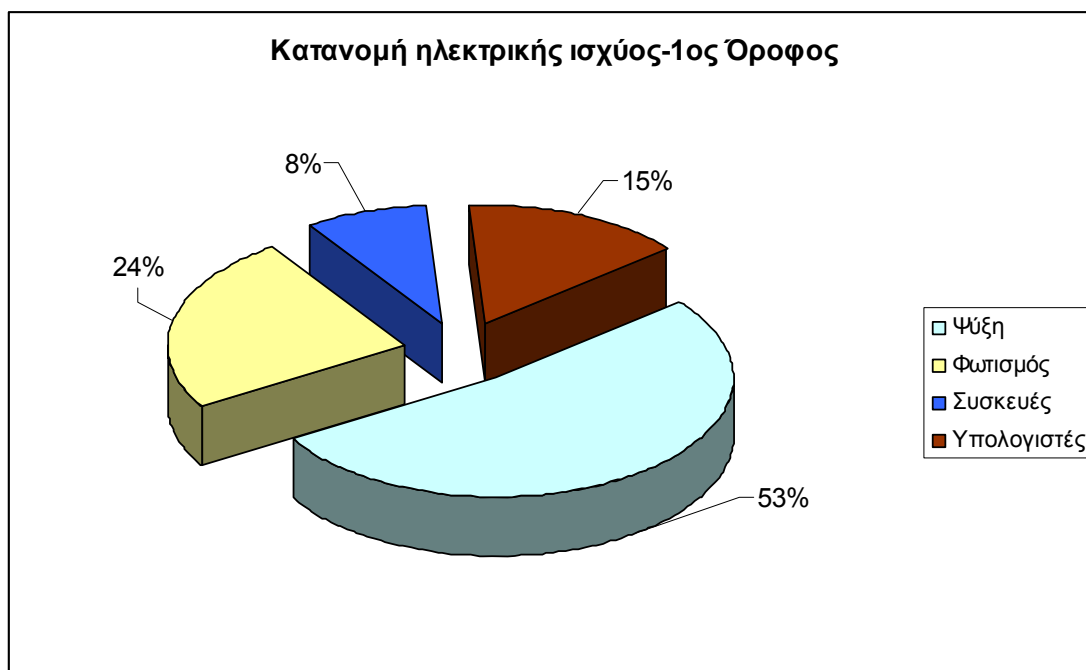
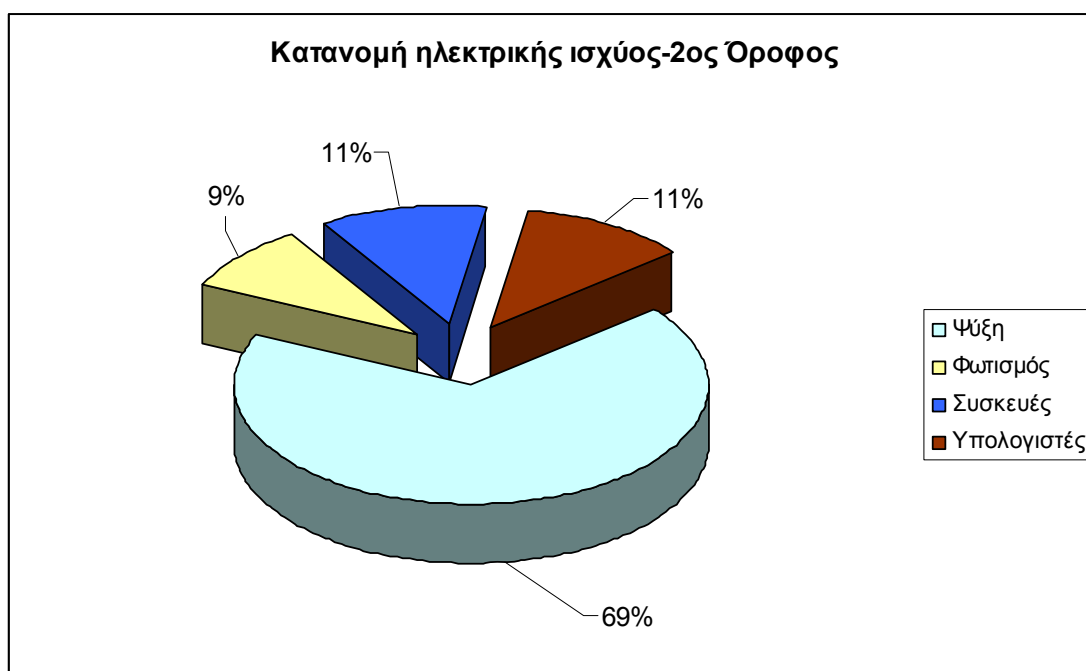
Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανομή της εγκατεστημένης ισχύος ανά χρήση σε κάθε όροφο. Στις Εικόνες 8.15-8.19 δίνεται η κατανομή ηλεκτρικής ισχύος ανά θερμική ζώνη.

Εικόνα 8.15. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο Υπόγειο.



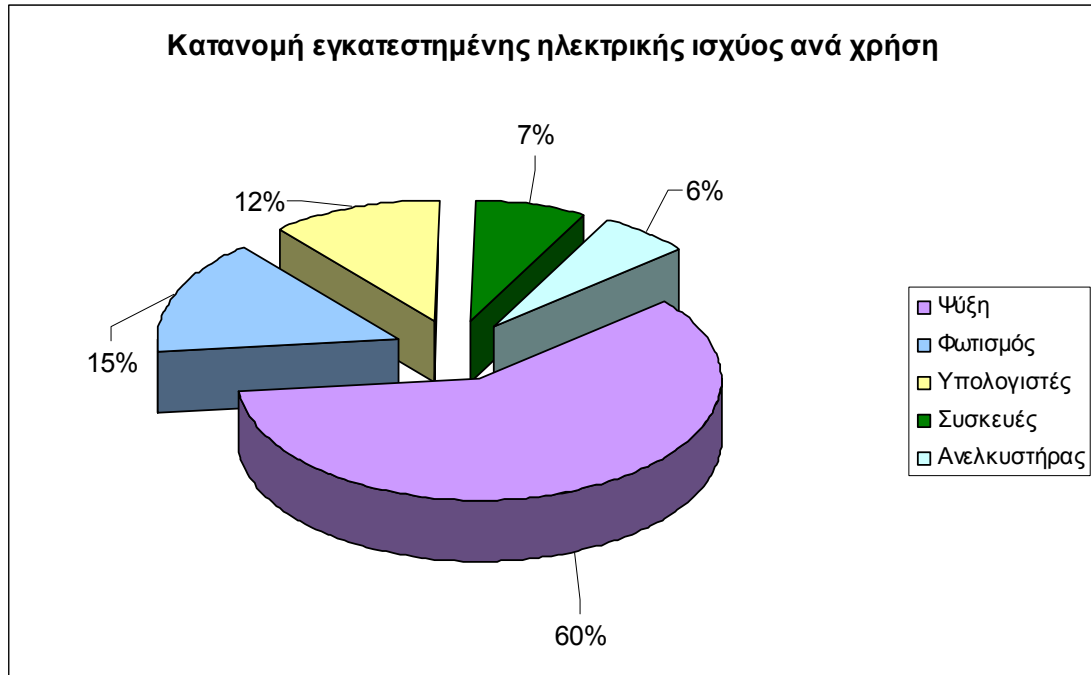
Εικόνα 8.16. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο Ισόγειο.



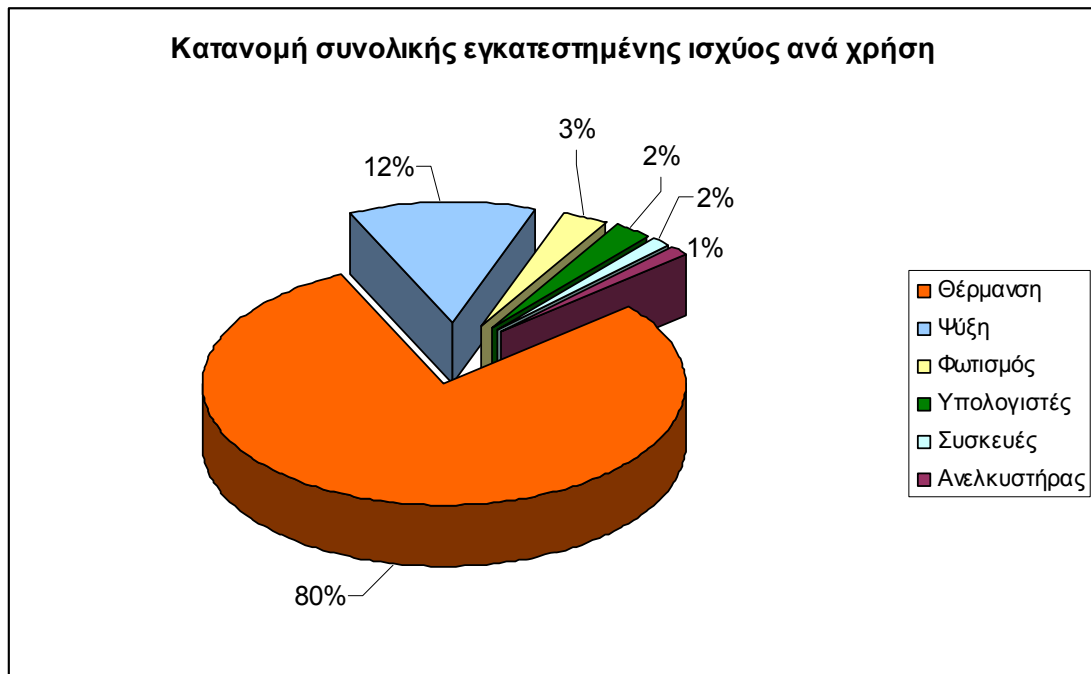
Εικόνα 8.17. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο 1^ο Όροφο.*Εικόνα 8.18. Κατανομή εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στο 2^ο Όροφο.*

Στην Εικόνα 8.20 παρουσιάζεται η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς ανά χρήση ενώ στην Εικόνα 8.21 παρατίθεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανα χρήση.

Εικόνα 8.19. Κατανομή συνολικής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος ανά χρήση για όλο το κτήριο.



Εικόνα 8.20. Κατανομή συνολικής εγκατεστημένης θερμικής και ηλεκτρικής ισχύος ανά χρήση.



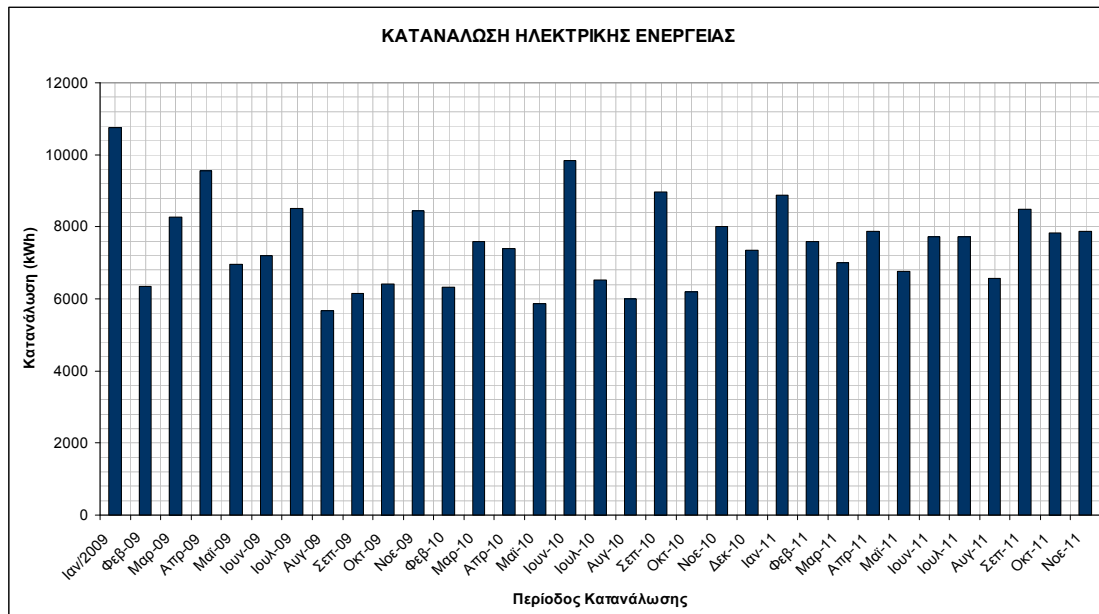
8.9. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ακολουθως παρουσιάζεται η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια την τελευταία τριετία.

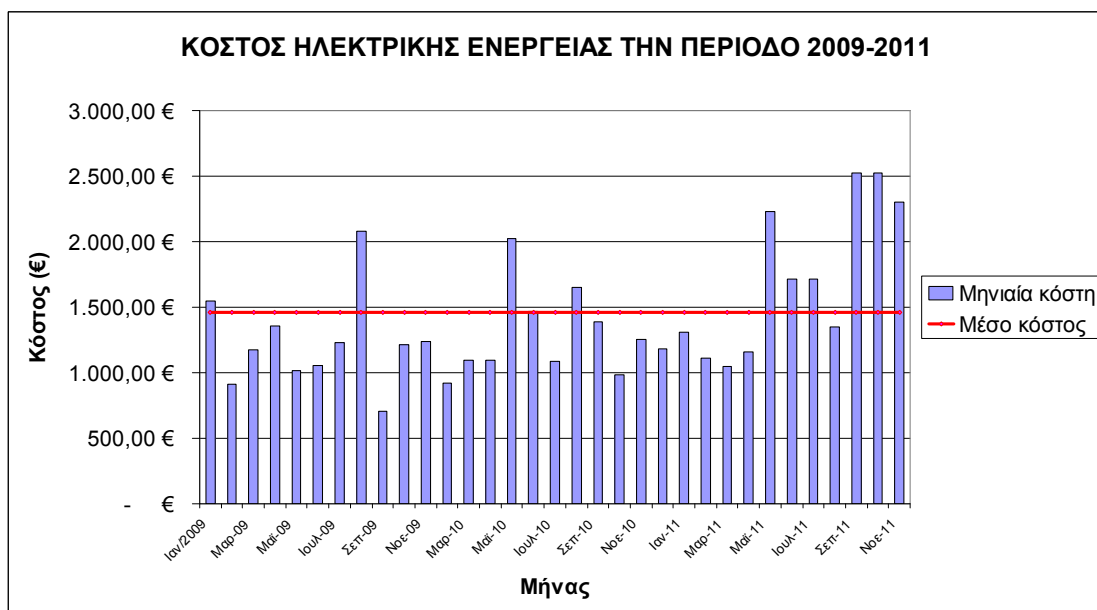
8.9.1. Ηλεκτρική ενέργεια

Στις Εικόνες 8.21 & 8.22 φαίνεται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και το κόστος αυτής την τελευταία τριετία. Στην Εικόνα 8.21 η κατανομή παρουσιάζει μια διακύμανση με φορτία τα οποία άλλοτε είναι μεγαλύτερα τους θερινούς μήνες και άλλοτε τους χειμερινούς.

Εικόνα 8.21. Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 8.22. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 2009-2011.



8.10. Καλωδιώσεις

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων Σ.Ρ. (Συνεχούς Ρεύματος - DC) και Ε.Ρ. (Εναλλασσόμενου Ρεύματος - AC).

8.10.1. Καλωδιώσεις από την πλευρά του Σ.Ρ.

Τα DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα, ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφένων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πλαισίων είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm² για πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πλαισίων ή σφάλματα γής. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω 1m. Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60 °C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (από - 55 °C έως 125 °C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πλαισίων με τους αντιστροφέες κυμαίνονται συνήθως από 4-16mm². Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων. Είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο. Επιπλέον, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γειτνίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τα τρωκτικά. [2]

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των καλωδίων τόσο μεταξύ των πλαισίων (δηλαδή από το (+) ενός πλαισίου στο (-) του επομένου κτλ.) όσο και

μεταξύ των κλάδων των πλαισίων και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή.

Έτσι οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επικράτηση στην αγορά λύσεων τύπου «plug and play» με συνδέσμους καλωδίων που εξασφαλίζουν την απουσία επαφής με γυμνό αγωγό. Επίσης εξασφαλίζει μικρή ωμική αντίσταση (της τάξεως των 5mΩ και μικρότερη). Η Εικόνα 8.23 παρουσιάζει παραδείγματα συνδέσμων καλωδίων.

Εικόνα 8.23. Σύνδεσμοι DC φωτοβολταϊκών καλωδίων. [Πηγή: Multi-Contact]



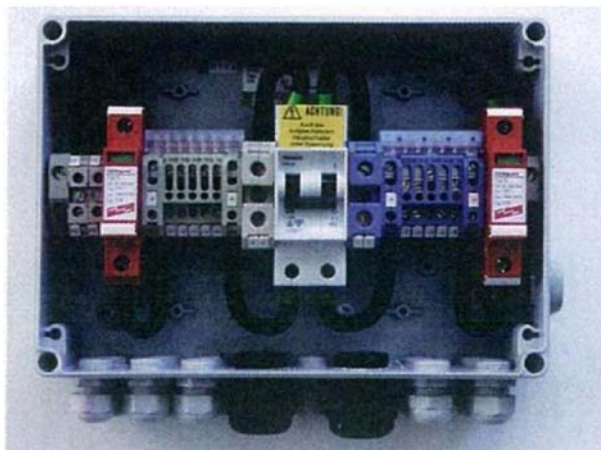
Επιπλέον, η πτώση τάσης επηρεάζει την απόδοση και την ασφαλή λειτουργία μίας Φ/Β εγκατάστασης και αξίζει να σημειωθεί ότι πρέπει να είναι κάτω του 1% στο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος αλλά και εναλλασσόμενου ρεύματος [αναφορά: 4green]

8.10.1 Κ

8.10.2. Διακόπτης Σ.Ρ.

Σε περίπτωση βλαβών ή για να πραγματοποιηθούν εργασίες συντήρησης ή επισκευής πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα να απομονωθεί ο μετατροπέας από την Φ/Β γεννήτρια. Σ' αυτή τη περίπτωση χρησιμοποιείται ο διακόπτης Σ.Ρ. Σύμφωνα με την τυποποίηση IEC 60364-7-712 «Ηλεκτρολογικές Εγκαταστάσεις Κτηρίων – Ηλιακά Φωτοβολταϊκά Συστήματα Τροφοδοσίας», απαιτείται ένας προσβάσιμος διακόπτης φορτίου ανάμεσα στην Φ/Β γεννήτρια και στον μετατροπέα.

Εικόνα 8.24. Διακόπτης Σ.Ρ. στο κιτίο σύνδεσης Φ/Β συστοιχίας.



8.10.3. Καλωδιώσεις από την πλευρά του Ε.Ρ.

Το καλώδιο σύνδεσης Ε.Ρ. συνδέει τον μετατροπέα με το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω εξοπλισμού προστασίας. Στην περίπτωση τριφασικών μετατροπέων, η σύνδεση με το δίκτυο χαμηλής τάσεως γίνεται με καλώδιο πέντε πόλων. Για μονοφασικούς μετατροπέες, χρησιμοποιείται καλώδιο με τρεις πόλους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλώδια τύπου ΝΥΜ (H05VV-U), ΝΥΥ ή ΝΥCWY. Θα πρέπει να πληρούνται οι εθνικοί κώδικες και οι κανονισμοί [22].

Στην πλευρά Ε.Ρ. γενικά θα πρέπει να ακολουθούνται οι συνήθεις πρακτικές που απορρέουν από τον HD384. Η έξοδος του αντιστροφέα συνδέεται σε ξεχωριστό ηλεκτρικό πίνακα, όπου εγκαθίστανται τα μέσα προστασίας και χειρισμού. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού πίνακα θα πρέπει να προέρχεται κατευθείαν από την Παροχή που έχει προμηθεύσει ο Διαχειριστής του Δικτύου στο κτήριο.

Οι ηλεκτρονικοί αντιστροφέες θα πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα απομόνωσης της εξόδου τους από το δίκτυο Ε.Ρ.

Η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής στην έξοδο του αντιστροφέα (πλευρά ΕΡ) πραγματοποιείται με βάση τις απαιτήσεις του προτύπου HD384. Ειδικότερα, στην περίπτωση που ο αντιστροφέας δεν εμπεριέχει γαλβανική απομόνωση ή εμπεριέχει υψίσυχνο Μ/Σ (Μετασχηματιστής), θα πρέπει να παρέχεται προστασία μέσω ρελαί διαφυγής τύπου Β (σύμφωνα με το πρότυπο IEC 364-7-712). Ο επιλεγμένος αντιστροφέας καλό είναι να διαθέτει αυτή τη δυνατότητα χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάσταση επιπλέον ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι αντιστροφέες που υπάγονται σε αυτές τις κατηγορίες μπορεί να φέρουν πιστοποιητικό μετρήσεων για τη μη έγχυση Σ.Ρ, οπότε μπορεί να εγκατασταθεί ρελαί διαφυγής τύπου Α. Για την επιλογή του ρεύματος $I_{\Delta n}$, εκτός από τις απαιτήσεις της οδηγίας HD384, λαμβάνεται υπόψη ότι σε Φ/Β εγκαταστάσεις με αντιστροφέες χωρίς μετασχηματιστή υπάρχει ρεύμα διαρροής στην

κανονική λειτουργία του συστήματος, η τιμή του οποίου δεν μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια (εξαρτάται από τον τύπο των πλαισίων, του αντιστροφέα και τις καιρικές συνθήκες). Στις περιπτώσεις αυτές, η εγκατάσταση ρελαί διαφυγής με ρεύμα διέγερσης 30 mA μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες διακοπές στη λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Είναι λοιπόν σκόπιμο, ο μελετητής να ακολουθήσει τις οδηγίες του κατασκευαστή του αντιστροφέα για την επιλογή του κατάλληλου ρελαί διαφυγής.

Τονίζεται ότι η ελαχιστοποίηση των οδεύσεων είναι επιθυμητή, τόσο στην μεριά Σ.Ρ. όσο και στη μεριά Ε.Ρ. προκειμένου να επιτυγχάνεται μείωση των ηλεκτρικών απωλειών.

Για το κύκλωμα μετά τον αντιστροφέα, τα καλώδια είναι τα συνήθη που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής τάσης (0,6/1 KV). Θα πρέπει να επιλέγονται πάντα καλώδια εξωτερικού χώρου, ώστε να μπορούν να αντέχουν στις καιρικές συνθήκες και γενικότερα να μη φθείρονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι μονώσεις των καλωδίων αυτών είναι συνήθεις για θερμοκρασία λειτουργίας 60-90οC (RUBBER, PVC, XLPE, EPR, κ.λπ.) και θερμοκρασία περιβάλλοντος 60-70οC (CR, PVC, κ.λπ.). Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης, τα καλώδια αυτά επιλέγονται να είναι δύσκαμπτα για χωνευτές εγκαταστάσεις ή εύκαμπτα για τοποθέτηση σε σωλήνες ή ακόμη και να έχουν θωράκιση (οπλισμό) για μηχανική, αντιπρωκτική προστασία και για απευθείας ενταφιασμό στο έδαφος [7],[22].

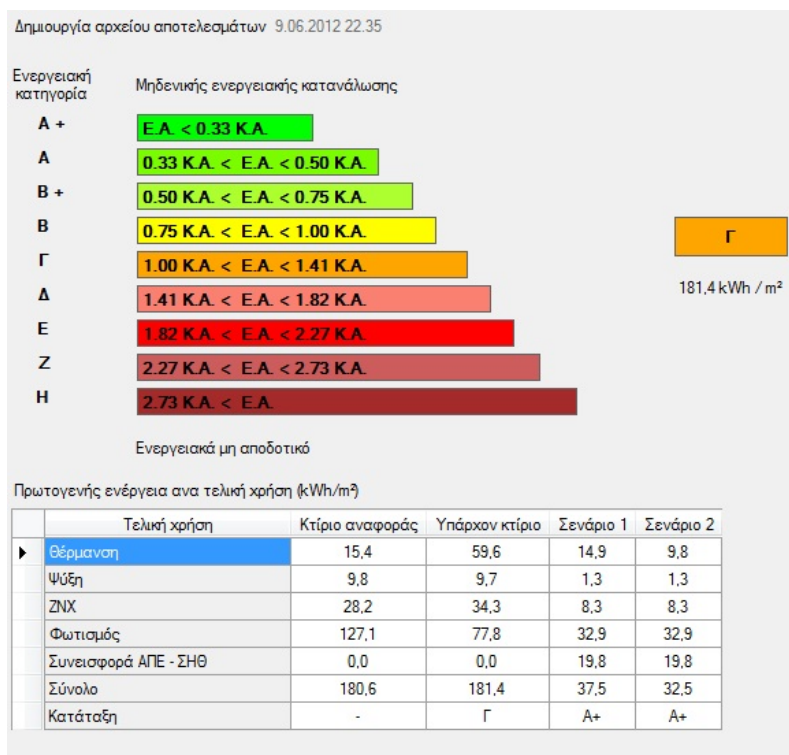
9. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

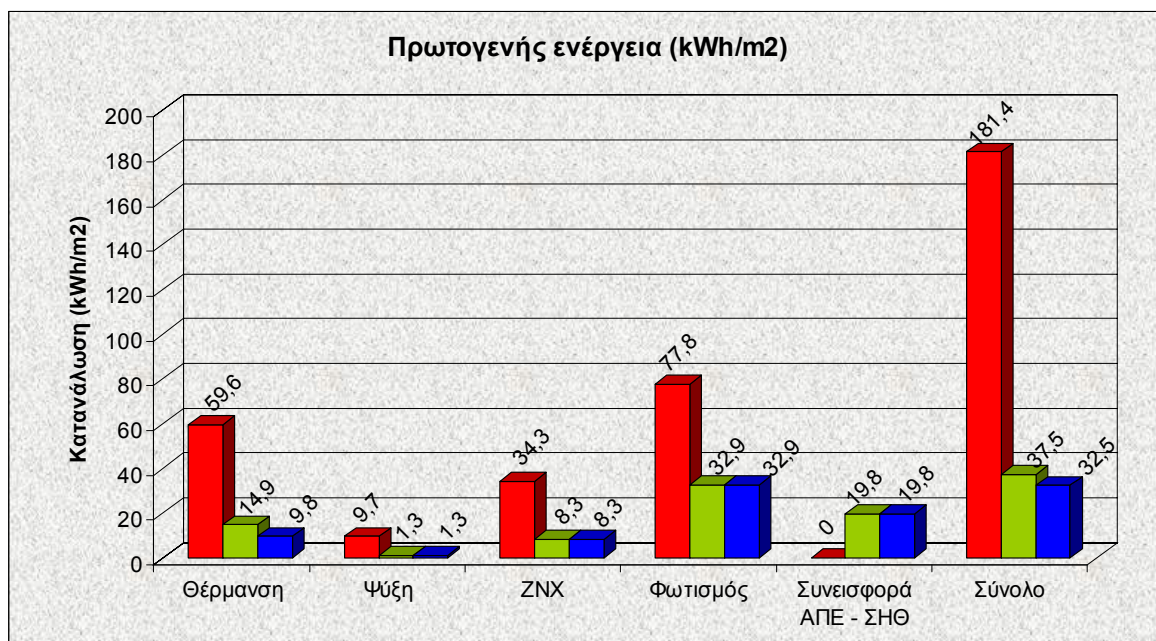
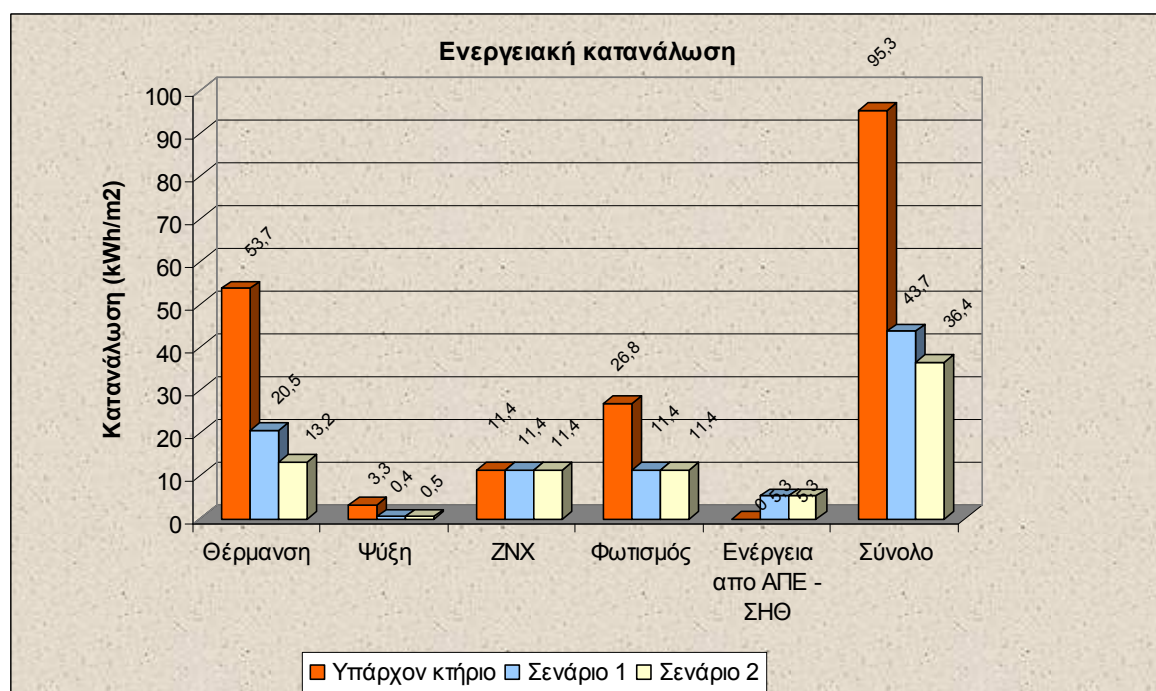
Με την εφαρμογή των μέτρων ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων που εξετάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο επιτυγχάνεται ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών. Με τη χρήση του λογισμικού TEE-KENAK δόθηκε η δυνατότητα να εκτιμηθούν αυτές οι επεμβάσεις από οικονομικής και περιβαλλοντικής άποψης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προκύπτουν το κτήριο του Πανεπιστημίου δεν μπορεί να θεωρηθεί κτήριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση (ZEB), ωστόσο μπορεί να πετύχει ενέργειακή κλάση A+ και να χαρακτηριστεί ως κτήριο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, με βάση τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας που έγιναν.

Διαμορφώθηκαν δύο σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας. Στο πρώτο εξετάστηκε η δυνατότητα σύνδεσης του συστήματος θέρμανσης με το δίκτυο τηλεθέρμανσης, η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής, η αντικατάσταση των γραμμικών λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες φωτοдиодων (High Power LED 3rd Generation) και η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων (BEMS). Ενώ το δεύτερο σενάριο ήταν ίδιο με το πρώτο μόνο που προστέθηκε και η εξωτερική θερμομόνωση του κτηριακού κελύφους. Στις Εικόνες 9.1-9.3 φαίνονται η ενεργειακή κατάταξη, η πρωτογενής ενέργεια και η τελική ενεργειακή κατανάλωση.

Εικόνα 9.1. Ενεργειακή κατάταξη του κτηρίου.



Εικόνα 9.2. Πρωτογενής ενέργεια ανα χρήση, συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ και σύνολο.**Εικόνα 9.3.** Τελική ενεργειακή κατανάλωση ανα χρήση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η ενέργεια που προορίζεται για θέρμανση μετά τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης μειώνεται κατά 61,8%, ενώ για την ψύξη και το φωτισμό η μείωση ανέρχεται σε 88% και 57,4% αντίστοιχα για το σενάριο 1. Ενώ για το σενάριο 2 η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση χώρων ανέρχεται σε 75,4%, για ψύξη 84,8% και για φωτισμό 57,4%. Στο σενάριο 2 η μικρή αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας για ψύξη από 0,4 kWh/m² σε 0,5 kWh/m² οφείλεται στην θερμότητα που εκλύεται από τις

ηλεκτρικές συσκευές και τους χρήστες που βρίσκονται στο κτήριο. Προφανώς η θερμομόνωση ελαττώνει τις θερμικές απώλειες και έτσι η εκλυόμενη θερμότητα παραμένει στο εσωτερικό του κτηρίου αυξάνοντας ελαφρά την θερμοκρασία.

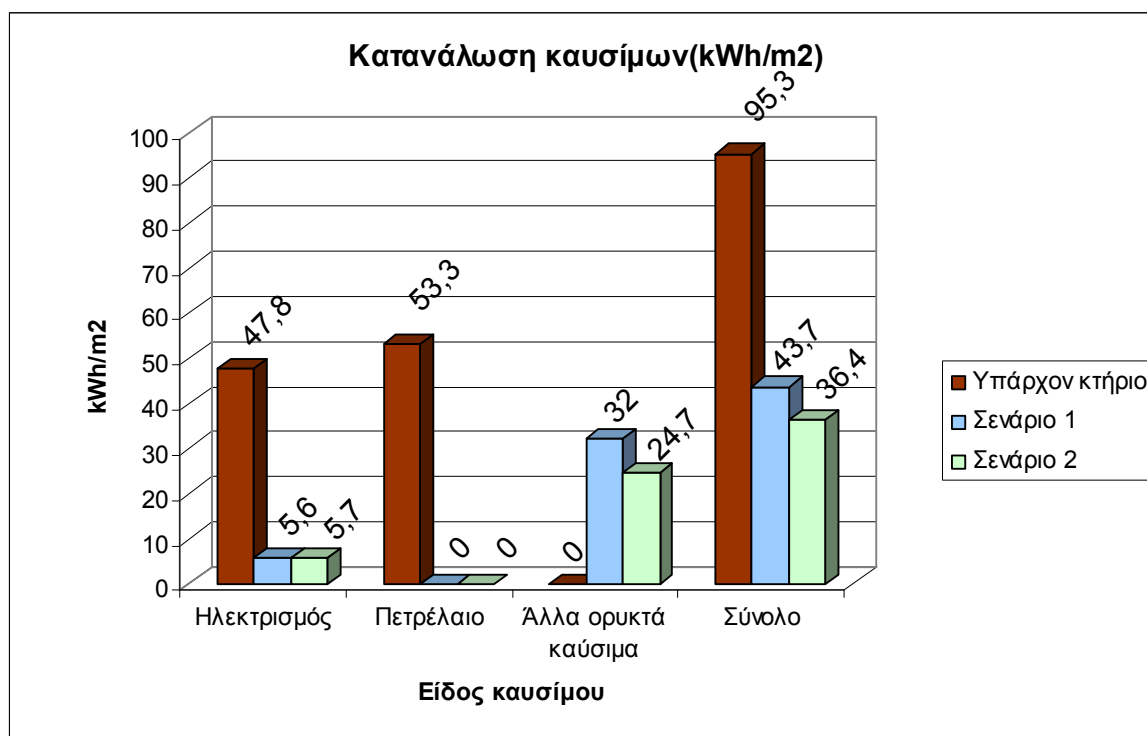
Συνολικά μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας 54% στην τελική ενεργειακή κατανάλωση και η μείωση της πρωτογενούς ενέργειας μπορεί να φτάσει έως και 61,8%.

Ένα πολύ βασικό μέτρο ενεργειακής απόδοσης είναι αναμφισβηητά η αξιοποίηση ανανεώσιμης ενέργειας όπως αυτής των φωτοβολταϊκών. Η εγκατάσταση φ/β γεννήτριας 10 kWp συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά 11%. Τέλος σημειώνεται ότι η ενεργειακή κατανάλωση για παραγωγή Ζεστού Νερού Χρήσης είναι θεωρητική και όχι πραγματική. Ο λόγος είναι ότι το λογισμικό TEE-KENAK για να δείξει αξιόπιστα αποτελέσματα θα πρέπει να θεωρηθεί ένα σύστημα παραγωγής ZNX ασχέτως εάν δεν υπάρχει κανένα σύστημα ZNX.

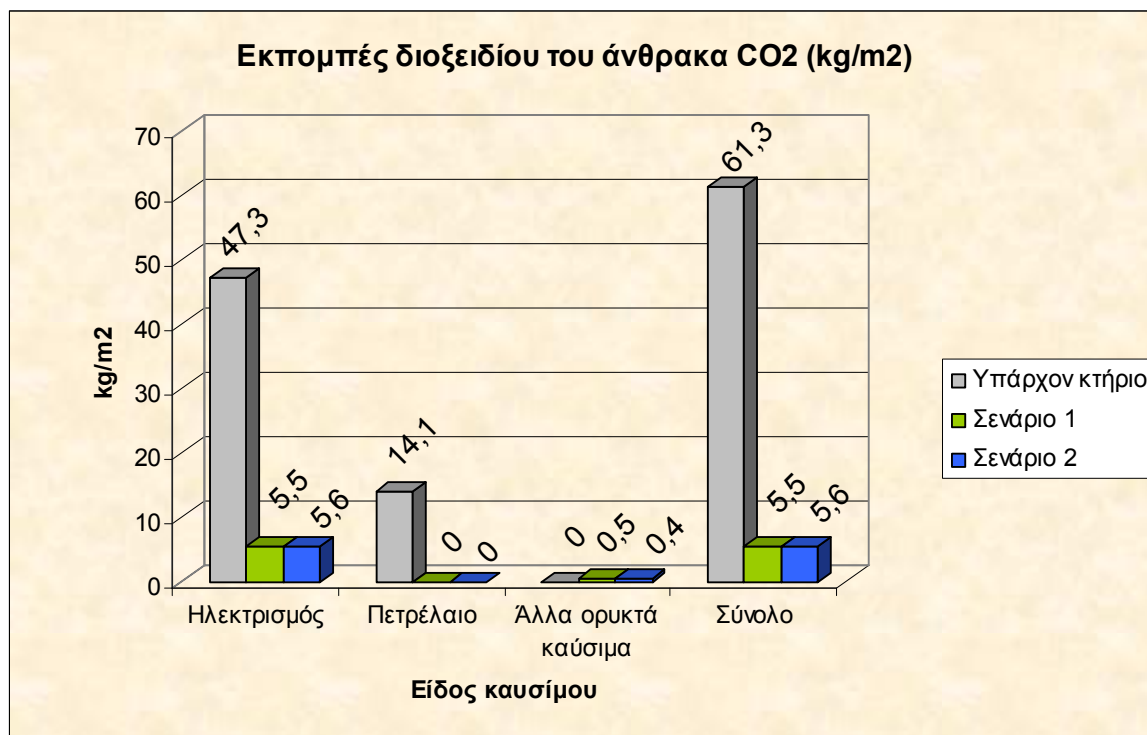
Συνεπώς εάν αγνοηθεί η κατανάλωση ενέργειας για ZNX τότε αυξάνεται ακόμα πιο πολύ η μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Η κατανάλωση καυσίμων φαίνεται στην Εικόνα 9.4. Όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα επιτυγχάνεται σημαντικά μείωση όπως φαίνεται στην Εικόνα 9.5.

Εικόνα 9.4. Κατανάλωση καυσίμων.



Εικόνα 9.5. Μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.



Σύμφωνα με την Εικόνα 9.5 παρατηρείται μια πολύ μεγάλη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της τάξεως του 91%. Η κατηγορία «Άλλα ορυκτά καύσιμα» προφανώς αναφέρεται στην τηλεθέρμανση η οποία εμπεριέχει την ενέργεια από την καύση του λιγνίτη. Οι εκπομπές από το πετρέλαιο εκμηδενίζονται κάτι που δείχνει τα θετικά χαρακτηριστικά της τηλεθέρμανσης.

Η μικρή αύξηση των εκπομπών CO₂, στο Σενάριο 2 σε σύγκριση με το Σενάριο 1, κατα πάσα πιθανότητα οφείλεται στην ολίγον αυξημένη απαίτηση σε ψυκτική ενέργεια λόγω εφαρμογής της θερμομόνωσης που αυξάνει ελαφρά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

9.1. Οικονομοτεχνική ανάλυση βάσει ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ

Τα Σενάρια που διαμορφώθηκαν είχαν τα παρακάτω αποτελέσματα όσον αφορά τα κόστη, την εξοικονόμηση ενέργειας και την περίοδο αποπληρωμής.

Για το Σενάριο 1 το αρχικό κόστος επένδυσης εκτιμάται στο ποσό των 142'139,00 € και η περίοδος αποπληρωμής τα 7,5 έτη. Το λειτουργικό κόστος είναι 4'862,1 €. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας φτάνει τα 143,9 kWh/m² αριθμός που αντιστοιχεί

στο 79,3%. Η τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας είναι 0,4 €/ kWh⁸. Η μείωση εκπομπών CO₂ είναι 55,8 kg/m².

Για το Σενάριο 2 το αρχικό κόστος επένδυσης εκτιμάται στο ποσό των 229'150,500 € και η περίοδος αποπληρωμής τα 11,6 έτη. Το λειτουργικό κόστος είναι 4'107,1 €. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας φτάνει τα 148,9 kWh/m² αριθμός που αντιστοιχεί στο 82,1%. Η τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας είναι 0,7 €/ kWh. Η μείωση εκπομπών CO₂ είναι 55,8 kg/m². Τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνονται στην Εικόνα 9.6.

Εικόνα 9.6. Κόστη και περίοδος αποπληρωμής.

Κόστη και περίοδος αποπληρωμής					
	Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
▶	Λειτουργικό κόστος (€)	19.366,7	23.886,3	4.862,1	4.107,1
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			142.139,0	229.150,5
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m ²)			143,9	148,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			79,3	82,1
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4	0,7
	Μείωση εκπομπών CO ₂ (Kg/m ²)			55,8	55,8
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			7,5	11,6

Η Εικόνες 9.7-9.9 δείχνουν τις μηνιαίες απαιτήσεις, την ενεργειακή κατανάλωση, την κατανάλωση καυσίμων και τις εκπομπές CO₂ για το υπάρχον κτήριο και για τα δύο σενάρια που διαμορφώθηκαν.

⁸ Ο λόγος του αρχικού κόστους επένδυσης προς την ετήσια εξοικονομούμενη πρωτογενή ενέργεια.

Εικόνα 9.7. Ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO₂ για το υπάρχον κτήριο.

Υπάρχον κτήριο														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	6,4	4,6	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5	5,4	22,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,0	1,1	1,3	11,2
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	15,3	11,1	6,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	6,0	13,0	53,7
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3
	ZNX	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	11,4
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	0,0	0,0	2,7	2,7	2,7	2,7	26,8
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	19,4	15,1	10,6	5,1	3,7	6,9	0,0	0,0	3,5	4,0	9,9	17,0	95,3
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	47,8		47,3										
	Πετρέλαιο	53,3		14,1										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	95,3		61,3										

Εικόνα 9.8. Ενεργειακές απαιτήσεις , ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO₂ του κτηρίου σύμφωνα με το Σενάριο 1.

Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	7,6	5,6	3,5	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,2	6,5	27,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,0	1,1	1,3	11,2
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαϊ.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	5,6	4,1	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,4	4,8	20,5
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	ZNX	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	11,4
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	1,1	11,4
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,0	0,0	0,6	0,5	0,4	0,3	5,3
	Σύνολο	8,1	6,6	5,1	2,9	2,2	2,4	0,0	0,0	2,0	2,3	4,7	7,3	43,7
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	5,6		5,5										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	32,0		0,5										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	43,7		5,5										

Εικόνα 9.9. Ενεργειακές απαιτήσεις, ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές CO₂ του κτηρίου σύμφωνα με το Σενάριο 2.

Σενάριο 2														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	5,0	3,6	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,9	4,2	17,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0	0,8	0,0	0,0	0,8	1,0	1,1	1,3	11,2
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
▶	Θέρμανση	3,7	2,7	1,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,5	3,2	13,2
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	ZNX	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,9	0,0	0,0	0,8	1,0	1,2	1,4	11,4
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	1,1	1,1	1,1	1,1	11,4
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,0	0,0	0,6	0,5	0,4	0,3	5,3
	Σύνολο	6,3	5,1	4,1	2,6	2,2	2,5	0,0	0,0	2,0	2,2	3,8	5,7	36,4
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)		Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)										
▶	Ηλεκτρισμός	5,7		5,6										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	0,0		0,0										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	24,7		0,4										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	36,4		5,6										

Σημειώνεται ότι οι τιμές της πρωτογενούς ενέργειας διαφέρουν από αυτές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τους αντίστοιχους συντελεστές μετατροπής, όπως αυτοί ορίζονται από τον ΚΕΝΑΚ.

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση σε κτήριο Σχεδόν Μηδενικής Κατανάλωσης (ZEB) ακόμα δεν έχουν καθοριστεί συγκεκριμένα όρια κατηγοριοποίησης. Αυτό οφείλει να τα ορίσει κάθε κράτος-μέλος λαμβάνοντας υπ' όψιν τις κλιματολογικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες κάτι που μέχρι στιγμής δεν έχει συζητηθεί [11].

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων το κτήριο Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών δεν εντάσσεται σε καμία κατηγορία κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης (ZEB) και πιο συγκεκριμένα:

- Δεν είναι «κτήριο μηδενικής ενέργειας επι τόπου παραγωγής» γιατί δεν παράγει τόση ενέργεια όση χρειάζεται κατά την διάρκεια ενός έτους.
- Δεν είναι «κτήριο μηδενικής πηγής ενέργειας» γιατί η εισαγωγή και εξαγωγή ενέργειας δεν είναι ίσες κατά τη διάρκεια του έτους.
- Δεν είναι «κτήριο μηδενικών δαπανών» γιατί το ποσό των χρημάτων που πληρώνει η εταιρεία παροχής ενέργειας στον ιδιοκτήτη για την εξερχόμενη ενέργεια από το κτήριο δεν είναι ίσο με το ποσό που πληρώνει ο ιδιοκτήτης στην

εταιρεία για την υπηρεσία καθώς και για την ενέργεια που καταναλώθηκε κατά τη διάρκεια του έτους.

- Δεν είναι «κτήριο μηδενικών εκπομπών» γιατί δεν παράγει τόση ενέργεια από ΑΠΕ (χωρίς εκπομπές) όση καταναλώνει από συμβατικές πηγές ενέργειας που εκπέμπουν.

Οι καταναλώσεις ενέργειας που προκύπτουν θα ήταν δυνατόν να ισοσκελιστούν με επιπλέον εισαγωγή ενέργειας εκτός της τοποθεσίας του κτηρίου (off-site) που προέρχεται από ΑΠΕ. Αυτό συμβαίνει είτε με τη χρήση της παραγόμενης ενέργειας γειτονικών παραγωγών ΑΠΕ είτε όπως συμβαίνει σε χώρες του εξωτερικού μέσω αγοράς μονάδων ανανεώσιμης ενέργειας (Renewable energy credits ή RECs) [11].

Τα κτήρια που επιθυμούν να καταταχθούν στην κατηγορία ZEB ή NZEB αγοράζουν τις RECs από πιστοποιημένους παραγωγούς ΑΠΕ εκτός της τοποθεσίας. Στόχος τους είναι να ισοσταθμίσουν την ενέργεια που δεν μπορούν να καλύψουν με εγκατεστημένες ΑΠΕ στο χώρο τους ή ακόμα χρησιμοποιούν πιστοποιημένες μονάδες για να ισοσταθμίσουν τη συνολική ενέργεια σε περίπτωση που δεν έχουν τη δυνατότητα εγκατάστασης ΑΠΕ στην τοποθεσία τους. Ωστόσο συστήνεται η αποφυγή εκτεταμένης χρήσης των RECs και θα πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και εγκατάστασης ΑΠΕ στο ίδιο το κτήριο [11].

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής εργασίας προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτηρίου του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών – Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Δεν μπόρεσε να επιτευχθεί ο στόχος του κτηρίου μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας λόγω περιορισμένης δυνατότητας αξιοποίησης των ΑΠΕ. Ωστόσο, με τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης που προτάθηκαν, το κτήριο θα μπορούσε να πετύχει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και να φτάσει την ενεργειακή κατηγορία A+ με ετήσια ενεργειακή κατανάλωση 32,5 kWh/m² σε σύγκριση με την αρχική κατανάλωση που είναι 181,4 kWh/m².

Αρχικά έγινε η ενεργειακή επιθεώρηση του κτηρίου, του συστήματος θέρμανσης και λέβητα και του συστήματος κλιματισμού. Στη συνέχεια τα δεδομένα που συλλέχθηκαν περάστηκαν στο λογισμικό TEE-KENAK, που έβγαλε ενεργειακή κλάση Γ για το κτήριο. Στην επόμενη φάση εξετάστηκαν τα μέτρα που θα παρθούν για την βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου.

Για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση προτείνεται η σύνδεση με το δίκτυο τηλεθέρμανσης της Κοζάνης που θα αντικαταστήσει το λέβητα πετρελαίου και θα μειώσει με αυτό το τρόπο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Για την μείωση της ενέργειας για ψύξη, η οποία παρουσιάζεται κυρίως τον μήνα Ιούνιο προτείνεται η εγκατάσταση ανεμιστήρων οροφής. Η εγκατάσταση συστήματος BEMS είναι από τα βασικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας ώστε το κτήριο να θεωρείται χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης.

Μελετήθηκε επίσης η δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκής γεννήτριας ισχύος 10 kWp η οποία θα καλύψει ένα ποσοστό της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Σημειώνεται ότι δεν εξετάστηκε το ενδεχόμενο εγκατάστασης Συστήματος Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) λόγω έλλειψης δικτύου φυσικού αερίου στην περιοχή⁹, ενώ παράλληλα θεωρείται ότι η δυνατότητα χρήσης βιομάζας για συμπαγωγή δεν θα είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα όσον αφορά την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτηρίου. Εκτιμάται ότι σε πιθανή επέκταση δραστηριοτήτων της Δημόσιας Εταιρείας Παροχής Αερίου (ΔΕΠΑ) στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, οι εγκαταστάσεις ΣΗΘ με λειτουργία φυσικού αερίου θα προσέφεραν πολλά πλεονεκτήματα στους κατοίκους και στην κοινωνία της ευρύτερης περιοχής αφού θα παρήγαγαν την ηλεκτροενέργεια και την θερμότητα για να καλύψουν τις ανάγκες τους.

⁹ Θεωρείται ότι η αποδόσεις των συστημάτων ΣΗΘ που λειτουργούν με φυσικό αέριο είναι αρκετά υψηλές λόγω των διαθέσιμων τεχνολογιών που υπάρχουν.

Για μελλοντικές επεκτάσεις τις διπλωματικής προτείνεται η μοντελοποίηση και η προσομοίωση του κτηρίου με κάποιο εμπορικό λογισμικό π.χ. TRNSYS, EnergyPlus EραCAD εξετάζοντας παράλληλα την εγκατάσταση ΣΗΘ ώστε να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου και να ενταχθεί σε κατηγορία κτηρίου μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.

Στα επόμενα χρόνια η έννοια και ο ρόλος του «*Zero Energy Building*» θα απασχολεί ολοένα και περισσότερο κόσμο, ενώ θα οδηγήσει σε μια διαφορετική κατεύθυνση κατασκευής των κτηρίων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- [1] Γεωργόπουλος, Χ. Ι., Σταυρακάκης, Ε. Ι., Τσιακάρης, Π. Ε., Πολυματίδου, Σ. Κ., Τζιόλας, Α. Δ. (2003). *Αγγλοελληνικό λεξικό μηχανικών(Μετάφραση του βιβλίου Dictionary of Engineering του Parker, S. P., εκδόσεις McGraw-Hill)*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- [2] Δαμιανίδης, Μ., Κατσαρός, Γ., Τόλης, Μ., Στεργιόπουλος, Φ. (2011). Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων [Ηλεκτρονική έκδοση]. Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ Κεντρικής Μακεδονίας.
- [3] ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ (Δ.Ε.ΤΗ.Π). (2012). *Οδηγίες σύνδεσης με την τηλεθέρμανση έτος 2012* [Ηλεκτρονική έκδοση]. Πτολεμαΐδα: Δήμος Εορδαίας.
- [4] Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής. (2011). *Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*. Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος.
- [5] Κανονισμός Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτηρίων (ΚΕΝΑΚ), Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, (2010).
- [6] Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων-ΚΘΚ. (1979)
- [7] ΚΑΠΕ. (2009). *Οδηγίες για την εγκατάσταση φ/β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις*. ΥΠΕΚΑ, Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας.
- [8] Καραγιάννης Λ., Β., Χαμπίδης, Γ. (2002). *Μελέτη θερμικών απωλειών τριώροφης οικοδομής*.
- [9] Οδηγία 2010/31/ΕΕ. (2010), Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.
- [10] Οδηγίες εγκατάστασης ενδοδαπέδιας θέρμανσης. REHAU Ε.Π.Ε. Τμήμα κτιριακών εγκαταστάσεων.
- [11] Σαρακενίδης, Λ., Παπαθανασίου Φ. (2011). *Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής της αναθεωρημένης οδηγίας ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων σε πανεπιστημιακό κτίριο του Α.Π.Θ.. Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας, Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Επιβλέποντες: Γ. Παπαγιάννης, Θ. Παπαδόπουλος, Θεσσαλονίκη Ιούλιος*.
- [12] ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010. *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*.
- [13] ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010. *Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της*

θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων.

- [14] ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010. Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών.
- [15] ΤΟΤΕΕ 20701-4/2010. Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού.
- [16] Τσουτσούκας, Ν., Καμπεζίδης, Χ., Καλαμπαλίκης, Ν., Μπαξεβάνου, Κ., Μπιτσόλας, Θ., Σιαφάκας, Ν. et al. (2008). *Διερεύνηση της δυνατότητας – σκοπιμότητας και των προδιαγραφών εγκατάστασης και λειτουργίας φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κτήριο του ΤΕΕ Κεντρικής & Δυτικής Θεσσαλίας* [Ηλεκτρονική έκδοση]. Περιφερειακό Τμήμα ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ & ΔΥΤΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.

Ξενόγλωσση

- [17] Building Performance Institute Europe-BPIE. (2011). *Europe's Buildings Under The Microscope* [Electronic version]. Brussels: BPIE.
- [18] Building Performance Institute Europe-BPIE. (2011). *Principles For Nearly Zero-Energy Buildings* [Electronic version]. Brussels: BPIE.
- [19] Cruickshank, D. (2008, April). *What house – builders can learn from igloos*. BBC NEWS Magazine. Retrieved April 22, 2012, from <http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk-news/magazine/7326031.stm>
- [20] Gaiddon, B., Kaan, H., Munro, D. (2009). *Photovoltaics in the urban environment: Lessons Learnt from Large-Scale Projects*. [Electronic version]. London: earthscan.
- [21] Galloway, T. (2004). *Solar House: A guide for the solar designer*. Oxford: Architectural Press.
- [22] German Solar Energy Society (DGS). (2008). *Planning and Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers (2nd ed.)* [Electronic version]. London: Earthscan.
- [23] Holihan, R., Keeley, D., Lee, D., Tu, P., Yang, E. (2003, Spring). *How Warm is an Igloo?* Retrieved April 22, 2012, from <http://dspace.library.cornell.edu/bitstream/1813/125/2/Igloo.pdf>
- [24] Marino, A., Bertoldi, P., Rezessy, S. (2010). *Energy Service Companies Market in Europe* [Electronic version]. Luxembourg: JRC European commission.
- [25] Quaschnig, V., Hanitsch, R. (1996). *Shading of Integrated Photovoltaic Systems in Buildings*. 4th European Conference in SolarEnergy and UrbanPlanning, Berlin.
- [26] Papadopoulou, E. (2012). *Energy Management in Buildings Using Photovoltaics*. London: Springer-Verlang.
- [27] Papadopoulou, E. (2011). *Photovoltaic Industrial Systems: An Environmental Approach*. Heidelberg: Springer-Verlang.

- [28] Shah, A.V., Schade, H., Vanecek, M., Meier, J., Vallat-Sauvain, E., Wyrsh, N., et al. (2004). *Thin-film Silicon Solar Cell Technology [Electronic version]. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 12, 113-142.*
- [29] Solar Energy International. (2004). *Photovoltaics: Design and Installation Manual [Electronic version].* Canada:New Society Publishers.
- [30] SOM. (2012). Pearl River Tower. Retrieved May 15, 2012, from http://som.com-/content.cfm/pearl_river_tower
- [31] Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., Crawley, D. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition.*National Renewable Energy Laboratory.
- [32]
- [33] Yudelson, J. (2007). *Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building [Electronic version].* Gabriola Island: New society publishers.

Ιστοσελίδες

- [34] EuropeanCommission.http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm
- [35] Zero Energy Building Database. <http://zeb.buildinggreen.com/>
- [36] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας www.cres.gr
- [37] Πανελλήνιος Σύνδεσμος Διογκωμένης Πολυστερίνης www.epshellas.com
- [38] SMA Solar Technology. www.sma-hellas.com
- [39] ExelGroup Green Technologies. www.exelgroup.gr
- [40] d-c-fix company <http://www.d-c-fix.com>
- [41] Exakm – Industrial Commercial Technical Co. SA www.exakm.gr
- [42] Art and light www.artandlight.net
- [43] Marex Solutions www.marex.gr
- [44] Alibaba.com www.alibaba.com
- [45] High Power LED 3d generation light up your life www.upmakeHigh Power LED 3d generation.com
- [46] Software for Photovoltaic Systems. www.pvsyst.com
- [47] <http://www.urbika.com/projects/view/896-pearl-river-tower>
- [48] <http://planetark.org/enviro-news/>
- [49] <http://www.flickr.com/photos/banfflakelouise/2274619237/>
www.wilo.gr
- [50] Active house. www.active-house.ru
- [51] Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Pearl_River_Tower
- [52] <http://greywateraction.org/>

- [53] <http://www.wahaso.com/>
- [54] <http://oasisdesign.net/>
- [55] <http://www.rewater.com/>
- [56] <http://sinkpositive.com/site/>
- [57] <http://earthship.com/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ