

Ενεργειακή Μελέτη

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ : ΔΗΜΟΣ ΝΕΣΤΟΡΙΟΥ

ΕΡΓΟ : ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ – ΛΥΚΕΙΟΥ ΝΕΣΤΟΡΙΟΥ

ΘΕΣΗ : ΝΕΣΤΟΡΙΟ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : ΙΟΥΛΙΟΣ 2020

ΝΕΣΤΟΡΙΟ 11/03/2022

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ



ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ


Αγνή Γκούρα
Πολιτικός Μηχανικός

Ο Προϊστ. Τμ.μ.
Έργων, Μελετών & Προμηθειών


Στέφανος Μπούσιος
Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

Ο Προϊστ. Δ/σης
Τεχνικών Υπηρεσιών Καθαριότητας
& Πρασίνου



Μέλλιος Αθανάσιος
Πολιτικός Μηχανικός

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|----|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 3 |
| 2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ | 4 |
| 2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ | 4 |
| 2.2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ | 4 |
| 3. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ | 6 |
| 4. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΡΙΟΥ | 6 |
| 4.1. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ | 14 |
| 4.2. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ | 15 |
| 4.3. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ | 16 |
| 5. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ | 18 |
| 5.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ, ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 18 |
| 5.1.1. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ | 19 |
| 5.1.2. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΨΥΞΗΣ | 19 |
| 5.1.3. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ | 20 |
| 5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 20 |
| 5.3. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ | 21 |
| 5.4. ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ | 21 |
| 6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ | 22 |
| 6.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ | 22 |
| 6.2. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ | 22 |
| 6.3. ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΡΙΟΥ | 23 |
| 6.3.1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ | 23 |
| 6.3.2. ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ | 24 |
| 6.3.3. ΚΤΗΡΙΑΚΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ | 25 |
| 6.3.4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ | 27 |
| 7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ | 31 |
| 7.1. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ | 32 |
| 7.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΗΡΙΟΥ | 33 |
| 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ, ΠΡΟΤΥΠΑ, ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ | 35 |

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκπόνηση μελέτης ενεργειακής απόδοσης είναι υποχρεωτική, βάσει του νόμου 3661/2008 «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α 89) , για όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια με τις εξαιρέσεις του άρθρου 11, όπως αυτός τροποποιήθηκε σύμφωνα με το άρθρο 10 και 10Α του νόμου 3851/2010. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης εκπονείται βάσει του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων - Κ.Εν.Α.Κ. (ΦΕΚ 2367/Β/12-7-2017) και τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας που συντάχθηκαν υποστηρικτικά του κανονισμού όπως αυτές ισχύουν επικαιροποιημένες. Ειδικότερα, η μελέτη ενεργειακής απόδοσης βασίζεται στις εξής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.:

- 20701-1/2017: «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-2/2017: «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» - Α' Έκδοση (Νοέμβριος 2017),
- 20701-3/2010: «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών πόλεων»

Η ενσωμάτωση παθητικών ηλιακών συστημάτων (Π.Η.Σ.) πέραν του άμεσου κέρδους, εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) και συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού - θέρμανσης (Σ.Η.Θ.) θα καλυφθεί στην αμέσως επόμενη φάση με την έκδοση των ακόλουθων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που θα καθορίσουν με σαφήνεια τις παραμέτρους και τις προδιαγραφές των σχετικών μελετών - εγκαταστάσεων :

- 20701-X/2010: "Βιοκλιματικός σχεδιασμός".
- 20701-X/2010: "Εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. σε κτήρια".
- 20701-5/2017: "Εγκαταστάσεις Σ.Η.Θ. σε κτήρια".

Σύμφωνα με την εγκύκλιο οικ. 1603/4.10.2010: "Για την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 1 του άρθρου 8 "Σχεδιασμός Κτηρίου", απαιτείται συστηματική προσέγγιση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηρίου με επαρκή τεχνική τεκμηρίωση, στη βάση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας και έως την έκδοση σχετικής Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Στην περίπτωση που αποδεδειγμένα υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί (πολεοδομικού, τεχνικού, αισθητικού, οικονομικού χαρακτήρα, κ.ά.) που ενδεχομένως αποκλείουν την εφαρμογή της βέλτιστης ενεργειακά λύσης, υποβάλλεται υποχρεωτικά Τεχνική Έκθεση, η οποία θα τεκμηριώνει επαρκώς τους λόγους μη εφαρμογής κάθε μίας από τις περιπτώσεις της παραγράφου 1 του άρθρου 8. "

Στόχος της ενεργειακής μελέτης είναι η ελαχιστοποίηση κατά το δυνατόν της κατανάλωσης ενέργειας για τη σωστή λειτουργία του κτηρίου, μέσω:

- του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους, αξιοποιώντας τη θέση του κτηρίου ως προς τον περιβάλλοντα χώρο, την ηλιακή διαθέσιμη ακτινοβολία ανά προσανατολισμό όψης, κ.ά,
- της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου με την κατάλληλη εφαρμογή θερμομόνωσης στα αδιαφανή δομικά στοιχεία αποφεύγοντας κατά το δυνατόν τη δημιουργία θερμογεφυρών, καθώς και την επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων, δηλαδή συνδυασμό υαλοπίνακα, αλλά και πλαισίου,
- της επιλογής κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης, για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης με την κατά το δυνατόν ελάχιστη κατανάλωση (ανεγμένης) πρωτογενούς ενέργειας,
- της χρήσης τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) όπως, ηλιοθερμικά συστήματα, φωτοβολταϊκά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εδάφους, υπόγειων και επιφανειακών νερών) κ.ά. και
- της εφαρμογής διατάξεων αυτομάτου ελέγχου της λειτουργίας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, για τον περιορισμό της άσκοπης χρήσης τους.

2. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σε αυτήν την ενότητα, γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου, σχετικά με την θέση του και τον περιβάλλοντα χώρο, τη χρήση και το προφίλ λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων (χώρων) του.

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το υπό μελέτη κτήριο θα ανακαινιστεί ριζικά. Αποτελείται από 2 ορόφους αιθουσών διδασκαλίας και γραφείων καθηγητών, μια αίθουσα βιβλιοθήκης και ένα κλειστό γυμναστήριο, ενώ στο υπόγειο τοποθετείται το λεβητοστάσιο, Το συνολικό εμβαδό είναι $E = 1754,15 \text{ m}^2$ ενώ η θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου είναι $E = 1696,73 \text{ m}^2$

Όλοι οι χώροι άνωθεν της επιφάνειας του εδάφους θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι. Το υπόγειο όπου τοποθετείται το λεβητοστάσιο είναι μη θερμαινόμενος χώρος.

Το ωράριο λειτουργίας του κτηρίου είναι από τις 07:00 έως τις 16:00 ενώ η χρήση του κτιρίου είναι χώρος δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όπως ορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Στον πίνακα 2.1, δίνονται αναλυτικά οι πραγματικές χρήσεις χώρων του κτηρίου ανά όροφο.

Πίνακας 2.1. Επιμέρους χρήσεις χώρων του κτηρίου και επιφάνειες αυτών.

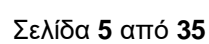
| Επιφάνεια επιμέρους χώρων κτηρίου σε m^2 | | |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Βασικές κατηγορίες κτηρίων | Ζώνη 1 [m^2] | Σύνολο [m^2] |
| Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης-ισόγειο | 848,03 | |
| Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης-1^{ος} όροφος | 848,03 | |
| | | 1696,73 |

| Επιφάνεια μη θερμαινόμενων χώρων κτηρίου σε m^2 | |
|--|------------------------|
| Μη θερμαινόμενος χώρος | Επιφάνεια m^2 |
| Λεβητοστάσιο | 57,42 |

2.2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το οικοπέδο ΑΒΓ- Μ-Α στο οποίο βρίσκεται το κτίριο είναι πολυγωνικού σχήματος και ο μεγάλος του άξονας είναι προσανατολισμένος στον άξονα Ανατολή – Δύση με απόκλιση κατά 5ο περίπου. Το οικοπέδο βρίσκεται σε μη πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον ενώ είναι ελεύθερο στην Ανατολική, τη Νότια και τη Βόρεια πλευρά του. Η θέση του κτιρίου ευνοεί τον ηλιασμό των κατακόρυφων όψεων.

Στο σχήμα 2.1 που ακολουθεί δίνεται το τοπογραφικό διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η ακριβής θέση του κτιρίου



3. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το κτίριο είναι ήδη κατασκευασμένο με όρους κατασκευής σχολικών μονάδων της περιόδου της δεκαετίας του '80, με πολλά ανοίγματα έτσι ώστε να ευνοείται ο φυσικός φωτισμός

4. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΪΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. όλα τα δομικά στοιχεία ενός ριζικός ανακαινιζόμενου κτιρίου οφείλουν να πληρούν τους περιορισμούς θερμομόνωσης του πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1.: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη για ριζικός ανακαινιζόμενα κτίρια.

| Δομικό στοιχείο | Σύμβολο | Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m ² ·K)] | | | |
|---|-----------------|---|--------|--------|-------------|
| | | Ζώνη Α | Ζώνη Β | Ζώνη Γ | Ζώνη Δ |
| Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές) | U _R | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | U _T | 0,60 | 0,50 | 0,45 | 0,40 |
| Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πιλοτές) | U _{FA} | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 |
| Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους | U _{TU} | 1,50 | 1,00 | 0,80 | 0,70 |
| Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος | U _{TB} | 1,50 | 1,00 | 0,80 | 0,70 |
| Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους | U _{FU} | 1,20 | 0,90 | 0,75 | 0,70 |
| Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος | U _{FB} | 1,20 | 0,90 | 0,75 | 0,70 |
| Κουφώματα ανοιγμάτων | U _W | 3,20 | 3,00 | 2,80 | 2,60 |
| Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες | U _{GF} | 2,20 | 2,00 | 1,80 | 1,80 |

Ταυτόχρονα η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτηρίου δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια του πίνακα 4.2:

Πίνακας 4.2.: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας ενός ριζικός ανακαινιζόμενου κτηρίου ανά κλιματική ζώνη συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτηρίου προς τον όγκο του

| Λόγος A/V [m ⁻¹] | Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U _m [W/(m ² ·K)] | | | |
|----------------------------------|--|--------|--------|-------------|
| | Ζώνη Α | Ζώνη Β | Ζώνη Γ | Ζώνη Δ |
| ≤ 0,2 | 1,26 | 1,14 | 1,05 | 0,96 |
| 0,3 | 1,20 | 1,09 | 1,00 | 0,92 |
| 0,4 | 1,15 | 1,03 | 0,95 | 0,87 |
| 0,5 | 1,09 | 0,98 | 0,90 | 0,83 |
| 0,6 | 1,03 | 0,93 | 0,86 | 0,78 |
| 0,7 | 0,98 | 0,88 | 0,81 | 0,73 |
| 0,8 | 0,92 | 0,83 | 0,76 | 0,69 |
| 0,9 | 0,86 | 0,78 | 0,71 | 0,64 |
| ≥ 1,0 | 0,81 | 0,73 | 0,66 | 0,60 |

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας πραγματοποιείται σε δύο στάδια:

- Υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας U όλων των δομικών στοιχείων και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια των απαιτήσεων του πίνακα 4.1.
- Υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου U_m και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια του πίνακα 4.2.

1) Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας δομικού στοιχείου

Ο υπολογισμός τόσο των συντελεστών θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων, όσο και του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας U_m του κτηρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a}$$

[4.1]

όπου,

d_j το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού j,

λ_j ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού j,

Ri και Ra οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και
Rδ η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα

Αντίστοιχα, ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου Uw δίνεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad [4.2]$$

όπου,

Uf ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,
Ug ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος
Af το εμβαδόν επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος,
Ag το εμβαδόν επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος,
Lg το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και
Ψg ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Σε κάθε περίπτωση πρέπει τόσο για τα διαφανή όσο και για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία να ισχύει:

$$U \leq U_{\delta, \sigma, \max} \quad [4.3]$$

όπου

U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δομικού στοιχείου όπως υπολογίστηκε βάσει των σχέσεων [4.1] ή [4.2] και

Uδ,σ,max η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το δομικό στοιχείο [πίνακας 4.1].

2) Έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας κτηρίου

Εφόσον κάθε δομικό στοιχείο καλύπτει τις απαιτήσεις του πίνακα 4.1, απαιτείται και το κτήριο στο σύνολό του να παρουσιάζει ένα ελάχιστο βαθμό θερμικής προστασίας. Ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμικής διαπερατότητας του κτηρίου δίνεται από τη σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad [4.4]$$

όπου:

Aj το εμβαδό δομικού στοιχείου j
Uj ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου j,
Ψi ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας i,
li το μήκος της θερμογέφυρας i και
b μειωτικός συντελεστής

Σε κάθε περίπτωση πρέπει:

$$U_m \leq U_{m, \max} \quad [4.5]$$

Όπου U_{m,max} είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου και δίνεται στον πίνακα 4.1.

Σε περίπτωση που $U_m > U_{m,max}$ ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει μια εκ των τριών παρακάτω επιλογών ή συνδυασμό τους και να αρχίσει εκ νέου τον υπολογισμό:

- να βελτιώσει τη θερμική προστασία των αδιαφανών δομικών στοιχείων,
- να βελτιώσει τη θερμική προστασία των διαφανών δομικών στοιχείων,
- να μειώσει τη δημιουργία θερμογεφυρών στο κτηριακό κέλυφος, τροποποιώντας τον σχεδιασμό των δομικών στοιχείων στα οποία οφείλονται αυτές.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων» για τον υπολογισμό των θερμογεφυρών, ο μελετητής έχει δύο επιλογές:

1. να επακολουθήσει την απλουστευμένη μέθοδο με χρήση του πίνακα 15, της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017
2. να κάνει αναλυτικά τους υπολογισμούς με χρήση των πινάκων 16α έως και 16λ της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017.

Ο μειωτικός συντελεστής b υπολογίζεται με χρήση της σχέσης 2.25 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017. Εναλλακτικά, και για λόγους απλοποίησης, στην μελέτη μας μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0,5.

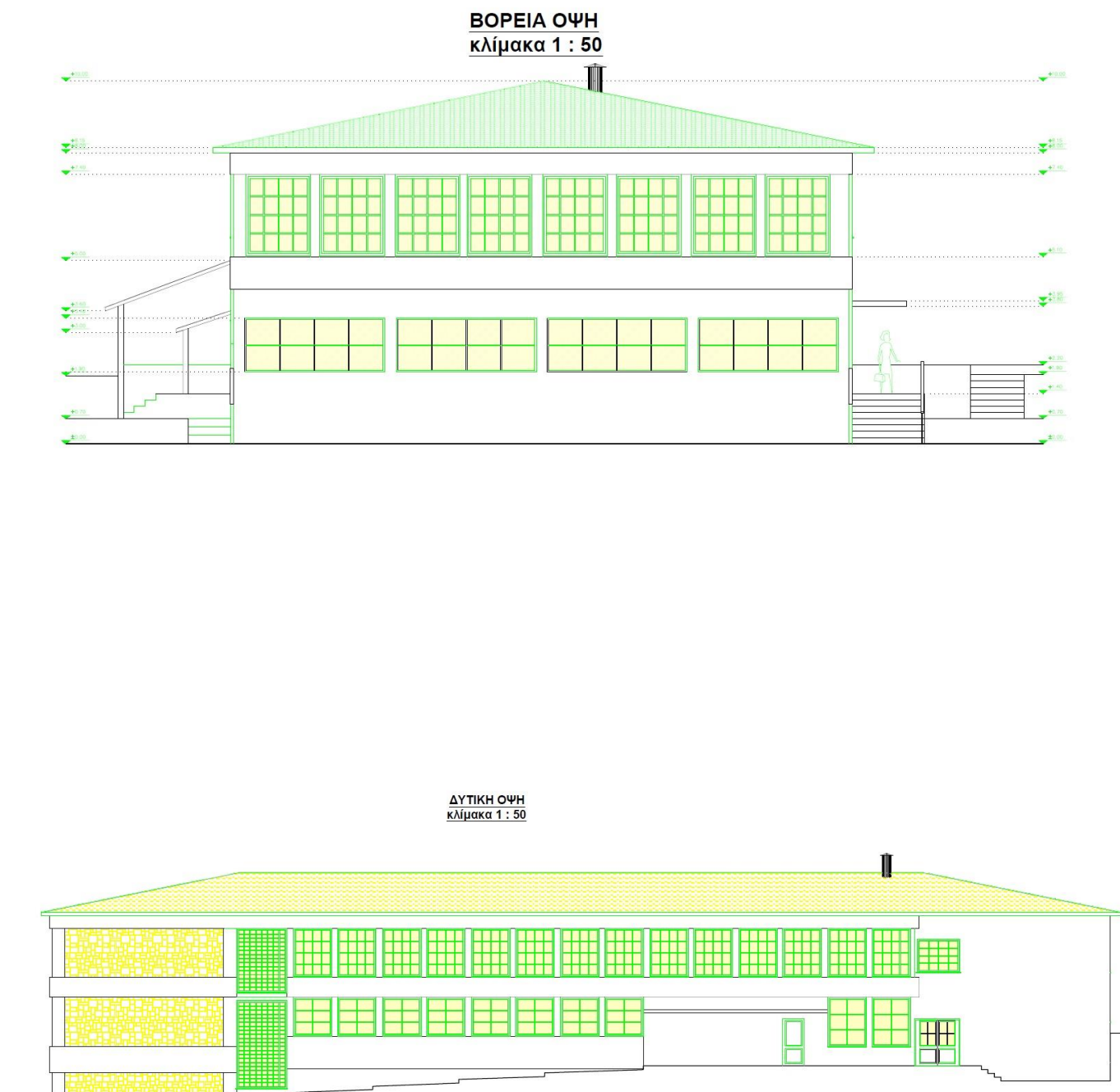
Στην παρούσα μελέτη ακολουθείται η αναλυτική μέθοδος υπολογισμού των θερμογεφυρών.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το κτήριο είναι κατασκευασμένο στο Νεστόριο της Καστοριάς οπότε βάσει του Κ.Εν.Α.Κ. ανήκει στη Δ κλιματική ζώνη. Κάθε δομικό εάν είναι δυνατόν πρέπει να έχει συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από αυτούς που δίνονται στον πίνακα 4.1 για την Δ κλιματική ζώνη.

Το ισόγειο και ο 1^{ος} όροφος θεωρούνται θερμαινόμενοι χώροι. Στο υπόγειο υπάρχει λεβητοστάσιο το οποίο θεωρείται ΜΘΧ. Στα σχήματα 4.1α και 4.1β δίνονται οι όψεις και οι κατόψεις του κτιρίου.

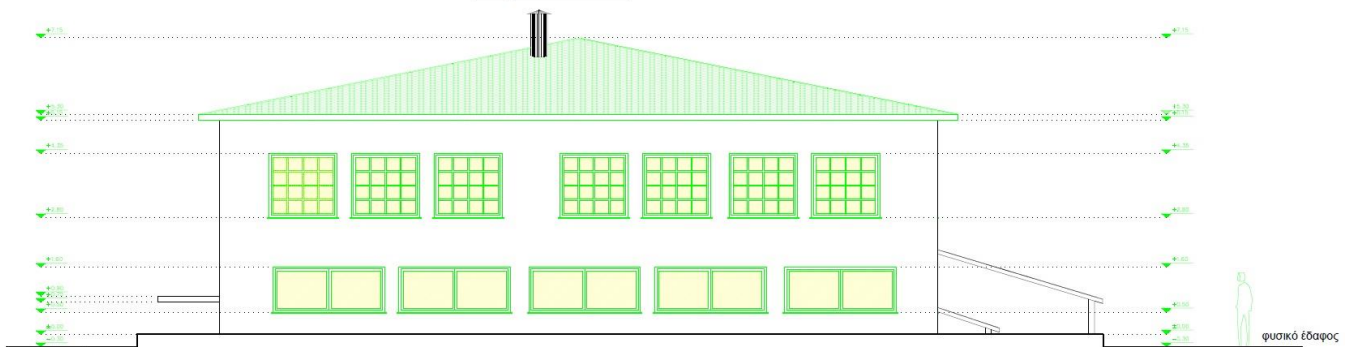
Σχήμα 4.1α: Όψεις κτιρίου



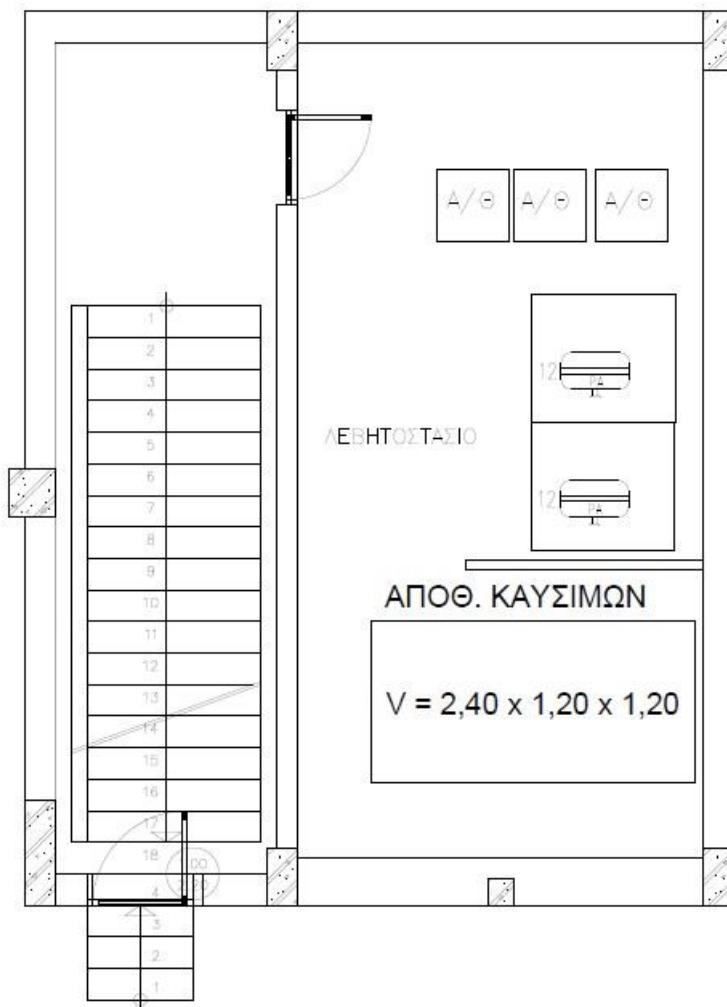
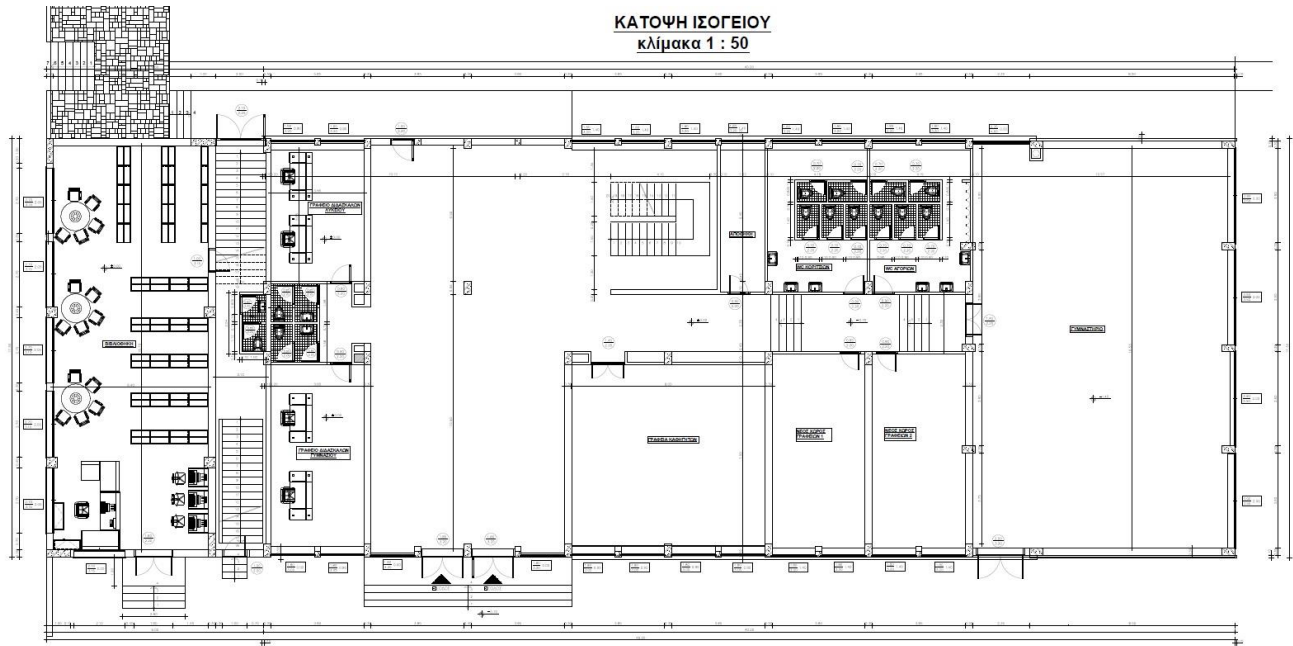
ΚΥΡΙΑ ΟΨΗ
κλίμακα 1 : 50

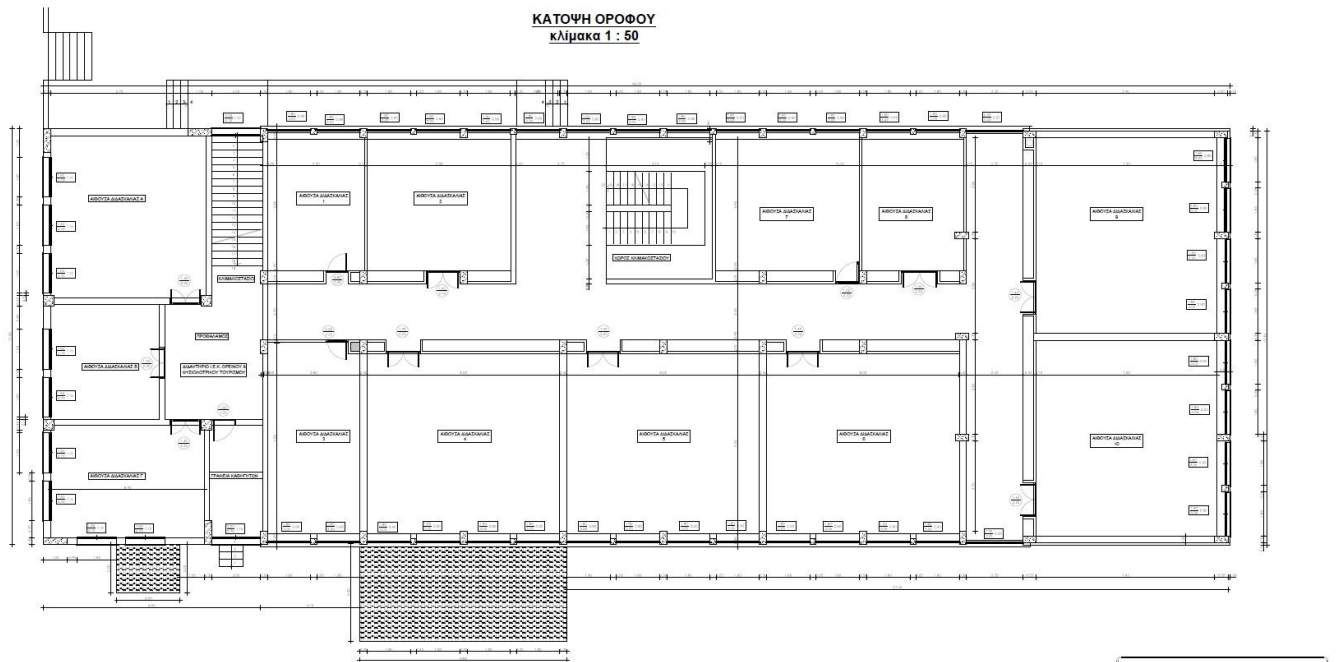


ΝΟΤΙΑ ΟΨΗ
κλίμακα 1 : 50



Σχήμα 4.1β: Κατόψεις κτιρίου





Το σύνολο του κελύφους θα θερμομονωθεί εξωτερικά με την χρήση πετροβάμβακα πάχους 12cm. Το δάπεδο προς ΜΘΧ και προς έδαφος δεν θα θερμομονωθεί. Η οροφή κάτω από τη στέγη θα θερμομονωθεί στην άνω παρεία της με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης πάχους 15cm.

Η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων και οι υπολογισμοί των θερμικών χαρακτηριστικών των επιφανειών του κτηρίου γίνεται έχοντας υπόψη τα εξής:

1. για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης και κατ' επέκταση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου είναι απαραίτητα όχι μόνο τα θερμικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά των θερμαινόμενων χώρων αλλά και των μη θερμαινόμενων σε επαφή με τους θερμαινόμενους,
2. τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που γειτνιάζουν με αλλά θερμαινόμενα κτήρια, κατά τον έλεγχο θερμικής επάρκειας του κτηρίου θεωρείται ότι έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον ενώ για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης θεωρούνται αδιαβατικά,
3. τα δομικά στοιχεία θερμικής ζώνης του κτηρίου που γειτνιάζουν με άλλη θερμική ζώνη του ίδιου κτηρίου θεωρούνται αδιαβατικά,
4. οι αδιαφανείς και οι διαφανείς επιφάνειες έχουν ηλιακά κέρδη τα οποία εξαρτώνται από τον προσανατολισμό τους και τον σκιασμό τους,

σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για λόγους απλοποίησης, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, για κατακόρυφα δομικά αδιαφανή στοιχεία με συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο από 0,60 W/(m²K), ο συντελεστής σκίασης δύναται να θεωρηθεί ίσος με 0,9.

Παρατήρηση: Επειδή στα ελληνικά κτήρια είναι συνηθισμένο να υπάρχει ένας ή περισσότεροι τυπικοί όροφοι, για λόγους απλότητας αλλά και ελέγχου από τις αρμόδιες Πολεοδομικές Υπηρεσίες, συνιστάται, χωρίς να είναι υποχρεωτικό, η συλλογή των γεωμετρικών δεδομένων να γίνεται κατ' όροφο και προσανατολισμό. Υπενθυμίζεται ότι ο έλεγχος θερμικής επάρκειας ορόφου που υπήρχε στον παλαιότερο Κανονισμό Θερμομόνωσης δεν υφίσταται πλέον.

4.1. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΑΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΪΩΝ ΚΤΗΡΙΟΥ

Στον πίνακα 4.3 δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου, οι οποίοι πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ.. Στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη δίνονται αναλυτικά οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας.

Πίνακας 4.3: Συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου

| Δομικό στοιχείο | Φύλλο ελέγχου | U[W/(m ² K)] | U _{max} [W/(m ² K)] [Πίνακας 1] |
|---|---------------|-------------------------|--|
| Εξωτερική Τοιχοποιία με θερμομόνωση | 1.1 | 0.26 | 0.40 |
| Οροφή | 2.1 | 0.22 | 0.35 |
| Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος | 2.2 | 3.125 | 0.75 |
| Δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 2.3 | 2.05 | 0.75 |

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 για τιμές του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών με τιμή $\lambda \leq 0,18 \text{ W/(m.K)}$ οι τιμές που δίνονται στον πίνακα 2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. είναι ενδεικτικές. Οι τιμές που ελήφθησαν υπόψη για τα θερμομονωτικά υλικά προέκυψαν έπειτα από έρευνα αγοράς και με ευθύνη των μελετητών. Στη φάση της ενεργειακής επιθεώρησης που θα γίνει υποχρεωτικά με την αποπεράτωση της κατασκευής και πριν το κλείσιμο του φακέλου του κτηρίου στα αρμόδια Πολεοδομικά Γραφεία, ο

ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει τα δελτία αποστολής των θερμομονωτικών υλικών καθώς και τα κατάλληλα πιστοποιητικά που τα συνοδεύουν.

Με βάση τις Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 οι συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του κτηρίου και τον υπολογισμό κατανάλωσης ενέργειας είναι οι ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας U' και όχι αυτοί που δίνονται στον πίνακα 4.1. Ο αναλυτικός υπολογισμός τους γίνεται βάσει της μεθοδολογίας που αναπτύσσεται στην ενότητα 2.1.6 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και δίνεται αναλυτικά στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη.

Πίνακας 4.4: Ισοδύναμοι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων σε επαφή με το έδαφος των θερμαινόμενων και των μη θερμαινόμενων χώρων του κτηρίου

| Δομικό στοιχείο | U [W/(m ² K)] | Εμβαδό A [m ²] | Μέσο βάθος έδρασης z [m] | U' [W/(m ² K)] |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Δάπεδο θερμαινόμενων επιφανειών | 3.125 | 790.61 | 0.0 | 0.45 |
| Δάπεδο ΜΘΧ | 3.125 | 57.42 | 0.0 | 0.45 |

4.2. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Το κτήριο λειτουργεί ως κτίριο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ., για τη Δ κλιματική ζώνη τα κουφώματα που θα τοποθετηθούν οφείλουν να έχουν συντελεστή θερμοπερατότητας $U \leq 2.40$ W/(m²K).

Τα κουφώματα του ισογείου έχουν αντικατασταθεί πρόσφατα και δεν θεωρήθηκε αναγκαίο να αντικατασταθούν ξανά. Πρόκειται για κουφώματα αλουμινίου με διπλό υαλοπίνακα. Τα κουφώματα του ορόφου είναι ξύλινα με μονό υαλοπίνακα και θα αντικατασταθούν.

Για τα νέα κουφώματα του κτηρίου επιλέχθηκε η χρήση πλαισίου αλουμινίου με θερμοδιακοπή με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_f=2,00$ W/(m²K) και μέσου πλάτους πλαισίου 10,00cm. Θα φέρουν υαλοπίνακα με πάχη 2-2-14-5 με συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα $U_g=1,00$ W/(m²K).

Ο υπολογισμός του U των κουφωμάτων έγινε βάσει της σχέσης 4.2 και της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017. Οι υπολογισμοί αυτοί δίνονται αναλυτικά στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη.

Στον πίνακα 4.5 δίνονται συνοπτικά οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου. Όπως φαίνεται στους πίνακες οι τιμές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις.

Ο μελετητής εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιήσει τις τιμές θερμοπερατότητας της σήμανσης CE των κουφωμάτων. Στη φάση της ενεργειακής επιθεώρησης που θα γίνει υποχρεωτικά με την αποπεράτωση της κατασκευής, ο ενεργειακός επιθεωρητής οφείλει να ελέγξει τα δελτία αποστολής των κουφωμάτων καθώς και τα κατάλληλα πιστοποιητικά CE που τα συνοδεύουν. Η σήμανση CE των κουφωμάτων είναι υποχρεωτική βάσει της ΚΥΑ Αριθμ. 12397/409 ΦΕΚ Β 1794/28-8-2009 από την 1η Φεβρουαρίου 2010.

Πίνακας 4.5: Συντελεστής θερμοπερατότητας κουφωμάτων.

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

| Τύπος κουφώματος | Εμβαδό πλαισίου [m ²] | Εμβαδό υαλοπίνακα [m ²] | Μήκος L_g [m] | U κουφώματος [W/(m ² K)] | g_w | ποσότητα κουφωμάτων (Π) | $U_{\text{ΑΧΠ}}$ |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------|-------------------------|------------------|
| A1= | 0.69 | 1.62 | 8.6 | 2.84 | 0,67 | 1.00 | 6.56 |
| A2= | 1.16 | 2.71 | 12.20 | 2.81 | 0,67 | 6.00 | 65.25 |
| A3= | 1.73 | 4.03 | 16.40 | 2.79 | 0,67 | 2.00 | 32.14 |
| A4= | 0.97 | 2.27 | 10.80 | 2.82 | 0,67 | 4.00 | 36.55 |
| A5= | 1.76 | 4.09 | 13.80 | 2.76 | 0,67 | 4.00 | 64.59 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|-------|------|------|------|-------|
| A6= | 2.89 | 6.75 | 21.10 | 2.75 | 0,67 | 1.00 | 26.51 |
| A7= | 0.97 | 2.27 | 10.80 | 2.82 | 0,67 | 8.00 | 71.28 |
| A8= | 1.24 | 2.90 | 12.80 | 2.81 | 0,67 | 2.00 | 23.27 |
| A9= | 0.89 | 2.08 | 9.80 | 2.82 | 0,67 | 5.00 | 41.87 |

ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΟΡΟΦΟΥ

| Τύπος κουφώματος | Εμβαδό πλαισίου [m ²] | Εμβαδό υαλοπίνακα [m ²] | Μήκος L _g [m] | U κουφώματος [W/(m ² K)] | g _w | ποσότητα κουφωμάτων (Π) | U _x A _x Π |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------------|
| A10= | 0.78 | 1.79 | 14.25 | 1.63 | 0,67 | 2.00 | 8.35 |
| A11= | 0.93 | 2.17 | 15.30 | 2.44 | 0,67 | 1.00 | 7.56 |
| A12= | 1.16 | 2.71 | 18.30 | 2.42 | 0,67 | 14.00 | 131.12 |
| A13= | 2.11 | 4.94 | 25.05 | 2.35 | 0,67 | 1.00 | 16.57 |
| A14= | 1.16 | 2.71 | 18.30 | 2.42 | 0,67 | 8.00 | 74.92 |
| A15= | 2.11 | 4.94 | 25.05 | 2.35 | 0,67 | 1.00 | 16.57 |
| A16= | 1.16 | 2.71 | 18.30 | 2.42 | 0,67 | 14.00 | 131.12 |
| A17= | 0.93 | 2.17 | 15.30 | 2.44 | 0,67 | 1.00 | 7.56 |
| A18= | 0.77 | 1.79 | 14.25 | 2.47 | 0,67 | 7.00 | 44.26 |

4.3. ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτηρίου είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του λόγου της εξωτερικής περιβάλλουσας επιφάνειας των θερμαινόμενων τμημάτων του κτηρίου προς τον όγκο τους. Στο Τεύχος Υπολογισμών δίνεται αναλυτικά ο τρόπος υπολογισμού του λόγου A/V.

Όπως προέκυψε $A/V = 0.189 \text{ m}^{-1}$ το οποίο από τον πίνακα 4.2 αντιστοιχεί σε μέγιστο επιτρεπτό $U_{m,max}=0.96 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Στον πίνακα 4.6 δίνονται συγκεντρωτικά τα εμβαδά των δομικών στοιχείων, τα αθροίσματα των U_xA_x , καθώς και τα αθροίσματα των $\Psi x l$. Όπως προκύπτει, ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτηρίου ισούται με:

$$U_m = 0.732 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U_{m, \max} = 0.96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Συνεπώς, σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. για το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U_m , το κτήριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο. Στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη δίνονται αναλυτικά όλοι οι υπολογισμοί.

Πίνακας 4.6: Συγκεντρωτικά στοιχεία κτηρίου

| | ΣΑ [m ²] | Σ[bxUxA] [W/K] ή Σ[bxΨxI] [W/K] |
|-------------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία | 682,214 | 202,96 |
| οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία | 1696,06 | 601,19 |
| διαφανή δομικά στοιχεία | 305,214 | 806,05 |
| θερμογέφυρες | - | 355.94 |
| Συνολικά | 2683,49 | 1966,14 |
| [Σ(bxUxA)+Σ(bxΨxI)]/ΣΑ | | 0.732 |

4.4.1 Παρατηρήσεις σχετικά με τις κατασκευαστικές λύσεις μειώσεις θερμικών απωλειών λόγω των θερμογεφυρών.

Τα κουφώματα του τοποθετούνται εσωτερικά. Για τη μείωση των απωλειών από τις θερμογέφυρες που δημιουργούνται στους λαμπάδες, το ανωκάσι και το κατωκάσι, υπάρχει συνέχεια της θερμομόνωσης (πάχους 2cm), κάθετα στους λαμπάδες, το ανωκάσι και το κατωκάσι των κουφωμάτων.

5. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του Κ.Εν.Α.Κ., τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια, πρέπει να πληρούν ορισμένες ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις τους, όπως:

- Όπου τοποθετούνται κεντρικές κλιματιστικές μονάδες (ΚΚΜ) ή μονάδες παροχής νωπού αέρα ή μονάδες εξαερισμού και όσες από αυτές λειτουργούν με νωπό αέρα > 60% της παροχής τους, πρέπει να διαθέτουν σύστημα ανάκτησης θερμότητας με απόδοση τουλάχιστον 50%.
- Όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή άλλου μέσου) των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης-κλιματισμού και ΖΝΧ, πρέπει να διαθέτουν την ελάχιστη θερμομόνωση που καθορίζεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Ιδιαίτερα τα δίκτυα που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους θα διαθέτουν κατ' ελάχιστον θερμομόνωση πάχους 19mm για θέρμανση-ψύξη-κλιματισμό και 13mm για ΖΝΧ, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C (ή ισοδύναμα πάχη άλλου πιστοποιημένου θερμομονωτικού υλικού).
- Οι αεραγωγοί διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και ανακυκλοφορίας) που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους πρέπει να διαθέτουν θερμομόνωση με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda=0,040 \text{ W/(m.K)}$ στους 20°C, και ελάχιστο πάχος 40mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους το αντίστοιχο πάχος είναι 30mm (ή ισοδύναμα πάχη άλλων πιστοποιημένων θερμομονωτικών υλικών).
- Τα δίκτυα διανομής θερμού και ψυχρού μέσου διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης της θερμοκρασίας προσαγωγής σε μερικά φορτία, ή άλλο πιστοποιημένο ισοδύναμο σύστημα.
- Σε μεγάλα δίκτυα ανακυκλοφορίας ΖΝΧ ανά κλάδους, θα χρησιμοποιούνται κυκλοφορητές με ρύθμιση στροφών ανάλογα με τη ζήτηση σε ΖΝΧ
- Σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτήρια είναι υποχρεωτική η κάλυψη τουλάχιστον του 60% των αναγκών σε ΖΝΧ από ηλιοθερμικά συστήματα. Η υποχρέωση αυτή δεν ισχύει για τις εξαιρέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08, καθώς και όταν οι ανάγκες σε ΖΝΧ καλύπτονται από άλλα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, συστήματα τηλεθέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου, καθώς και αντλιών θερμότητας των οποίων ο εποχιακός βαθμός απόδοσης (SPF) είναι μεγαλύτερος από (1,15x1/η), όπου "η" είναι ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με την Κοινοτική Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Μέχρι να καθορισθεί νομοθετικά η τιμή του η, ο SPF πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 3,3.
- Τα συστήματα γενικού φωτισμού στα κτήρια του τριτογενή τομέα έχουν ελάχιστη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W. Για επιφάνεια μεγαλύτερη από 15m² ο τεχνητός φωτισμός ελέγχεται με χωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης τουλάχιστον του 50% των λαμπτήρων που βρίσκονται εντός αυτών.
- Σε κτήρια με πολλές ιδιοκτησίες και κεντρικά συστήματα, επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης, ψύξης, καθώς και ΖΝΧ (όπου εφαρμόζεται κεντρική παραγωγή/διανομή) και εφαρμόζεται κατανομή δαπανών με θερμιδομέτρηση.
- Σε όλα τα κτήρια απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου τουλάχιστον ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτηρίου.
- Σε όλα τα κτήρια του τριτογενή τομέα επιβάλλεται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργης ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστο 0,95.

Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Στο υπό μελέτη κτήριο έχουμε μόνο μια χρήση (Κτίρια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης), σε ό,τι αφορά την ενεργειακή τους κατάταξη. Για τον λόγο αυτό οι πιο πάνω περιορισμοί δεν ισχύουν για το σύνολο του κτηρίου, αλλά διαφοροποιούνται για κάθε μία από τις τυχόν χρήσεις του κτηρίου.

5.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΨΥΞΗΣ, ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Το υπό μελέτη κτήριο έχει μία κύρια χρήση, της «κτίρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης».

Η θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου, σύμφωνα με τη μελέτη θέρμανσης, θα γίνεται με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας. Το σύστημα θέρμανσης θα καλύπτει όλους τους χώρους του κτηρίου.

Η ψύξη του κτηρίου θα γίνεται επίσης με αντλία θερμότητας με δυνατότητα κάλυψης τουλάχιστον 50% του μέγιστου απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου του κτηρίου.

Παρατήρηση: Με τροποποίηση που αναμένεται στον κτηριοδομικό κανονισμό σχετικά με άρθρο 25, οι ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες είναι πλέον υποχρεωτικές για όλα τα κτήρια με επιφάνεια άνω των 50 m². Κατά το σχεδιασμό (διαστασιολόγηση) των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ελάχιστες προδιαγραφές για τα Η-Μ όπως καθορίζονται στον Κ.Εν.Α.Κ. και να επιλέγονται τεχνολογίες που να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε πλήρη και μερικά φορτία κατά τη θέρμανση ή ψύξη. Η υπερδιαστασιολόγηση του κεντρικού συστήματος λέβητα-καυστήρα για τη θέρμανση χώρων, μειώνει την τελική απόδοση του συστήματος σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στην παράγραφο 4.1.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

5.1.1. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Σύμφωνα με την μελέτη θέρμανσης του κτηρίου, το μέγιστο απαιτούμενο θερμικό φορτίο για την θέρμανση του κτηρίου, συνολικά, ανέρχεται στις 220,97 kW. Για τη θέρμανση του κτηρίου θα χρησιμοποιήσουμε τέσσερις αντλίες θερμότητας συνολικής θερμικής ισχύος 64,00 kW και ο ήδη υπάρχον λέβητας πετρελαίου ισχύος 200KW. Τα δύο συστήματα θα δύναται είτε να λειτουργήσουν παράλληλα είτε αυτόνομα ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου.

Το σύστημα κλιματισμού θα είναι πολυδιαιρούμενο σύστημα Multi. Τα συστήματα κλιματισμού πολυδιαιρούμενου τύπου, αποτελούν μια κατηγορία αυτόνομων κλιματιστικών μηχανημάτων τα οποία καλύπτουν τις ανάγκες κλιματισμού μικρών χώρων. Ονομάζονται κλιματιστικά μηχανήματα πολυδιαιρούμενου τύπου γιατί η ψυκτική μηχανή του συστήματος διαιρείται σε δύο κύρια μέρη: τις εσωτερικές μονάδες και το εξωτερικό μηχανήμα. Θα τοποθετηθούν πέντε εξωτερικές μονάδες και πέντε εσωτερικές μονάδες στη βιβλιοθήκη και τις αίθουσες του ισόγειου όπου βρίσκονται γραφεία καθηγητών και αίθουσες υπολογιστών οπότε το θερμικό φορτίο αυξάνει λόγω της χρήσης υπολογιστών σε σχέση με τις αίθουσες των άνω ορόφων.

Όλες οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους θα είναι μονωμένες και σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 (πίνακας 4.7).

Επίσης το δίκτυο διανομής σχεδιάστηκε έτσι ώστε να υπάρχει θερμοστατικός έλεγχος ανά αίθουσα και γραφείο της ζώνης 1. Εάν οι μελετητές δεν είχαν προβεί σε αντικατάσταση του συνόλου του δικτύου διανομής ο έλεγχος θερμοκρασίας ανά χώρο δεν θα ήταν εφικτή.

Παρατήρηση: Για κάθε αίθουσα, οι επιμέρους κλάδοι διανομής θερμικής ενέργειας από το κολλεκτέρ προς τα σώματα καλοριφέρ, θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να καλύπτουν χώρους με ίδιες λειτουργικές ιδιαιτερότητες όπως: ίδια χρήση και ωράριο λειτουργίας, ίδια εσωτερικά φορτία (συσκευές, ηλιακά κέρδη λόγω κοινού προσανατολισμού), κ.α. Με το σχεδιασμό αυτόν μπορεί να εφαρμοστεί και ξεχωριστός θερμοστατικός έλεγχος στους επιμέρους αυτούς χώρους κάθε ιδιοκτησίας (π.χ. διαμέρισμα), με παράλληλη ρύθμιση τροφοδοσίας κάθε κλάδου ξεχωριστά (μέσω αυτόματης βάνας στο επίπεδο του κολλεκτέρ), ανάλογα τις απαιτήσεις σε θερμική ενέργεια.

5.1.2. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΨΥΞΗΣ

Παρότι δεν απαιτείται ψύξη των χώρων του εκπαιδευτηρίου στο κτίριο θα εγκατασταθούν τοπικές κλιματιστικές μονάδες για τυχόν ανάγκες που ίσως προκύψουν στο κτίριο σε επιλεγμένες αίθουσες (αίθουσες υπολογιστών, βιβλιοθήκη, γραφεία).

Το μέγιστο απαιτούμενο φορτίο για την ψύξη των επιλεγμένων αιθουσών του κτηρίου, συνολικά, ανέρχεται στις 22,75 kW. Για την ψύξη του κτηρίου θα χρησιμοποιήσουμε πέντε τοπικές κλιματιστικές μονάδες

3τεμάχια -3,5kW

1τεμάχιο -5,25kW

1τεμάχιο -7,0kW οι οποίες θα είναι τεχνολογίας Inverter

Η πιθανότητα εμφάνισης θερμοκρασιών πάνω 30°C προκύπτει σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010. Τις βραδινές ώρες, η χρήση των τοπικών μονάδων ψύξης είναι μηδενική.

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί, δίνονται αναλυτικά, η ψυκτική ικανότητα (Btu/h), η ονομαστική απορροφούμενη (καταναλισκόμενη) ηλεκτρική ισχύ (kW) και ο δείκτης αποδοτικότητας EER της αερόψυκτης αντλίας θερμότητας που θα εγκατασταθεί στο κτίριο.

Πίνακας 5.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλιών θερμότητας για κάθε ιδιοκτησία

| Σύστημα | Τύπος | Ονομαστική ψυκτική ισχύς [KW] | Δείκτης αποδοτικότητας EER | Καύσιμο |
|---------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|
| 1 | Τοπική κλιματιστική μονάδα | 3,50 | 5,20 | Ηλεκτρισμός |
| 2 | Τοπική κλιματιστική μονάδα | 5,25 | 5,20 | Ηλεκτρισμός |
| 3 | Τοπική κλιματιστική μονάδα | 7,00 | 5,20 | Ηλεκτρισμός |

Όλες οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους θα είναι μονωμένες και σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ και η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 (πίνακας 4.7). Στο δίκτυο διανομής που διέρχεται από εσωτερικούς θερμαινόμενους χώρους, δεν απαιτείται θερμομόνωση των σωληνώσεων.

Πίνακας 4.7. Πάχη θερμομόνωσης σωληνώσεων για τις εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης.

| 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 $\frac{1}{2}$ " έως $\frac{3}{4}$ " | 9 mm | από $\frac{1}{2}$ " έως 2" | 19 mm |
| από 1" έως $1\frac{1}{2}$ " | 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 |

5.1.3. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Η απαίτηση νωπού αέρα σε όλους τους χώρους του κτιρίου ορίζεται στην παράγραφο 3.4.3 (πίνακας 2.3) της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανά χρήση, και είναι αυτή η τιμή που θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς.

- Δευτεροβάθμια εκπαίδευση αίθουσες $848,03\text{m}^2$: $11,00 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \times 848,03 = 9323,33 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Χώροι γραφείων $123,10$: $3,00 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \times 123,10 = 369,30 \text{ m}^3/\text{h}$
- Κλειστό γυμναστήριο $176,05\text{m}^2$: $33,75 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \times 176,05 = 5941,67 \text{ m}^3/\text{h}$
- Βιβλιοθήκη $55,98\text{m}^2$: $6,60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \times 55,98 = 369,468 \text{ m}^3/\text{h}$
- Βοηθητικοί χώροι $429,90\text{m}^2$: $2,60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \times 429,90 = 1281,54 \text{ m}^3/\text{h}$

Δεν τοποθετήθηκε τεχνητός αερισμός σε κανέναν χώρο του εκπαιδευτηρίου

5.2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η κύρια χρήση του κτηρίου είναι : Εκπαιδευτήριο Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

5.3. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΥΝΗΜΙΤΟΝΟΥ

Στο κτήριο δεν εφαρμόζεται διόρθωση (συνφ), σε καμία από τις ζώνες.

5.4. ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΛΥΣΕΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το κτήριο βρίσκεται μέσα σε μη αστική περιοχή, όπου δεν υπάρχουν πουθενά στην ευρύτερη περιοχή κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, όπως εγκαταστάσεις συμπαραγωγής ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τηλεθέρμανση ή άλλες κεντρικές μονάδες παραγωγής.

Σύμφωνα με την μελέτη σκοπιμότητας εξετάστηκαν οι εξής εναλλακτικές λύσεις για την κάλυψη των θερμικών, ψυκτικών και ηλεκτρικών φορτίων του κτηρίου.

1. Η εγκατάσταση συστήματος συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, η οποία κρίνεται ως μη οικονομικά βιώσιμη εφαρμογή για το υπό μελέτη κτήριο. Τα χαμηλά θερμικά φορτία της χειμερινής περιόδου και τα χαμηλά ψυκτικά φορτία της καλοκαιρινής περιόδου δείχνουν ότι το σύστημα συμπαραγωγής δεν λειτουργεί οικονομικά.
2. Η περίπτωση εγκατάστασης οριζόντιων γεωθερμικών εναλλακτών για την λειτουργία αντλίας θερμότητας δεν μπορεί να εφαρμοστεί, λόγω υψηλού κόστους εγκατάστασης και χαμηλών ψυκτικών και θερμικών φορτίων.
3. Η εγκατάσταση συστημάτων παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταικά συστήματα σε διασύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 10kW και παραγόμενης ενέργειας 9.030 kWh/περίοδο λειτουργίας (Σεπ.- Μαι)

6. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων θα πρέπει να εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 καθώς και των υπολοίπων υποστηρικτικών προτύπων τα οποία αναφέρονται στο παράρτημα 1 του ίδιου κανονισμού. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, οι θερμικές ζώνες ενός κτηρίου θεωρούνται θερμικά ασύζευκτες.

Οι υπολογισμοί της ενεργειακής απόδοσης κτηρίου έγιναν με τη χρήση του υπολογιστικού εργαλείου ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, βάσει των απαιτήσεων και προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και της αντίστοιχης Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Για τους επιμέρους υπολογισμούς και τη διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων του κτηρίου (εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ζεστού νερού χρήσης, κ.ά.), χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικές μέθοδοι και τεχνικές οδηγίες, όπως εφαρμόζονται μέχρι σήμερα και αναφέρονται στις αντίστοιχες παραγράφους.

6.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα κλιματικά δεδομένα για την περιοχή «Καστοριά» είναι ενσωματωμένα στη βιβλιοθήκη του λογισμικού σύμφωνα με όσα ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, "Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών". Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους τους προσανατολισμούς, για την περιοχή. Το υψόμετρο της περιοχής όπου θα κατασκευασθεί το κτήριο είναι μικρότερο από τα 500 m. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ.

6.2. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης εκδίδεται ανά κύρια χρήση και για ξεχωριστές ιδιοκτησίες (Ν. 3851/2010-ΦΕΚ 85), ανεξαρτήτως εάν τα τμήματα του κτηρίου που αφορούν στις χρήσεις/ιδιοκτησίες εξυπηρετούνται από το ίδιο σύστημα θέρμανσης/ψύξης. **Συνεπώς για το υπό μελέτη κτήριο θα εκδοθεί ένα (1) ΠΕΑ με κύρια χρήση Δευτεροβάθμια εκπαίδευση**

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κάθε τμήματος του κτηρίου με διαφορετική κύρια χρήση, προσδιορίστηκαν τα δεδομένα των διαφόρων παραμέτρων και τεχνικών μεγεθών όπως ορίζονται στο άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ. και στην σχετική Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας υπολογισμού στο συγκεκριμένο κτήριο και ανά τμήμα μελέτης, λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι και δεδομένα:

- Οι χρήσεις του κτηρίου, δευτεροβάθμια εκπαίδευση,
- Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, κ.ά.) και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτηρίου (ωράριο, εσωτερικά κέρδη κ.ά.).
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου (θερμοκρασία, σχετική και απόλυτη υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία).
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (σχήμα και μορφή κτηρίου, διαφανείς και μη επιφάνειες, σκίαστρα κ.ά.), ο προσανατολισμός τους, τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων (π.χ. εσωτερικοί τοίχοι) και άλλα.
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών (διαφανών και μη) στοιχείων του κτηριακού κελύφους: θερμοπερατότητα, θερμική μάζα, απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, κ.ά..
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων: ο τύπος της μονάδας παραγωγής θερμικής ενέργειας, η απόδοσή της, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής ζεστού νερού, ο τύπος των τερματικών μονάδων, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού χώρων: ο τύπος των μονάδων παραγωγής ψυκτικής ενέργειας, η απόδοσή τους, οι απώλειες στο δίκτυο διανομής, ο τύπος των τερματικών μονάδων, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ΖΝΧ, όπως: ο τύπος της μονάδας παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, η απόδοσή της, οι απώλειες του δικτύου διανομής ζεστού νερού χρήσης, το σύστημα αποθήκευσης, κ.ά.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού όσον αφορά τους χώρους του καταστήματος.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που έχουν επιλεγεί από την μελέτη σχεδιασμού για το κτήριο.

- Η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών για την κάλυψη τμήματος του φορτίου για ZNX.

6.3. ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΡΙΟΥ

Το εμβαδό και ο όγκος του υπό μελέτη τμήματος καταστημάτων ανά χρήση δίνονται στον πίνακα 6.1.

Πίνακας 6.1: Εμβαδό και όγκος τμήματος

| Θερμική Ζώνη | Θερμαινόμενη επιφάνεια [m ²] | Ψυχόμενη επιφάνεια [m ²] | Θερμαινόμενος όγκος [m ³] | Ψυχόμενος όγκος [m ³] |
|--------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση | 1696,73 | 174.02 | 14252,53 | 609.07 |

6.3.1. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Σύμφωνα με το άρθρο 3 του Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, η διακριτοποίηση ενός κτηρίου σε θερμικές ζώνες γίνεται με τα εξής κριτήρια :

1. Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων να διαφέρει περισσότερο από 4 Κ για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
2. Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία.
3. Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
4. Υπάρχουν χώροι στο κτήριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών.
5. Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για το διαχωρισμό του κτηρίου σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- ο διαχωρισμός του κτηρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο,
- ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτηρίου,
- τμήματα του κτηρίου με επιφάνεια μικρότερη από το 10% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Με βάση τα παραπάνω, το τμήμα του καταστήματος θα μελετηθεί στην παρούσα ενεργειακή μελέτη ως μία ενιαία θερμική ζώνη, τα γενικά δεδομένα της οποίας δίνονται στον πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2: Γενικά δεδομένα για τις θερμικές ζώνες

| Γενικά δεδομένα θερμικής ζώνης 1 (Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση) | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| Χρήση θερμικής ζώνης | Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση | |
| Ολική επιφάνεια ζώνης (m ²) | 1696,73 | |
| Ανηγμένη ειδική θερμοχωρητικότητα [kJ/(m ² K)] | 280 | |
| Κατηγορία διατάξεων αυτοματισμών ελέγχου για ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό | Γ | Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, πίνακας 5.5 |
| Αερισμός | 10077.58 | Θεωρητικός |
| Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m ³ /h) | 4117,48 | Τεύχος υπολογισμών |

| | | |
|--|---|--|
| Τεχνητός αερισμός (m ³ /h) | 0 | |
| Αριθμός θυρίδων εξαερισμού για φυσικό αέριο | | |
| Αριθμός καμινάδων | | |
| Αριθμός εξώθυρων με περιθώριο στο κάτω μέρος > 1.0 cm και σε επαφή με εξωτερικό περιβάλλον | | |
| Αριθμός ανεμιστήρων οροφής | 0 | |
| Ποσοστό ζώνης που καλύπτεται από ανεμιστήρες οροφής | | |

6.3.2. ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

Στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 έχουν καθορισθεί οι επιθυμητές συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός) και τα εσωτερικά θερμικά φορτία από τους χρήστες και τις συσκευές.

Τα δεδομένα για τις συνθήκες λειτουργίας του τμήματος καταστημάτων δίνονται αναλυτικά στον πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.3: Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας

| Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης 1 (Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση) | | |
|---|----------------|--|
| Ωράριο λειτουργίας | 9 | Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010 |
| Ημέρες λειτουργίας | 5 | |
| Μήνες λειτουργίας | 9 | |
| Περίοδος θέρμανσης | 15/10 έως 30/4 | |
| Περίοδος ψύξης | 1/9 έως 30/9 | |
| Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C) | 20 | |
| Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C) | 26 | |
| Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%) | 40 | |
| Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%) | 45 | |
| Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²) | 11,00 | |
| Στάθμη γενικού φωτισμού (lux) | 300 | |
| Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m ²) | 9,6 | |
| Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /m ² έτος) | 0 | |
| Μέση επιθυμητή θερμοκρασία ζεστού νερού χρήσης (°C) | 45 | |
| Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου ύδρευσης (°C) | 15.5 | |
| Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²) | 4.0 | |
| Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών | 0.75 | |
| Εκλυόμενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²) | 8.40 | |
| Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών | 0.75 | |

6.3.3. ΚΤΗΡΙΑΚΟ Κ'ΕΛΥΦΟΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

6.3.3.1. Δεδομένα για αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου θα επιχριστούν με ανοιχτόχρωμα επίχρισμα. Όπου θεωρηθεί σκόπιμο πιθανόν να χρησιμοποιηθούν στρώσεις από πλάκες πεζοδρομίου ή κεραμικά πλακίδια κ.α. Σε κάθε περίπτωση, οι συντελεστές απορροφητικότητας και οι συντελεστές εκπομπής των δομικών στοιχείων λαμβάνονται από τον πίνακα 3.14 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Στον πίνακα 6.4. δίνονται συγκεντρωτικά τα απαιτούμενα για τους υπολογισμούς δεδομένα.

| Όροφος | Τύπος | Δομικό στοιχείο | γ^1 | U [W/(m ² K)] | A [m ²] | α^2 | ϵ^3 |
|--------|--------|-----------------|------------|--------------------------|---------------------|------------|--------------|
| | Τοίχος | T1 | 180 | 0,26 | 89,614 | 0,60 | 0,80 |
| | Τοίχος | T1 | 90 | 0,26 | 390,82 | 0,60 | 0,80 |
| | Τοίχος | T1 | 0 | 0,26 | 140,535 | 0,60 | 0,80 |
| | Τοίχος | T1 | 270 | 0,26 | 376,00 | 0,60 | 0,80 |
| | Οροφή | O1 | 0 | 0,22 | 848,70 | 0,60 | 0,80 |
| | Πόρτα | P1 | 90 | 1,75 | 3,52 | 0,6 | 0,80 |
| | Πόρτα | P2 | 90 | 1,75 | 2,2 | 0,60 | 0,80 |
| | Πόρτα | P3 | 90 | 1,75 | 11,52 | 0,60 | 0,80 |
| | Πόρτα | P4 | 270 | 1,75 | 2,20 | 0,60 | 0,80 |
| | Πόρτα | P5 | 270 | 1,75 | 4,62 | 0,60 | 0,40 |

Ο σκιασμός F_{ov} φαίνεται στον πίνακα 6.4.α

| Όροφος | Τύπος | Δομικό στοιχείο | γ^1 | F_ov_h | F_ov_c | F_fin_h | F_fin_c |
|--------|--------|-----------------|------------|--------|--------|---------|---------|
| | Τοίχος | T1 | 180 | 1 | 1 | 0.9 | 0.9 |
| | Τοίχος | T1 | 90 | 1 | 1 | 0.9 | 0.9 |
| | Τοίχος | T1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Τοίχος | T1 | 270 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Οροφή | O1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Πόρτα | P1 | 90 | 0,88 | 0,85 | 1 | 1 |
| | Πόρτα | P2 | 90 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Πόρτα | P3 | 90 | 0,66 | 0,58 | 1 | 1 |
| | Πόρτα | P4 | 270 | 0,44 | 0,38 | 1 | 1 |
| | Πόρτα | P5 | 270 | 0,44 | 0,38 | 1 | 1 |

6.3.3.2. Δεδομένα για αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με το έδαφος

πλάκες σε επαφή με έδαφος

| Όροφος | Τύπος | Δομικό στοιχείο | U' [W/(m ² K)] | A [m ²] |
|--------------------------|--------|-----------------|---------------------------|---------------------|
| Δευτεροβάθμια εκπαίδευση | Δάπεδο | Δ1 | 0.45 | 790,61 |

6.3.3.3. Δεδομένα για αδιαφανή δομικά στοιχεία σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους

Πίνακας 6.4.β Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους

| Όροφος | Τύπος | Δομικό στοιχείο | U [W/(m ² K)] | A [m ²] | Γειτνιάζων ΜΟΧ |
|------------------------|--------|-----------------|--------------------------|---------------------|----------------|
| Πρωτοβάθμια εκπαίδευση | Δάπεδο | Δ1 | 2.05 | 57,42 | Λεβητοστάσιο |

6.3.3.4. Δεδομένα για δομικά στοιχεία μη θερμαινόμενων χώρων

Πίνακας 6.4.γ Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων μ.θ.χ..

| ΜΟΧ | Τύπος | U' [W/(m ² K)] | Εμβαδό [m ²] |
|--------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|
| Λεβητοστάσιο | T1 | 2,55 | 18,225 |
| | T1 | 2,55 | 23,22 |
| | T1 | 2,55 | 18,225 |
| | T1 | 2,55 | 23,22 |
| | Μεταλλική πόρτα | 1,75 | 2,2 |

Πίνακας 6.4.δ Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων μ.θ.χ. σε επαφή με έδαφος.

| ΜΟΧ | Τύπος | U' [W/(m ² K)] | Εμβαδό [m ²] | Εκτεθειμένη περίμετρος [m] | Μέσο βάθος έδρασης [m] |
|--------------|-------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Λεβητοστάσιο | Δ1 | 0,45 | 57,42 | 30,7 | 0,0 |

6.3.3.5. Δεδομένα για αερισμό μη θερμαινόμενων χώρων

Ο συνολικός αερισμός μη θερμαινόμενων χώρων υπολογίζεται βάσει του πίνακα 3.27 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Για το υπό μελέτη κτήριο η παροχή αέρα των μη θερμαινόμενων χώρων καθώς και ο αερισμός τους φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

| ΜΟΧ | Παροχή [m ³ /h/m ³] | Συνολικός όγκος [m ³] | Αερισμός [m ³ /h] |
|--------------|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| Λεβητοστάσιο | 0.1 | 172,26 | 17,22 |

6.3.3.6. Δεδομένα για διαφανή δομικά στοιχεία

Στην παράγραφο 4.3 παρουσιάστηκαν αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στο υπό μελέτη κτήριο κατά περίπτωση.

Ο συντελεστής ηλιακού κέρδους "g" σε κάθετη πρόσπτωση των υαλοπινάκων δηλώνεται από τον κατασκευαστή και φαίνεται στους αναλυτικούς υπολογισμούς που παρατίθενται.

Αναλυτικά οι υπολογισμοί σχετικά με τα διαφανή δομικά στοιχεία δίνονται στο Τεύχος Υπολογισμών που συνοδεύει την παρούσα μελέτη.

Για κάθε κούφωμα υπολογίσθηκε ο συντελεστής σκίασης από ορίζοντα F_{hor} , ο συντελεστής σκίασης από προστέγασμα F_{ov} και ο συντελεστής σκίασης από πλευρικό F_{fin} .

Στο σχέδιο Σ1 δίνονται οι γωνίες σκίασης των κουφωμάτων από προστεγάσματα και πλευρικά σκίαστρα.

Πίνακας 6.5. Δεδομένα κουφωμάτων.

| Όροφος | Κουφωμα | γ | Εμβαδό [m ²] | U [W/(m ² K)] | g_w | F_{hor} θέρμ. | F_{hor} ψύξη | F_{ov} θέρμ. | F_{ov} ψύξη | F_{fin} θέρμ. | F_{fin} ψύξη |
|-----------------------------|---------|----------|-----------------------------|-----------------------------|-------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Δευτεροβάθμια εκπαίδευση | A1= | 90 | 2331 | 2,84 | 0.67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A2= | 90 | 23,22 | 2,81 | 0.67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A3= | 90 | 11,52 | 2,79 | 0,67 | 1 | 1 | 0,66 | 0,58 | 1 | 1 |
| | A4= | 90 | 12,96 | 2,82 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A5= | 0 | 23,4 | 2,76 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A6= | 270 | 9,635 | 2,73 | 0,67 | 0,66 | 0,58 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A7= | 270 | 25,92 | 2,82 | 0,67 | 0,66 | 0,58 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A8= | 270 | 8,28 | 2,81 | 0,67 | 0,66 | 0,58 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A9= | 180 | 14,85 | 2,82 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A10= | 90 | 5,12 | 1,63 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A11= | 90 | 3,10 | 2,44 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A12= | 90 | 54,18 | 2,42 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A13= | 90 | 7,05 | 2,35 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A14= | 0 | 30,96 | 2,42 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A15= | 270 | 7,05 | 2,3 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A16= | 270 | 54,18 | 2,42 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A17= | 270 | 3,10 | 2,44 | 0,67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | A18= | 180 | 17,92 | 2,42 | 0.67 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

6.3.4. ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΤΗΡΙΟΥ

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του υπό μελέτη κτηρίου και σχετίζονται με τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του, αφορούν στα εξής:

- Σύστημα θέρμανσης χώρων,
- Σύστημα ψύξης χώρων,
- Σύστημα μηχανικού αερισμού
- Σύστημα παραγωγής ενέργειας από Φ/Β,

Στις παραγράφους που ακολουθούν, δίνονται αναλυτικά τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, στο λογισμικό.

6.3.4.1. Δεδομένα για σύστημα θέρμανσης χώρων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης που θα χρησιμοποιηθεί για τη θερμική ζώνη με χρήση " Δευτεροβάθμια εκπαίδευση ".

Πίνακας 6.6. Δεδομένα συστήματος θέρμανσης τμήματος Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

| |
|--|
| Σύστημα θέρμανσης θερμικής ζώνης 1 (Δευτεροβάθμια εκπαίδευση) |
| Μονάδα παραγωγής θερμότητας: Κεντρική αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 64.0 kW και Λέβητας ισχύος 200kW και απόδοσης 0,90 |
| Συνολική θερμική απόδοση μονάδας ή COP: A/Θ: 3,30 (τύπος 4.5γ TOTEE-1/2017 με ns55=117) |

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|---------------------------------|-----|------|-----|
| Λέβητας: B/A=93% | | | | | | | | | | | |
| Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός, Πετρέλαιο | | | | | | | | | | | |
| Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης n_{g1} : 1 | | | | | | | | | | | |
| Συντελεστής μόνωσης n_{g2} : 1 | | | | | | | | | | | |
| Πραγματικός βαθμός απόδοσης n_{gm} : A/Θ: COP=3,30 , Λέβητας: B/A=90% | | | | | | | | | | | |
| Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα της A/Θ (%) | | | | | | | | | | | |
| ΙΑΝ | 0,4 | ΦΕΒ | 0,6 | ΜΑΡ | 0,8 | ΑΠΡ | 1 | ΜΑΙ | 0 | ΙΟΥΝ | 0 |
| ΙΟΥΛ | 0 | ΑΥΓ | 0 | ΣΕΠ | 0 | ΟΚΤ | 0,8 | ΝΟΕ | 0,6 | ΔΕΚ | 0,4 |
| Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης θερμικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα του Λέβητα (%) | | | | | | | | | | | |
| ΙΑΝ | 0,6 | ΦΕΒ | 0,4 | ΜΑΡ | 0,2 | ΑΠΡ | 0 | ΜΑΙ | 0 | ΙΟΥΝ | 0 |
| ΙΟΥΛ | 0 | ΑΥΓ | 0 | ΣΕΠ | 0 | ΟΚΤ | 0,2 | ΝΟΕ | 0,4 | ΔΕΚ | 0,6 |
| Κόστος επέμβασης για αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης (€/m ²): | | | | | | | | | | | |
| Θερμική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 150,00 | | | | | | | | | | | |
| Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι x Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/> Χωρίς δίκτυο ή τοπικό σύστημα <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| Θερμοκρασία προσαγωγής θερμού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): 80.00 | | | | | | | | | | | |
| Βαθμός θερμικής απόδοσης δικτύου διανομής: 97 % | | | | | | | | | | | |
| Υπαρξης μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ <input type="checkbox"/> ΟΧΙ <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| Τερματικές μονάδες | | | | | | | | | | | |
| Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: σώματα panel | | | | | | | | | | | |
| Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.93 T.O.T.E.E. 20701-1/2017, πίνακας 4.12 | | | | | | | | | | | |
| Βοηθητική ενέργεια | | | | | | | | | | | |
| Τύπος βοηθητικών συστημάτων | | | | Αριθμός συστημάτων | | | | Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W) | | | |
| Κυκλοφορητής | | | | 1 | | | | 360,00 | | | |
| Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 75% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου | | | | | | | | | | | |

6.3.4.2. Δεδομένα για σύστημα ψύξης χώρων

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται συγκεντρωτικά όλα τα δεδομένα για το σύστημα ψύξης του τμήματος με χρήση "Δευτεροβάθμια εκπαίδευση "

Πίνακας 6.7. Δεδομένα συστήματος ψύξης τμήματος " Δευτεροβάθμια εκπαίδευση "

| |
|---|
| Σύστημα ψύξης θερμικής ζώνης 1 (Δευτεροβάθμια εκπαίδευση) |
| Μονάδα παραγωγής ψύξης: Αερόψυκτη Α.Θ. ισχύος 22.75 kW |

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|---|--------------------|---|-----|---|------------------------------------|---|------|---|
| Βαθμός απόδοσης EER: 5.20 | | | | | | | | | | | |
| Είδος καυσίμου: Ηλεκτρισμός | | | | | | | | | | | |
| Μηνιαίο ποσοστό κάλυψης ψυκτικού φορτίου της θερμικής ζώνης από το σύστημα (%) | | | | | | | | | | | |
| ΙΑΝ | 0 | ΦΕΒ | 0 | ΜΑΡ | 0 | ΑΠΡ | 0 | ΜΑΙ | 0 | ΙΟΥΝ | 0 |
| ΙΟΥΛ | 0 | ΑΥΓ | 0 | ΣΕΠ | 1 | ΟΚΤ | 0 | ΝΟΕ | 0 | ΔΕΚ | 0 |
| Ψυκτική ισχύς που μεταφέρει το δίκτυο διανομής (kW): 6.0 | | | | | | | | | | | |
| Χώρος διέλευσης: Εσωτερικοί χώροι <input type="checkbox"/> Εξωτερικοί χώροι πάνω από 20% <input type="checkbox"/> Χωρίς δίκτυο ή τοπικό σύστημα <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| Θερμοκρασία προσαγωγής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): | | | | | | | | | | | |
| Θερμοκρασία επιστροφής ψυχρού μέσου στο δίκτυο διανομής (°C): | | | | | | | | | | | |
| Βαθμός ψυκτικής απόδοσης δικτύου διανομής: 95.0% | | | | | | | | | | | |
| Ύπαρξης μόνωσης στους αεραγωγούς: ΝΑΙ x ΟΧΙ <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| Τερματικές μονάδες | | | | | | | | | | | |
| Είδος τερματικών μονάδων ψύξης χώρων: Τοπικές αντλίες θερμότητας | | | | | | | | | | | |
| Ψυκτική απόδοση τερματικών μονάδων: 0.93 T.O.T.E.E. 20701-1/2017, πίνακας 4.14 | | | | | | | | | | | |
| Βοηθητική ενέργεια | | | | | | | | | | | |
| Τύπος βοηθητικών συστημάτων | | | | Αριθμός συστημάτων | | | | Ισχύς βοηθητικών συστημάτων (W/m²) | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Χρόνος λειτουργίας βοηθητικών συστημάτων: 15% του χρόνου λειτουργίας του κτηρίου | | | | | | | | | | | |

6.3.4.3. Δεδομένα για σύστημα αερισμού

Ο αερισμός που εφαρμόζεται σε όλους τους χώρους του κτηρίου είναι τεχνητός και σύμφωνα με την T.O.T.E.E. 20701-1/2017, η παροχή του αέρα θα είναι ίση με τον απαιτούμενο νωπό αέρα.

Από τον πίνακα 2.3 της T.O.T.E.E. 20701-1/2017 λαμβάνεται τεχνητός αερισμός σύμφωνα με τη χρήση του υπό μελέτη τμήματος ως εξής :

- Θεωρητικός: 17.285,30 m³/h , R_h=0.00, Q_{r_h} = 0.00, R_c=0.00, Q_{r_c} = 0.00, E_{vent}(kW/m³/s)=1.00

6.3.4.4. Δεδομένα για σύστημα παραγωγής ενέργειας από Φ/Β

Πίνακας 6.8. Δεδομένα συστήματος παραγωγής ενέργειας από Φ/Β

| |
|---------------------------------|
| Τύπος : πολυκρυσταλλικό |
| Συντελεστής απόδοσης: 0,14 |
| Επιφάνεια: 63,00 m ² |
| Ισχύς: 10 kW |

6.3.4.5. Δεδομένα για σύστημα φωτισμού

Τα φωτιστικά που θα χρησιμοποιηθούν για τους χώρους των αιθουσών είναι: 10,55 kW και περιοχή Φ.Φ. 30% και στάθμη φωτισμού 300lx.

6.3.4.6. Δεδομένα κτηρίου αναφοράς

Τα δεδομένα του κτηρίου αναφοράς εισάγονται αυτόματα από το λογισμικό, παράλληλα με την εισαγωγή και ανάλογα τη χρήση και τη λειτουργία του κτηρίου ή των θερμικών ζωνών και σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στο άρθρο 9 του Κ.Εν.Α.Κ. και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m²), όπως:

Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση

Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά θερμική ζώνη και ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.)

Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ. και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

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

Η αυξημένη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας επιβαρύνει σημαντικά την τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο κτήριο, καθώς και την έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής πρωτογενούς ενέργειας.

\

7.1. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το υπό μελέτη τμήμα έχει χρήση " Δευτεροβάθμια εκπαίδευση " και τα απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη δίδονται στον πίνακα 7.1.

Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται και τα φορτία αερισμού για κάθε εποχή.

Πίνακας 7.1. Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης τμήματος κτηρίου

Χρήση: Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

| Απαιτούμενα φορτία θέρμανσης/ψύξης (kWh/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| Μήνες | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ |
| Θέρμανση | 9.10 | 6.2 | 2.3 | 0.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.1 | 3.5 | 8.9 | 30.5 |

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις ενέργειας ανά τελική χρήση δίδονται στον πίνακα που ακολουθεί. Στην τελική κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη, περιλαμβάνεται και η ηλεκτρική κατανάλωση από τα βοηθητικά συστήματα της κάθε εγκατάστασης.

Πίνακας 7.2. Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση

Χρήση: Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

| Τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m ²) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Μήνες | ΙΑΝ | ΦΕΒ | ΜΑΡ | ΑΠΡ | ΜΑΙ | ΙΟΥΝ | ΙΟΥΛ | ΑΥΓ | ΣΕΠ | ΟΚΤ | ΝΟΕ | ΔΕΚ | ΣΥΝ |
| Θέρμανση | 9.9 | 6.8 | 2.6 | 0.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.1 | 3.9 | 9.6 | 33.4 |
| Ψύξη | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.7 |
| ZNX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0,00 |
| Ηλιακή ενέργεια για ZNX | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0,00 |
| Φωτισμός | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 11.10 |
| Φωτοβολτ αϊκά | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 4.1 |
| Σύνολο | 11.8 | 7.4 | 3.6 | 2.1 | 1.6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1.6 | 1.80 | 5.2 | 11.5 | 46.6 |

Οι αντίστοιχες καταναλώσεις καυσίμων ανά καύσιμο (πηγή ωφέλιμης ενέργειας) δίνονται στον πίνακα 7.3.:

Πίνακας 7.3. Κατανάλωση ανά καύσιμο

Χρήση: Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

| Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m ²) | |
|---|-------|
| Ηλεκτρισμός | 16,60 |
| Πετρέλαιο | 23.90 |

Μετά τις παρεμβάσεις που προτείνονται το κτίριο πλέον θα καταναλώνει τις τιμές του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7.4: Καταναλώσεις κτιρίου μετά τις παρεμβάσεις

| Πηγή ενέργειας | Κατανάλωση καυσίμου (kWh/m ²) | Εκπομπές CO ₂ (kg/m ²) |
|--|--|--|
| Ηλεκτρισμός | 22.69 | 20,45 |
| Πετρέλαιο | 23.9 | 6.3 |
| Παραγωγή από ΑΠΕ | -4,1 | -4,055 |
| Σύνολο σε kWh/m ² πρωτογενούς ενέργειας | B= 72.50 | |
| Σύνολο | | Δ= 19.90 |

7.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΤΗΡΙΟΥ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την ανοιγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πίνακας 7.4) του τμήματος του υπό μελέτη κτηρίου, φαίνεται να ανήκει στην **κατηγορία B+** (βλ. επόμενο σχήμα).

Άρα υπερπληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ, για κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά μέγιστο ίση με την αντίστοιχη του κτηρίου αναφοράς.

Δημιουργία αρχείου αποτελεσμάτων 25.06.2020 14.11

Ενεργειακή
κατηγορία

Μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης

A +

$E.A. < 0.33 \text{ K.A.}$

A

$0.33 \text{ K.A.} < E.A. < 0.50 \text{ K.A.}$

B +

$0.50 \text{ K.A.} < E.A. < 0.75 \text{ K.A.}$

B

$0.75 \text{ K.A.} < E.A. < 1.00 \text{ K.A.}$

Γ

$1.00 \text{ K.A.} < E.A. < 1.41 \text{ K.A.}$

Δ

$1.41 \text{ K.A.} < E.A. < 1.82 \text{ K.A.}$

E

$1.82 \text{ K.A.} < E.A. < 2.27 \text{ K.A.}$

Z

$2.27 \text{ K.A.} < E.A. < 2.73 \text{ K.A.}$

H

$2.73 \text{ K.A.} < E.A.$

Z

322,1 kWh / m²

Ενεργειακά μη αποδοτικό

Πρωτογενής ενέργεια ανα τελική χρήση (kWh/m²)

| | Τελική χρήση | Κτίριο αναφοράς | Υπάρχον κτίριο | Σενάριο 1 |
|---|----------------------|-----------------|----------------|-----------|
| ► | Θέρμανση | 81,3 | 156,1 | 57,8 |
| | Ψύξη | 7,7 | 3,1 | 2,1 |
| | ZNX | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Φωτισμός | 46,3 | 162,9 | 32,2 |
| | Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ | 0,0 | 0,0 | 19,7 |
| | Σύνολο | 135,4 | 322,1 | 72,4 |
| | Κατάταξη | - | Z | B+ |

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ, ΠΡΟΤΥΠΑ, ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Για τη σύνταξη της μελέτης αυτής χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα πρότυπα, κανονισμοί, επιστημονικά συγγράμματα και δημοσιεύσεις :

Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002 για την «Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων».

Φ.Ε.Κ. 89, νόμος 3661/19-05-2008. «Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτηρίων και άλλες διατάξεις».

Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010, «Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων- Κ.Εν.Α.Κ..».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».

Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».

Duffie A John., Beckman A. William, «Solar Engineering of Thermal Processes». John Wiley & Sons, INC., Second edition, 1991.