

Παραδοτέο Π.5:
Ενεργειακή Μελέτη Δημόσιου Κτιρίου

V.0.1,
27/07/2012

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 2: Χαρακτηριστικά Κτιρίου	4
Κεφάλαιο 3: Ενεργειακή Αποτύπωση Κτιρίου	7
Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία Μετρήσεων - Αποτελέσματα	13
Βιβλιογραφία	16

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Το παρόν παραδοτέο με τίτλο: «**Παραδοτέο 5 Ενεργειακή Μελέτη Δημοσίου Κτιρίου**» πραγματοποιείται για το έργο της Περιφέρειας Ηπείρου “**Εκπόνηση Μελετών στο Πλαίσιο του Έργου: «Alterenergy Strategic Project - Energy Sustainability for Adriatic Small Communities» στο πλαίσιο υλοποίησης της ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΠΡΩΤΟΒΟΥΛΙΑΣ IPA ADRIATIC 2007-2013**”.

Ο στόχος του παραδοτέου Π.5 είναι η ενεργειακή αποτίμηση του Δημοτικού κτιρίου γραφείων της Περιφέρειας Θεσπρωτίας στην Ηγουμενίτσα. Η επιλογή να μελετηθεί το συγκεκριμένο κτίριο πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών (Π.1 - Π.4), τις αναπτυξιακές προτεραιότητες της περιοχής και σε στενή συνεργασία με τα αρμόδια στελέχη της Περιφέρειας Ηπείρου.

Μετά την παρούσα εισαγωγή, το **Παραδοτέο Π.5** δομείται ως ακολούθως:

- Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται σύνοψη των χαρακτηριστικών του δημοσίου κτιρίου.
- Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζεται εμπειριστατωμένη σύνοψη της ενεργειακής αποτύπωσης του δημοσίου στην Ήπειρο.
- Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζεται η επεξεργασία μετρήσεων της ενεργειακής αποτύπωσης του κτιρίου.
- Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η ενεργειακή κατάταξη του εν λόγω κτιρίου.

Σημειώνεται ότι για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου χρησιμοποιείται το εθνικό λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 1.29 και υιοθετούνται οι παραδοχές της οδηγίας ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 [1] που σχετίζονται με τα σχεδιαστικά και θερμικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, τα συστήματα ψύξης/θέρμανσης και τα ηλεκτρικά συστήματα. Ειδικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων λαμβάνονται από την οδηγία ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010 [2].

Η Περιφέρεια Ηπείρου εξασφάλισε την πρόσβαση στο συγκεκριμένο κτίριο και την διάθεση υφιστάμενων στοιχείων.

Κεφάλαιο 2: Χαρακτηριστικά Κτιρίου

Το κτίριο βρίσκεται στον Δήμο Ηγουμενίτσας (γεωγρ. μήκος: 20°15', γεωγρ. πλάτος: 39°30') της Περιφερειακή Ενότητας Θεσπρωτίας της Περιφέρειας Ηπείρου και εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Β [3], ενώ υψίσταται σε χαμηλό υψόμετρο (15m από την επιφάνεια της θάλασσας). Σημειώνεται ότι, η δυτική όψη του κτιρίου απέχει 100m από τη θάλασσα, ενώ ανατολικά υπάρχει ένας ορεινός όγκος μικρού ύψους (38m) κλίσης 20%. Λόγω της σχετικά μικρής κλίσης, η ανατολική όψη σκιάζεται κυρίως από το πλησιέστερο ύψωμα (σε απόσταση 13.5m) με ύψος ίσο με το ύψος της ανατολικής όψης (7.865m) και από το γειτονικό κτίριο ύψους 8m που εδράζεται στο ύψωμα. Ο περιβάλλον χώρος του κτιρίου απεικονίζεται στο παρακάτω χάρτη, όπου επισημαίνεται το εξεταζόμενο κτίριο.



Εικόνα 1: Χάρτης Λιμανιού Ηγουμενίτσας - Εντοπισμός Κτιρίου

Το ισόγειο και ο 1ος όροφος είναι πέτρινοι (αργολιθοδομή) πάχους 0.55m, ενώ ο 2ος όροφος πληρώνεται με επιχρισμένη υπερμπατική οπτοπλινθοδομή πάχους 0.35m. Σημειώνεται ότι, το ισόγειο και ο 1ος όροφος περιλαμβάνουν κάποιες επιχρισμένες επιφάνειες που περιβάλλουν τα ανοίγματα. Η δυτική όψη του κτιρίου που εκπροσωπεί την κεντρική είσοδο δίδεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2: Πρόσοψη Κτιρίου (Δυτική όψη)

Τα κουφώματα του κελύφους είναι συνθετικά με διπλό υαλοπίνακα διακένου 12mm, ενώ η αναλογία πλαισίου/υαλοστασίου είναι 20%/80% (Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Μορφολογία Οροφής

Η διάταξη των εσωτερικών χώρων δίνεται στις κατόψεις του κτιρίου (ισόγειο, 1ος όροφος, 2ος όροφος) στο **Παράρτημα Α**.

Το κτίριο περιλαμβάνει δύο αίθριους χώρους αεροστεγώς κλειστούς και οι συνοριακές επιφάνειες μεταξύ αυτών και του εσωτερικού χώρου του κτιρίου είναι επιχρισμένες με λευκό χρώμα, έχουν δομή όμοια με το εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου (ισόγειο και 1ος: Αργολιθοδομή, 2ος: Οπτοπλινθοδομή) και περιλαμβάνουν κουφώματα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα διακένου 6mm, ενώ η αναλογία πλαισίου/υαλοστασίου είναι 20%/80%.

Η συνολική επιφάνεια των τριών επιπέδων του κτιρίου (χωρίς τα αίθρια) είναι 3,441m². Η επιφάνεια του δαπέδου του ισογείου, 1ου και 2ου ορόφου είναι 873m², 1275.44m² και 1292.55m², αντίστοιχα. Η επιφάνεια κάθε αιθρίου είναι 51.33m². Το ύψος ισογείου, 1ου και 2ου ορόφου είναι 4.363m, 4.241m και 3.232m, αντίστοιχα. Η οροφή είναι κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος μονωμένης με εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 0.05m (Εικόνα 3).

Κεφάλαιο 3: Ενεργειακή Αποτύπωση Κτιρίου

Στην παρούσα ενότητα συγκεντρώνονται τα στοιχεία και οι μετρήσεις που προέκυψαν από την επιτόπια αποτύπωση του κτιρίου.

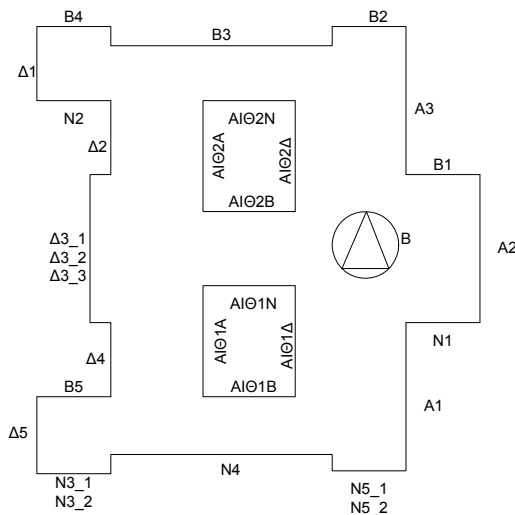
Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι:

- Συλλογή στοιχείων που αφορούν την χρήση, τα χαρακτηριστικά, την γεωμετρία του κτιρίου (κατόψεις) και τα συστήματα θέρμανσης (φύλλο ελέγχου λέβητα).
- Επιτόπια αποτύπωση συμπληρωματικών στοιχείων για την ενεργειακή αποτίμηση:
 - ο Γεωμετρικά στοιχεία (διαστάσεις και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ανοιγμάτων, εμπόδια έναντι κάθε όψης, δομικά στοιχεία, ύψος ορόφων, κτλ.).
 - ο Αναγνώριση θερμικών ζωνών
 - ο Αναγνώριση θερμαινόμενων χώρων (ΘΧ) ανά θερμική ζώνη (υπολογισμός θερμαινόμενης επιφάνειας για κάθε θερμαινόμενο χώρο).
 - ο Αναγνώριση μη θερμαινόμενων χώρων (ΜΘΧ) και αποτύπωση συνοριακών επιφανειών μεταξύ ΘΧ και ΜΘΧ για κάθε θερμική ζώνη.
 - ο Καταγραφή συστημάτων θέρμανσης/ψύξης (υπολογισμός ψυχόμενης επιφάνειας) για κάθε θερμική ζώνη.
 - ο Καταγραφή εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού και άλλων ηλεκτρικών συστημάτων, π.χ. ανελκυστήρες.
- Αξιοποίηση των μετρήσεων για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου.

Με βάση την εκτιμώμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθορίζεται η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και η κατάταξή του με βάση προκαθορισμένα επίπεδα ενεργειακής αποδοτικότητας.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε συλλογή όλων των απαιτούμενων στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Για την διευκόλυνση της καταγραφής των στοιχείων του κελύφους, οι όψεις διακρίνονται σε επιφάνειες με τις κωδικές ονομασίες που επισημαίνονται στο Σχήμα 1. Σημειώνεται ότι κάποιες όψεις διαχωρίζονται σε επιμέρους επιφάνειες λόγω διαφορετικών χαρακτηριστικών που επιβάλλουν τον διαχωρισμό, π.χ. η όψη Δ3 διακρίνεται σε τρεις

επιμέρους επιφάνειες λόγω της ύπαρξης προβόλων διαφορετικών διαστάσεων σε κάθε όροφο.



Σχήμα 1: Σύνοψη Κάτοψης

3.1 Στοιχεία Όψεων

Για κάθε όψη πραγματοποιήθηκε φωτογραφική κάλυψη και αποτυπώθηκαν τα παρακάτω στοιχεία:

- Πλήθος ανοιγμάτων ανά όροφο.
- Διαστάσεις και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μη ανοιγόμενων και ανοιγόμενων κουφωμάτων.
- Δομικά χαρακτηριστικά τοίχου.
- Ύψος και μήκος προβόλων.
- Ύψος έναντι εμποδίων και απόστασή τους από το κτίριο.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στο **Παράρτημα Β**.

Επιπρόσθετα, αποτυπώθηκαν ορισμένες επιφάνειες του κτιρίου, οι οποίες αναλόγως των χώρων με τους οποίους έρχονται σε επαφή, επηρεάζουν τους υπολογισμούς μεταφοράς θερμότητας. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω μετρήσεις:

- Κατακόρυφη επιφάνεια 30.541m² στο εσωτερικό του κτιρίου που είναι σε επαφή με το λεβητοστάσιο.
- Κατακόρυφη επιφάνεια ισογείου 118.23m² σε επαφή με το έδαφος.
- Κατακόρυφη επιφάνεια αιθρίου 38.61m² σε επαφή με το έδαφος.
- Οριζόντια επιφάνεια αιθρίου 51.33m² σε επαφή με το έδαφος.
- Οριζόντια επιφάνεια 29.09m² στο εσωτερικό του κτιρίου που είναι σε επαφή με το λεβητοστάσιο.
- Οριζόντια επιφάνεια 29.029m² 1ου ορόφου σε επαφή με το λεβητοστάσιο.
- Οριζόντια επιφάνεια 356.61m² ισογείου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.
- Οριζόντια επιφάνεια 490.76m² 1ου ορόφου σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο.
- Οριζόντια επιφάνεια 546.36m² ισογείου σε επαφή με το έδαφος.

Παρατήρηση: Οι κατακόρυφες σε επαφή με έδαφος επιφάνειες είναι αποτέλεσμα της εγκατάστασης του κτιρίου σε κεκλιμένο επίπεδο. Για τον ίδιο λόγο, ένα μέρος του δαπέδου του ισογείου και του 1ου ορόφου είναι σε επαφή με όγκους τσιμέντου (μπαζώματα) οι οποίοι λαμβάνονται ως μη θερμαινόμενοι χώροι.

3.2 Θέρμανση Χώρων

Οι ανάγκες θέρμανσης καλύπτονται από ένα σύστημα δύο λεβήτων 750kW και 900kW (Εικόνα 4), οι οποίοι είναι μη μονωμένοι και λειτουργούν ταυτόχρονα. Ο πραγματικός βαθμός απόδοσης μονάδας λέβητα-καυστήρα (η_{gm}), όπως μετρήθηκε από την ανάλυση καυσαερίων (βλ. φύλλο ελέγχου λέβητα, **Παράρτημα Γ**), είναι ίσος με 0.905 και για τους δύο λέβητες.



Εικόνα 4: Σύστημα Λεβήτων



Εικόνα 5: Τερματικές Μονάδες Θέρμανσης Χώρων

Οι τερματικές μονάδες είναι κοινά καλοριφέρ (Εικόνα 5) και ανά όροφο κατανέμονται ως εξής: 18% στο ισόγειο, 42% στον 1ο όροφο και 40% στον 2ο όροφο (πλήθος σωμάτων: 149). Επίσης, σημειώνεται ότι ένα ποσοστό 22% τοποθετούνται σε τοίχους που δεν είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, ενώ το 78% τοποθετούνται σε τοίχους που είναι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Ως βοηθητικές μονάδες χρησιμοποιούνται 3 κυκλοφορητές των 400W (Εικόνα 6).



Σχήμα 6: Κυκλοφορητές Συστήματος Θέρμανσης Χώρων

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά Αντλιών Θερμότητας

Μοντέλο	Cooling capacity (kW)	Input (kW)	EER
toyotomi	6.42	1.3	4.93
Hitachi	3.2	1.3	2.46
Hitachi	3.2	1.3	2.46
Haier	3.2	1.23	2.6
Haier	3.2	1.23	2.6
Samsung	3.2	1.23	2.6
General	3.25	1.35	2.4
Mitsubishi	3.2	1.3	2.46
Mitsubishi	3.2	1.3	2.46
Hitachi	3.2	1.3	2.46
Hitachi	3.2	1.3	2.46
Gree	3.2	1.3	2.46
General	3.25	1.35	2.4
Dynamic	3.2	1.3	2.46
Haier	3.2	1.23	2.6
Haier	3.2	1.23	2.6
Eskimo	3.2	1.3	2.46
General	3.25	1.35	2.4
Hitklima	3.2	1.3	2.46
Mitsubishi	3.2	1.3	2.46
Eskimo	2.72	1.35	2.01
Hitachi	3.2	1.3	2.46
Fujitsu inv	3.4	0.805	4.22
Fujitsu inv	3.4	0.805	4.22
Hitachi	3.2	1.3	2.46

3.3 Συστήματα Ψύξης

Δεν υπάρχει κεντρική μονάδα ψύξεως στο κτίριο, ενώ ένα μικρό μέρος του κτιρίου περιλαμβάνει τοπικές αερόψυκτες αντλίες θερμότητας. Τα μοντέλα των αντλιών και οι αντίστοιχες ιδιότητες, καθώς και ο υπολογιζόμενος δείκτης αποδοτικότητας (EER) δίδονται στον Πίνακα 1. Από τα δεδομένα του Πίνακα 1 υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για ψύξη (83.29kW) και ο μέσος δείκτης EER ίσος με 2.7. Επίσης, μετρήθηκε η επιφάνεια του κτιρίου που εξυπηρετείται από τις μονάδες ψύξης ίση με 586m², που αντιπροσωπεύει το 17% της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

3.4 Συστήματα Φωτισμού

Οι ανάγκες για φωτισμό καλύπτονται κυρίως από λαμπτήρες γραμμικού φθορισμού T8. Το πλήθος των λαμπτήρων καταγράφεται στον Πίνακα 2, από όπου προκύπτει συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού ίση με 20.934kW.

Πίνακας 2: Σύνοψη Λαμπτήρων

Είδος λαμπτήρα	18W	36W	58W	60W
Φθορισμού T8	712	82	87	
Πυρακτώσεως				2

3.5 Λοιπά Συστήματα

Δεν υπάρχει σύστημα παραγωγής ζεστού νερού καθώς δεν υπάρχουν σχετικές ανάγκες (τυπικό κτίριο γραφείων). Υπάρχει ανελκυστήρας με ισχύ κινητήρα 11kW, ενώ ο χρόνος ανόδου-καθόδου μεταξύ των επιπέδων ισογείου και 2ου ορόφου είναι 15sec. Συνεπώς, εκτιμάται λειτουργία του ανελκυστήρα επί 27 ώρες ετησίως.

Κεφάλαιο 4: Επεξεργασία Μετρήσεων - Αποτελέσματα

Στην παρούσα ενότητα γίνεται επεξεργασία των μετρήσεων που παρουσιάζονται στην Ενότητα 3.

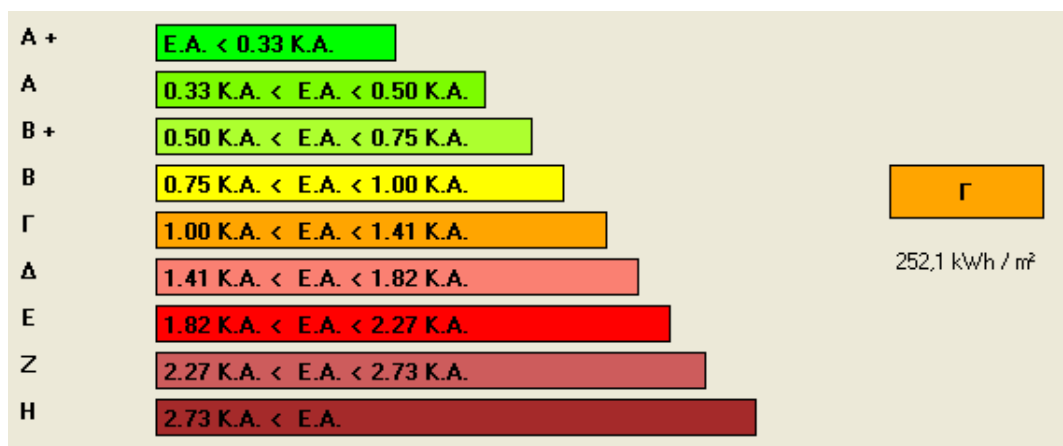
Οι μετρήσεις επεξεργάζονται κατά τρόπο ώστε να παράγονται τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου στο λογισμικό KENAK 1.29. Η επεξεργασία των μετρούμενων στοιχείων για την παραγωγή των δεδομένων εισόδου στο λογισμικό αναλύεται λεπτομερώς στο **Παράρτημα Δ**.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των αποτυπώσεων για τον ορισμό των συνοριακών επιφανειών του κελύφους, όπως εισάγονται στο λογισμικό (ως δεδομένα εισόδου) παρουσιάζονται στο **Παράρτημα Ε**. Τα δεδομένα ορισμού των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης όπως τίθενται στο λογισμικό (δεδομένα εισόδου) συγκεντρώνονται στο **Παράρτημα ΣΤ**.

Τα δεδομένα που προκύπτουν από την επεξεργασία που παρουσιάζεται στην ενότητα 3, εισάγονται στο λογισμικό TEE KENAK 1.29 και υπολογίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου.
- Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά χρήση.
- Μηνιαία απαίτηση και αντίστοιχη κατανάλωση ενέργειας.
- Ετήσια κατανάλωση καυσίμων και αντίστοιχες εκπομπές CO₂.
- Ετήσιο λειτουργικό κόστος: 47,500€.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 7: Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου

Πίνακας 3: Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
Θέρμανση	14.8	99.6
Ψύξη	46.9	63.7
ZNX	0	0
Φωτισμός	123.5	88.7
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0	0
Σύνολο	185.3	252.1
Κατάταξη	-	Γ

Πίνακας 4: Μηνιαία Απαιτήση Ενέργειας

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	12.7	8.9	4	0.5	0	0	0	0	0	0	3.8	11	40.9
Ψύξη	0	0	0	0	1.1	6.6	10.3	9.8	1.7	0	0	0	29.6
Υγρανση	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZNX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5: Μηνιαία Κατανάλωση Ενέργειας

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m ²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	26.4	18.6	8.6	1.3	0	0	0	0	0	0.2	8.1	22.8	86
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ψύξη	0	0	0	0	1.1	5.1	7.4	7	1.5	0	0	0	22
ZNX	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Φωτισμός	2.6	2.3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	30.6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο	29	20.9	11.2	3.8	3.7	7.6	10	9.6	4	2.8	10.6	25.4	138.6

Πίνακας 6: Ετήσια Κατανάλωση Καυσίμων & Αντίστοιχες Εκπομπές CO₂

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²)	Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²)
Ηλεκτρισμός	55.4	54.8
Πετρέλαιο	83.2	22
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	138.6	76.8

Από τα αποτελέσματα παραπάνω διαπιστώνεται ότι:

- Ο φωτισμός του κτιρίου θεωρείται ικανοποιητικός αφού η αντίστοιχη ενεργειακή κατανάλωση υπολογίζεται χαμηλότερη από αυτήν του κτιρίου αναφοράς.
- Η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη του κτιρίου είναι υψηλή.

Συμπεραίνεται ότι τα υφιστάμενα συστήματα θέρμανσης/ψύξης επιδέχονται βελτίωσης.

Βιβλιογραφία

[1] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, Αναλυτικές τεχνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων για την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης-B' Έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012.

[2] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας ΤΟΤΕΕ 20701-2/2010, Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων-A' έκδοση, Αθήνα, Ιούλιος 2010.

[3] Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010, Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών-B' έκδοση, Αθήνα, Απρίλιος 2012.

[4] Taha, H., Sailor, D., & Akbari, H. (1992). High-albedo materials for reducing building energy use. California: Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California.

[5] G.M. Stavrakakis, E. Tzanaki, V.I. Genetzaki, G. Anagnostakis, G. Galetakis, E. Grigorakis, A computational methodology for effective bioclimatic-design applications in the urban environment, *Sustainable Cities and Society* 4 (2012) 41-57.