



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης
(ΕΤΠΑ)



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
1 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΔΗΜΟΣ ΜΙΝΩΑ ΠΕΔΙΑΔΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ



Έργο:

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ
ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ – ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΑΣΤΕΛΛΙΟΥ**

A.M. 19/2020

ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕ ΦΠΑ 24%: 658.000,00€

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Εισαγωγή

Η μελέτη αφορά στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Γυμνασίου-Λυκείου Καστελλίου. Αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου και προτείνονται οι βέλτιστες δράσεις/παρεμβάσεις, οι οποίες θα οδηγήσουν στην ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου με απώτερο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων, τη μείωση των δαπανών λειτουργίας και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος CO₂.

Η παρούσα τεχνική έκθεση αποτελείται από τρία (3) κεφάλαια.

Μετά το πρώτο, εισαγωγικό κεφάλαιο της μελέτης, στο 2^ο Κεφάλαιο αποτυπώνονται ψηφιακά (σε μορφή πινάκων) πληροφορίες για την υφιστάμενη κατάσταση του σχολείου.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Αντικατάσταση κουφωμάτων.
- Εξωτερική θερμομόνωση δώματος.
- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας.
- Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλής απόδοσης.
- Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού (Φ/Β) συστήματος με τον μηχανισμό ενεργειακού συμψηφισμού net-metering.

Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις είναι πολύ σημαντικές, καθώς θα συνεισφέρουν όχι μόνο στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και των σχετικών δαπανών, αλλά και στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών, στο πλαίσιο ενός εκ των πρωτευόντων ρόλων της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής υπευθυνότητας των μελλοντικών ενεργών πολιτών.

Με βάση το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), το οποίο έχει εκδοθεί σύμφωνα με τον ισχύον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ 2017-ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581/30.6.17, ΦΕΚ 2367/Β/12-7-17), το κτίριο εντάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία «Δ». Σε συμφωνία με την πρόσκληση του Επιχειρησιακού Προγράμματος, στόχος της πράξης είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά ΚΕΝΑΚ 2017, ή, εφόσον αυτό είναι οικονομικά και τεχνικά εφικτό, η αναβάθμιση σε ενεργειακή κατηγορία «Α» ή «Α+».

Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης

Η αποτύπωση της υφιστάμενης κατάστασης του κτιρίου προέκυψε από:

- Αρχιτεκτονικά σχέδια
- Φύλλο συντήρησης λέβητα
- Επιτόπου αυτοψία
- Ετήσιες καταναλώσεις πετρελαίου θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας

Γενικά

Το κτίριο του Γυμνασίου-Λυκείου βρίσκεται στον οικισμό Καστέλλι σε υψόμετρο 350 m, πλησίον (ανατολικά) του κτιρίου του Δημαρχείου, στο Νομό Ηρακλείου στην Κρήτη. Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης το κτίριο εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Α. Η τοποθεσία και η φωτογραφική απεικόνιση της νότιας όψης του κτιρίου παρατίθενται στην **Εικόνα 1** και στην **Εικόνα 2**, αντίστοιχα.



Εικόνα 1: Τοποθεσία Γυμνασίου – Λυκείου Καστελλίου (γραμμοσκιάζεται το υπό μελέτη κτίριο).



Εικόνα 2: Νότια όψη του υπό-μελέτη κτιρίου.

Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1980 και είναι 4^{ωv} επιπέδων (ημιυπόγειο, ισόγειο, 1^{ος} και 2^{ος} όροφος) με φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητες οπτόπλινθους. Οι επιφάνειες των επιπέδων του κτιρίου έχουν εμβαδά 514.22 m², 967.51 m², 831.03 m² και 437.07 m², αντιστοίχως, του ημιυπογείου, ισογείου, 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου. Σύμφωνα με τον κτιριοδομικό κανονισμό το κτίριο χαρακτηρίζεται ως βασικής κατηγορίας εκπαίδευσης, ενώ η χρήση του εμπίπτει σε αυτή της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Στο ημιυπόγειο διακρίνεται ως ξεχωριστή θερμική ζώνη ο χώρος του λεβητοστασίου (Μη θερμαινόμενος Χώρος – ΜΘΧ) εμβαδού δαπέδου 90.13 m². Μέρος των εξωτερικών τοίχων (νότια, ανατολική και δυτική όψη) βρίσκονται σε επαφή με φυσικό έδαφος, ενώ η βόρεια όψη είναι σε επαφή με εξωτερικό αέρα. Στο ισόγειο βρίσκονται αίθουσες διδασκαλίας και μία αίθουσα βιβλιοθήκης. Η τελευταία, εμβαδού δαπέδου 76.11 m², λαμβάνεται ως διακριτή θερμική ζώνη καθώς είναι ο μοναδικός ψυχόμενος χώρος του κτιρίου. Ως επί τω πλείστον, οι όψεις του ισογείου είναι σε επαφή με εξωτερικό αέρα. Στον 1^ο και 2^ο όροφο υπάρχουν κυρίως αίθουσες διδασκαλίας και ως επί το πλείστον οι όψεις είναι σε επαφή με εξωτερικό αέρα. Ως εκ τούτου, ως θερμαινόμενοι χώροι νοούνται οι εσωτερικοί χώροι όλων των επιπέδων, εκτός του λεβητοστασίου, με τον

χώρο βιβλιοθήκης στο ισόγειο να είναι ξεχωριστή θερμική ζώνη από το λοιπό κτίριο. Σύμφωνα με τα παραπάνω, στο υπολογιστικό μοντέλο ενεργειακής προσομοίωσης ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου χρονικού βήματος TOTEE KENAK, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ), υιοθετούνται οι ζώνες και χρήσεις του Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Θερμικές ζώνες, χρήσεις χώρων και αντίστοιχες επιφάνειες.

Θερμικήζώνη	Επίπεδο	Χρήση ζώνης	Επιφάνεια [m ²]
Ζώνη 1	ΥΠΟΓΕΙΟ ΘΧ ΖΩΝΗ 1	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	424.09
Ζώνη 1	ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 1	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	891.40
Ζώνη 1	Α ΟΡΟΦΟΣ ΖΩΝΗ 1	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	831.03
Ζώνη 1	Β ΟΡΟΦΟΣ ΖΩΝΗ 1	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	437.07
Ζώνη 2	ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 2	Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	76.11
Ζώνη 3	ΥΠΟΓΕΙΟ ΜΘΧ	Μη θερμαινόμενη	90.13
Σύνολο:			2,749.84

Το κτίριο είναι πανταχόθεν ελεύθερο και βρίσκεται σε μια περιοχή με χαμηλή δόμηση με αποτέλεσμα να μη σκιάζεται περιμετρικά πέραν των σκιάσεων που προκαλεί το ίδιο το κτίριο σε διάφορες επιφάνειές του καθώς και μέρος (του ισογείου) της βόρειας και ανατολικής όψης που σκιάζονται από δέντρα.

Το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου ορίζεται από τον Πίνακα 2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 για δευτεροβάθμια εκπαίδευση με 8 ώρες λειτουργίας, 5 φορές ανά εβδομάδα και περίοδο λειτουργίας συνολικά 9 μήνες (Σεπτέμβριος μέχρι Μάιος).

Στοιχεία Κελύφους (Τοιχοποιίες- Κουφώματα)

Κατά τη μελέτη ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, αρχικά σε κάθε όροφο, έγινε έλεγχος των δομικών στοιχείων μέσω της καταγραφής του προσανατολισμού, των διαστάσεων (ύψος και πλάτος) των τοίχων που βρίσκονται τόσο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα αλλά και με το έδαφος, του προσανατολισμού και των διαστάσεων (ύψος και πλάτος) των κουφωμάτων και έγινε εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδου του κελύφους του κτιρίου, καθώς και καταγραφή των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών.

Κατόπιν της αυτοψίας και επεξεργασίας των στοιχείων του κελύφους, οι αδιαφανείς επιφάνειες (δώματα και κατακόρυφοι τοίχοι) λαμβάνονται με ανεπαρκή θερμομόνωση κατά ΚΕΝΑΚ 2017 (βλ. Πίνακες 3.5α και 3.5β της τεχνικής οδηγίας TOTEE ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017). Τα λεπτομερή στοιχεία του κάθε δομικού στοιχείου των αδιαφανών επιφανειών (εμβαδόν, προσανατολισμός, συντελεστής θερμοπερατότητας λαμβάνοντας υπόψη προσαιζησεις λόγω θερμογεφυρών, συντελεστής εκπομπής και απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας) τα οποία υιοθετήθηκαν ανά θερμική ζώνη και ανά όροφο, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον τύπο διεπαφής (με εξωτερικό αέρα, με έδαφος, με ΜΘΧ) ως ακολούθως:

- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (Πίνακας 2).
- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με έδαφος (Πίνακας 3). Στον Πίνακα παρατίθεται ο ισοδύναμος συντελεστής θερμοπερατότητας που προκύπτει με βάση τη μεθοδολογία της ενότητας 2.1.6 και τα δεδομένα των Πινάκων 8α και 8β της τεχνικής οδηγίας TOTEE ΚΕΝΑΚ 20701-2/2017.
- Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων σε επαφή με ΜΘΧ (Πίνακας 4).

Πίνακας 2: Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων ανά ζώνη και ανά όροφο, σε επαφή με εξωτερικό αέρα.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΥΠΟΓΕΙΟ ΘΧ ΖΩΝΗ 1				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	γ^1	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	15.73	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	6.12	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	4.19	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.14	0.40	0.80
Πόρτα	Μέταλλο Χωρίς υαλοπίνακες	90	6.000	2.20	0.00	0.00
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	5.47	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.96	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.38	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	8.96	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	6.04	0.40	0.80
Πόρτα	Μέταλλο Χωρίς υαλοπίνακες	360	6.000	1.98	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	7.55	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.26	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	8.34	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	5.88	0.40	0.80
Πόρτα	Μέταλλο Χωρίς υαλοπίνακες	0	6.000	1.98	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	7.07	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.11	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	8.16	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	5.80	0.40	0.80
Πόρτα	Πόρτα ξύλινη 45 mm	0	1.954	1.98	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	14.41	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	4.30	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.27	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.08	0.40	0.80
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	1.15	20.01	0.40	0.80

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 1				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	γ^1	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	18.11	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	6.51	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 50% Υαλοπίνακας μονός	270	4.700	2.20	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	11.07	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.04	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	180	6.000	3.47	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	8.69	0.40	0.80

Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.80	0.40	0.80
Πόρτα	Πόρτα ξύλινη 45 mm	180	1.954	2.20	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.47	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	8.69	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.80	0.40	0.80
Πόρτα	Πόρτα ξύλινη 45 mm	180	1.954	2.20	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	22.36	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	6.68	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.04	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	180	6.000	4.56	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	30.86	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	9.22	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.77	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	11.92	0.40	0.80
Πόρτα	Μεταλλική ανοιγόμενη Ποσοστό πλαισίου 20% Υαλοπίνακας μονός	0	6.000	4.56	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	8.08	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.41	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	10.23	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	6.21	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	7.77	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.32	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	9.59	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	6.04	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	7.27	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.17	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	9.39	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	360	0.900	5.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	14.82	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	4.43	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	2.08	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.62	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	0.20	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	0.06	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	6.67	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	2.53	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	0.20	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	0.06	0.40	0.80

Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	1.80	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.54	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	0.20	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	0.06	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	13.42	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	5.22	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	0.20	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	0.06	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	1.52	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	0.46	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	47.20	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	17.97	0.40	0.80
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	1.15	119.11	0.40	0.80
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	1.15	18.65	0.40	0.80

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Α ΟΡΟΦΟΣ ΖΩΝΗ 1				
Τύπος	Δομικόστοιχείο	γ^1	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	26.15	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	9.36	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	7.69	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.30	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	13.78	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.95	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	8.47	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.53	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	10.25	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.22	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.94	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.37	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	9.40	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.47	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	9.40	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	29.46	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	8.80	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	7.13	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.04	0.40	0.80

	εξωτερικό αέρα					
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	1.15	63.59	0.40	0.80

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: Β ΟΡΟΦΟΣ ΖΩΝΗ 1				
Τύπος	Δομικό στοιχείο	γ^1	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	13.78	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.95	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	8.45	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.52	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	10.25	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.22	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.94	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.37	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	9.40	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.47	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.23	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	9.40	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	5.96	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	53.53	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	15.99	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	7.25	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	0.900	6.13	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	14.87	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	4.44	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	20	0.900	49.81	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	20	0.900	19.17	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	23.21	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	6.93	0.40	0.80
Οροφή	Συμβατικού τύπου δώμα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0	1.15	437.07	0.40	0.80

Θερμικήζώνη: Ζώνη 2		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 2				
Τύπος	Δομικό στοιχείο	γ^1	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α^2	ϵ^3
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	10.09	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	180	0.900	6.05	0.40	0.80
Πόρτα	Ξύλινη ανοιγόμενη διπλή θύρα με 6% μονό υαλοπίνακα	180	2.730	2.20	0.00	0.00
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	7.94	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	270	0.900	2.37	0.40	0.80
Τοίχος	Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	8.47	0.40	0.80

Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	90	0.900	2.53	0.40	0.80
--------	---	----	-------	------	------	------

- (1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική
(2) απορροφητικότητα επιφάνειας
(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

Πίνακας 3: Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με έδαφος.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΥΠΟΓΕΙΟ ΘΧ ΖΩΝΗ 1			
Τύπος	Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² ·K)]	Εμβαδό [m ²]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	Μέσο βάθος έδρασηςz [m]
Τοίχος	Κατακόρυφο τοίχιο βαθιά στο έδαφος	0.220	4.66	0.00	6.00
Τοίχος	Κατακόρυφο τοίχιο βαθιά στο έδαφος	0.220	84.97	0.00	6.00
Τοίχος	Κατακόρυφο τοίχιο βαθιά στο έδαφος	0.220	42.49	0.00	6.00
Τοίχος	Κατακόρυφο τοίχιο βαθιά στο έδαφος	0.220	38.10	0.00	6.00
Δάπεδο - Οροφή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.450	424.09	109.62	0.00

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 1			
Τύπος	Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² ·K)]	Εμβαδό [m ²]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	Μέσο βάθος έδρασηςz [m]
Δάπεδο - Οροφή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.530	397.40	147.65	0.00

Θερμικήζώνη: Ζώνη 2		Επίπεδο: ΙΣΟΓΕΙΟ ΖΩΝΗ 2			
Τύπος	Δομικό στοιχείο	U [W/(m ² ·K)]	Εμβαδό [m ²]	Εκτεθειμένη περίμετρος Π [m]	Μέσο βάθος έδρασηςz [m]
Δάπεδο - Οροφή	Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.530	76.11	36.85	0.00

Πίνακας 4: Δεδομένα αδιαφανών δομικών στοιχείων, σε επαφή με Μη Θερμαινόμενους Χώρους.

Θερμικήζώνη: Ζώνη 1		Επίπεδο: ΥΠΟΓΕΙΟ ΘΧ ΖΩΝΗ 1				
Τύπος	Δομικό στοιχείο	γ(1)	U [W/(m ² ·K)]	A [m ²]	α(2)	ε(3)
Τοίχος	Τοίχος σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	90	3.000	21.85	0.40	0.80
Τοίχος	Φέρων οργανισμός σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	90	3.000	6.53	0.40	0.80

- (1) αζιμούθιο επιφάνειας με 0=βόρεια, 90=ανατολική, 180 = νότια, 270 = δυτική
(2) απορροφητικότητα επιφάνειας
(3) συντελεστής εκπομπής επιφάνειας

Τα κουφώματα του σχολείου είναι παλιά αποτελούμενα από πλαίσιο αλουμινίου με μονό υαλοπίνακα και κρίνονται από πλευράς ενεργειακής απόδοσης ανεπαρκή. Τα στοιχεία των κουφωμάτων καταγράφονται στον **Πίνακας 5**.

Πίνακας 5: Στοιχεία κουφωμάτων του κτιρίου.

A/A	Τύπος κουφώματος (Παράθυρο, Θύρα ή Φεγγίτης)	Πλήθος	Υλικό πλαισίου	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Όψη κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m ²)
1	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,5	1,9	B	4,75
2	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,77	3	B	20,31
3	Παράθυρο	3	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1	1,2	B	1,20
4	Παράθυρο	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,5	1,2	B	3,00
5	Παράθυρο	6	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,95	1,2	B	2,34
6	Παράθυρο	3	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	1,2	B	2,40
7	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,75	0,65	B	1,79
8	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,3	0,65	B	4,10
9	Φεγγίτης	3	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,9	0,43	B	0,82
10	Φεγγίτης	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,5	0,43	B	1,08
11	Φεγγίτης	6	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,95	0,43	B	0,84
12	Φεγγίτης	3	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	0,43	B	0,86
13	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,23	0,65	B	4,05
14	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,75	0,65	B	1,79
15	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	0,62	B	1,24
16	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,25	1,3	B	8,13
17	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,8	1,95	B	5,46
18	Φεγγίτης	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	7,35	0,65	B	4,78
19	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	7,45	0,65	B	4,84
20	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,8	2,9	B	19,72
21	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,3	2,9	B	6,67
22	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,4	2,9	B	6,96
23	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,89	1,9	B	13,09

A/A	Τύπος κουφώματος (Παράθυρο, Θύρα ή Φεγγίτης)	Πλήθος	Υλικό πλαισίου	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Όψη κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m ²)
24	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,9	1,9	B	13,11
25	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,8	1,95	B	13,26
26	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	2,28	B	4,56
27	Θύρα	1	Μεταλλική	Χωρίς υαλοπίνακα	1	2,15	B	2,15
28	Θύρα	2	Μεταλλική	Χωρίς υαλοπίνακα	0,95	2,2	B	2,09
29	Θύρα	1	Ξύλινη	Χωρίς υαλοπίνακα	0,95	2,2	B	2,09
30	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,65	2,9	N	7,69
31	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	0,62	N	1,24
32	Παράθυρο	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,95	1,2	N	2,34
33	Παράθυρο	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,45	1,2	N	2,94
34	Παράθυρο	3	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1	1,2	N	1,20
35	Παράθυρο	6	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	1,2	N	2,40
36	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,8	2,92	N	2,34
37	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,53	0,65	N	0,99
38	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	0,8	2,92	N	2,34
39	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	6,9	1,9	N	13,11
40	Φεγγίτης	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,95	0,45	N	0,88
41	Φεγγίτης	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,45	0,45	N	1,10
42	Φεγγίτης	9	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	0,45	N	0,90
43	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20% Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	2,8	1,85	N	5,18
44	Παράθυρο	2	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20% Δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο αέρα 12 mm	3,15	1,95	N	6,14
45	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2	2,28	N	4,56
46	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	1,53	2,27	N	3,47
47	Θύρα	2	Ξύλινη	Χωρίς υαλοπίνακα	1	2,2	N	2,20
48	Θύρα	1	Ξύλινη	Με 6% μονό υαλοπίνακα	1	2,2	N	2,20

A/A	Τύπος κουφώματος (Παράθυρο, Θύρα ή Φεγγίτης)	Πλήθος	Υλικό πλαισίου	Χαρακτ/ά υαλοπινάκων	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Όψη κτιρίου βάσει προσανατολισμού	Εμβαδόν (m ²)
49	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	2,26	0,65	A	1,47
50	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,05	0,65	A	3,28
51	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,03	0,65	A	3,27
52	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	4,65	0,65	A	3,02
53	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,4	0,65	A	3,51
54	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	4,87	0,65	A	3,17
55	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,15	0,65	A	3,35
56	Φεγγίτης	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	4,9	0,65	A	3,19
57	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 20%, Υαλοπίνακας μονός	5,05	1,95	A	9,85
58	Παράθυρο	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 10%, Υαλοπίνακας μονός	1,89	0,78	Δ	1,47
59	Θύρα	1	Αλουμίνιο	Ποσοστό πλαισίου 50%, Υαλοπίνακας μονός	1	2,2	Δ	2,20

Για τους καταγεγραμμένους τύπους ανοιγμάτων λαμβάνονται οι παρακάτω τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας (σύμφωνα με τον Πίνακα 3.13α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017):

- Κούφωμα με μεταλλικό πλαίσιο ποσοστού 20% χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα: 6 W/m²K.
- Κούφωμα με πλαίσιο αλουμινίου ποσοστού 20% χωρίς θερμοδιακοπή και διπλό υαλοπίνακα διακένου 12 mm: 3.7 W/m²K.
- Μεταλλική συμπαγής θύρα χωρίς υαλοπίνακα: 6 W/m²K.
- Ξύλινη συμπαγής θύρα χωρίς υαλοπίνακα: 1.954 W/m²K.

Συνεπώς, τα περισσότερα κουφώματα του κτιρίου είναι θερμομονωτικά μη επαρκή αφού ο συντελεστής θερμοπερατότητας προκύπτει μικρότερος από τον μέγιστο επιτρεπόμενο για την κλιματική ζώνη Α, που είναι ίσος με 3.2 W/m²K σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017.

Η συνολική διείσδυση του αέρα από χαραμάδες (αθέλητος αερισμός) υπολογίστηκε ίση με 3956 m³/h λαμβάνοντας υπόψη τους κατάλληλους συντελεστές διείσδυσης από τον Πίνακα 3.24 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανάλογα με τους τύπους των κουφωμάτων. Με βάση τα αρχιτεκτονικά σχέδια και την αυτοψία που πραγματοποιήθηκε δεν υπάρχουν εξώθυρες με άνοιγμα >1cm. Η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα για τυπικές κατασκευές ανά m² δαπέδου είναι ίση με 280kJ/(m²K) για φέρων οργανισμό από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης από διάτρητους οπτόπλινθους.

Συστήματα θέρμανσης

Το υπάρχον σύστημα θέρμανσης αποτελείται από ένα λέβητα πετρελαίου με ονομαστική ισχύ 325,64kW, σύμφωνα με το φύλλο συντήρησής του, και βαθμό απόδοσης ίσο με 0.699, όπως προκύπτει από την εφαρμογή της μεθοδολογίας της παραγράφου 5.1.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. ΚΕΝΑΚ 20701-1/2017. Δεν υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα αντιστάθμισης εξωτερικής θερμοκρασίας για την προσαρμογή του λέβητα στα

θερμικά φορτία. Επίσης, δεν υπάρχει κάποιο άλλο σύστημα αυτοματισμού. Το δίκτυο διανομής θεωρείται πως βρίσκεται εκτός ισορροπίας ενώ η διανομή γίνεται με οκτώ κυκλοφορητές ισχύος 330 W έκαστος, χωρίς αυτοματισμό ρύθμισης στροφών με αντιστάθμιση φορτίου. Οι τερματικές μονάδες είναι θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας τύπου AKAN (καλοριφέρ) με εκτιμώμενο βαθμό απόδοσης 0.879. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης και για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν σχετικές εγκαταστάσεις.

Συστήματα ψύξης

Σύστημα ψύξης υπάρχει μόνο στην αίθουσα βιβλιοθήκης στο ισόγειο του κτιρίου. Αποτελείται από δύο τοπικές αντλίες θερμότητας αέρα-αέρα (κλιματιστικά) οροφής, με εγκατεστημένη ισχύ 7 kW και βαθμό απόδοσης COP/EER: 2.4/2.3, η κάθε μία. Το δίκτυο διανομής του ψυχρού μέσου αποτελείται από σωληνώσεις που βρίσκονται κυρίως σε εσωτερικές επιφάνειες και έχει βαθμό απόδοσης ίσο με 0.95.

Σύστημα μηχανικού αερισμού

Το σχολείο δεν διαθέτει σύστημα μηχανικού αερισμού ή Κ.Κ.Μ.Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο από τους χρήστες του κτιρίου μέσω των ανοιγμάτων, ενώ δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού.

Σύστημα φωτισμού

Τα είδη φωτιστικών που καταγράφηκαν παρατίθενται στον Πίνακα 6. Από την καταγραφή των φωτιστικών στο κτίριο προκύπτει ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς για το σύστημα φωτισμού είναι ίση με 26.9kW.

Πίνακας 6: Είδη και κατανομή φωτιστικών του κτιρίου.

A/A	Τύπος-είδος λαμπτήρα	Ισχύς (W)	Είδος φωτιστικού σώματος	Πλήθος λαμπτήρων ανά φωτιστικό σώμα	Πλήθος φωτιστικών σωμάτων	Κατανομή ανά Όροφο του κτιρίου
1	Γραμμική ράβδος φθορισμού	36	Σκαφάκι οροφής	2	226	Υπόγειο: 36 Ισόγειο: 46 Α όροφος: 108 Β όροφος: 36
2	Γραμμική ράβδος φθορισμού	18	Σκαφάκι οροφής	4	69	Υπόγειο: 15 Ισόγειο: 32 Α όροφος: 9 Β όροφος: 13
3	Γραμμική ράβδος φθορισμού	58	Σκαφάκι οροφής	2	17	Ισόγειο (βιβλιοθήκη): 17
4	Πυρακτώσεως	60	χελώνα οροφής/ τοίχου	1	34	Υπόγειο: 2 Ισόγειο: 32
5	Αλογόνου	500	Προβολέας	1	3	Εξωτερικός φωτισμός
6	LED	100	Προβολέας	1	2	Εξωτερικός φωτισμός

Στοιχεία κατανάλωσης – Ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου

Σύμφωνα με διαθέσιμα στοιχεία από ΔΕΔΔΗΕ, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου εκτιμάται περίπου 22,910 kWh. Με βάση την ενεργειακή ανάλυση του κτιρίου με χρήση του λογισμικού ΚΕΝΑΚ (όπως προκύπτει από το ΠΕΑ), προκύπτουν τα εξής:

- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά τελική χρήση:
 - Θέρμανση: 22kWh/m².
 - Ψύξη: 3.3kWh/m².
 - Φωτισμός: 16.4kWh/m².
 - Συνολική κατανάλωση: 41.7kWh/m².
- Ετήσια κατανάλωση τελικής ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας:
 - Ηλεκτρισμός: 24.4kWh/m² (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 57.86%).
 - Πετρέλαιο θέρμανσης: 16.2 kWh/m² (συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο: 41.12%).
- Ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας: 89.7 kWh/m² (κτιρίου αναφοράς: 62.5 kWh/m²). Απόκλιση από το κτίριο αναφοράς: 43.5%.
- Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO₂: 28.4kg/m².
- Ενεργειακή κατάταξη: **Κατηγορία «Δ»**.

Συνοπτική Περιγραφή Παρεμβάσεων

Από τα αποτελέσματα της ενεργειακής ανάλυσης του κτιρίου συμπεραίνεται ότι το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση τελικής ενέργειας καταλαμβάνει η θέρμανση σε ποσοστό περίπου 52.8%, εν συνεχεία ο φωτισμός 39.3%, και τέλος, η ψύξη σε ποσοστό περίπου 7.9%. Σε σχέση με το κτίριο αναφοράς, η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου εμφανίζει απόκλιση 43.5%. Συνεπώς, οι προτεινόμενες παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης στοχεύουν καταρχήν στη μείωση της ενεργειακής απαίτησης για σκοπούς θέρμανσης και του φωτισμού, λαμβάνοντας υπόψη και το γεγονός ότι οι ανάγκες για ψύξη είναι χαμηλές δεδομένου ότι τους θερινούς μήνες το κτίριο δεν λειτουργεί (ή υπολειτουργεί). Από την άλλη μεριά, και σε συμφωνία με το σχετικό θεσμικό πλαίσιο (άρθρο 7 «Υποδειγματικός ρόλος κτιρίων που ανήκουν σε δημόσιους φορείς» του Ν.4342/2015), είναι σημαντικό τα δημόσια κτίρια να αποτελέσουν παραδείγματα καινοτόμων πρακτικών ενεργειακής αποδοτικότητας. Το γεγονός ότι το εν λόγω κτίριο είναι εκπαιδευτικό κτίριο αποτελεί έναν παραπάνω λόγο επίδειξης καινοτόμων παρεμβάσεων προς τους μαθητές, που θα συνδυάζουν τεχνολογίες Εξοικονόμησης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΕΞΕ/ΑΠΕ). Ειδικά αναφορικά με τεχνολογίες ΑΠΕ, προτείνεται η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή λόγω της μεγάλης διαθεσιμότητας ελεύθερης επιφάνειας.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις:

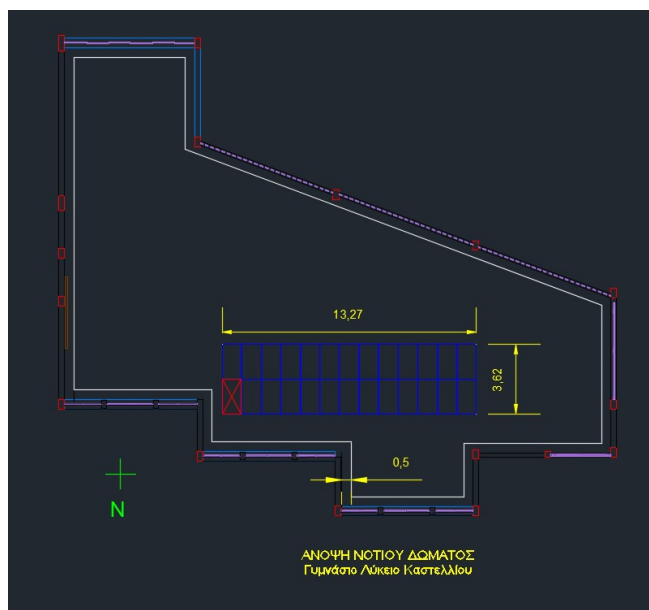
- Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα θερμομονωτικά επαρκή κουφώματα.
- Εξωτερική θερμομόνωση οροφών.
- Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας για σκοπούς θέρμανσης χώρων.
- Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με νέα υψηλής απόδοσης (LED, LightEmittingDiode - Δίοδος Εκπομπής Φωτός).
- Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού συστήματος στο δώμα του τελευταίου ορόφου με ενεργειακό συμψηφισμό (netmetering).

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με ενεργειακό συμψηφισμό (netmetering)

Από την αξιολόγηση των ελέγχων για τη διαστασιολόγηση των Φ/Β πλαισίων και λαμβάνοντας υπόψη την εκτίμηση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας προτείνεται η τοποθέτηση ΦΒ συστήματος που η ισχύς του ανέρχεται σε 10 kWp. Τα Φ/Β πλαίσια χωροθετούνται επί δώματος, σε κλίση 25° και με νότιο προσανατολισμό. Λόγω του ύψους τοποθέτησης, δεν θα είναι ορατά από τον δρόμο.

Τα Φ/Β πλαίσια θα στηριχθούν πάνω σε έτοιμα προφίλ (ράγες) αλουμινίου ή γαλβανισμένου χάλυβα. Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν επί του δώματος και το ύψος εγκατάστασης υπολογίζεται να είναι περί τα 10 cm από το δώμα. Οι λεπτομέρειες τοποθέτησης θα οριστικοποιηθούν ύστερα από γνωμοδότηση της αρμόδιας υπηρεσίας.

Το σύστημα θα αξιοποιηθεί με όρους ενεργειακού συμψηφισμού (netmetering) και εκτιμάται ότι θα παράγει και θα διοχετεύει στο ηλεκτρικό δίκτυο περίπου 15,000 kWh ετησίως, συμψηφίζοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου. Η ενδεικτική χωροθέτηση του Φ/Β συστήματος παρατίθεται στην **Εικόνα 3**.



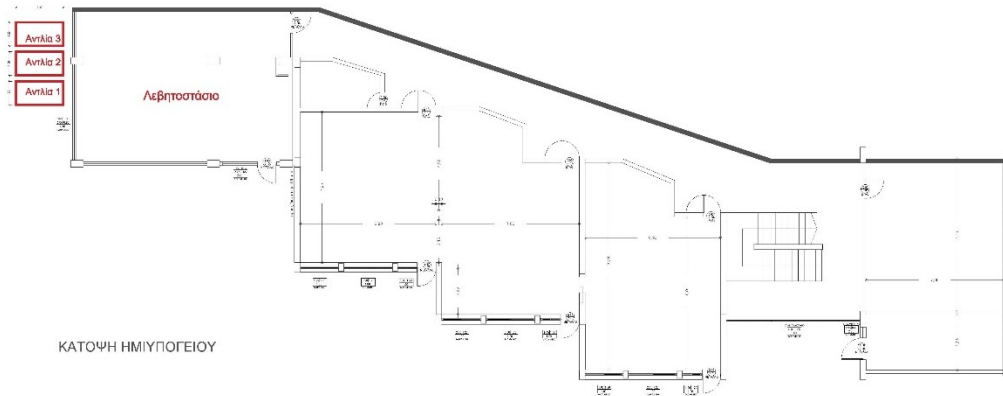
Εικόνα 3: Ενδεικτική χωροθέτηση του ΦΒ ισχύος 10kWp επί δώματος.



Εικόνα 4: Ενδεικτική όψη της αντλίας θερμότητας.

Εγκατάσταση Αντλίας Θερμότητας

Όπως σημειώνεται στο Κεφάλαιο 2, το υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης έχει χαμηλό βαθμό απόδοσης, 0.699, είναι παλιό και σε σχετικά κακή κατάσταση από άποψη θερμομόνωσης και αποδεικνύεται ενεργοβόρο. Για την κάλυψη των θερμικών αναγκών προτείνεται η εγκατάσταση συστοιχίας τριών (3) κεντρικού τύπου αντλίες θερμότητας θερμικής ισχύος 90 kWth έκαστη (συνολική θερμική ισχύς: 270 kW) με συντελεστή επίδοσης $COP > 2.8$. Το σύστημα αντλιών θα ενσωματωθεί στο υπάρχον δίκτυο με τις υπάρχουσες τερματικές μονάδες, ενώ ο υπάρχων λέβητας θα λειτουργεί επικουρικά όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο. Οι ενδεικτικές διαστάσεις της αντλίας είναι περί τα 1.2 m πλάτος 2.4 m μήκος και 1.9 m ύψος. Μία ενδεικτική άποψη της προτεινόμενης τεχνολογίας δίδεται στην **Εικόνα 4**. Η προτεινόμενη συστοιχία προτείνεται να εγκατασταθεί στην βορειο-ανατολική πλευρά του κτιρίου επί εδάφους, πλησίον του λεβητοστασίου για την οικονομικότερη διασύνδεση με το υφιστάμενο σύστημα θέρμανσης. Ενδεικτική θέση της εγκατάστασης παρουσιάζεται στην **Εικόνα 5**.



Εικόνα 5: Ενδεικτική θέση εγκατάστασης της αντλίας θερμότητας: ανατολική όψη, στο ύψος του ημιυπογείου. Πάνω: άποψη της βορειο-ανατολικής γωνίας του κτιρίου. Κάτω: κάτοψη ημιυπογείου.

Αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα φωτιστικά τεχνολογίας LED

Τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα είναι ως επί τω πλείστων φθορισμού και πυρακτώσεως, και έχουν αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών του σχολείου από νέα φωτιστικά υψηλής απόδοσης LED, με ισχύ μονάδας κατά περίπτωση 35 W, 37 W και 18 W, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα φωτισμού για κτίρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (βλ. ενότητα 2.4.4 της TOTEE KENAK 20701-1/2017), λαμβάνοντας υπόψη και τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού των χώρων του κτιρίου. Συγκεκριμένα, προτείνεται:

- Η αντικατάσταση 226 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής 2x36W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 35 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση 69 φωτιστικών σωμάτων τύπου «σκαφάκι» οροφής 4x18 W από νέα φωτιστικά σώματα με γραμμικές ράβδους φωτισμού LED συνολικής ισχύος 37 W έκαστο.
- Η αντικατάσταση 34 λαμπτήρων πυρακτώσεως από νέους λαμπτήρες LED ισχύος 18 W.

Τοποθέτηση Θερμομόνωσης Δώματος

Στην ταράτσα του Β' ορόφου, καθώς και στα τμήματα δωματίων άνω του Ισογείου και Α' ορόφου, συνολικής επιφάνειας 988,73 m², θα τοποθετηθεί σύστημα θερμομόνωσης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης

ελαχ.πάχους 70 mm και θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0.031 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$. Πάνω στις μονωτικές πλάκες θα τοποθετηθεί τσιμεντοκονία ρύσεων πάχους περίπου 50mm και στη συνέχεια η επιφάνεια θα στεγανωθεί με ασφαλτόπανα πάχους περίπου 10mm. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής θα προκύπτει μικρότερος ή το πολύ ίσος με $0,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για θερμομονωτική επάρκεια οροφής όπως ορίζεται στον Πίνακα 3.4α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 για την κλιματική ζώνη Α σε υφιστάμενα κτίρια.

Αντικατάσταση κουφωμάτων

Προτείνονται οι ακόλουθες παρεμβάσεις:

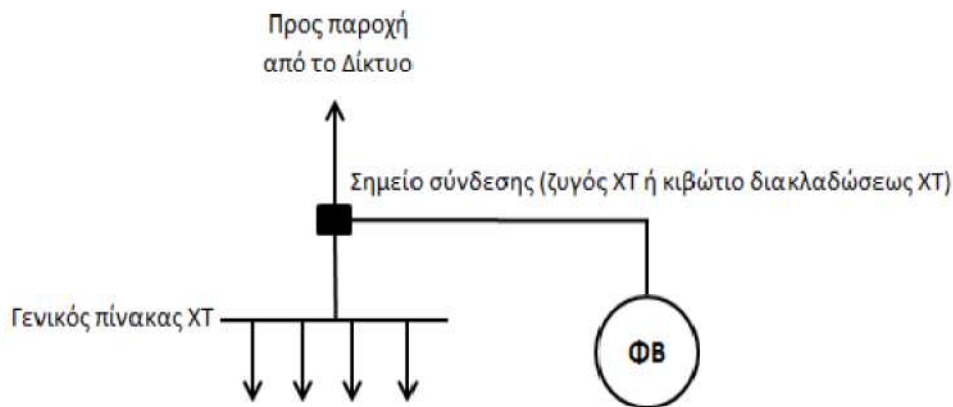
- Τα υφιστάμενα κουφώματα (παράθυρα ή θύρες) με πλαίσιο αλουμινίου και μονό ή διπλό υαλοπίνακα, συνολικού εμβαδού 407.23m^2 θα αντικατασταθούν από νέα κουφώματα από αλουμίνιο (χρώματος RAL υπερανθεκτικού επιλογής της επίβλεψης) με διπλούς υαλοπίνακες. Τα νέα κουφώματα θα έχουν συντελεστές θερμοπερατότητας $U_w \leq 1.7 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$. Η προαναφερόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας είναι αρκετά χαμηλότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη ($3.2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) κατά ΚΕΝΑΚ 2017 (βλ. Πίνακα 3.4^α της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017) που αντιστοιχεί σε κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, συνεπώς μετά την εφαρμογή, τα κουφώματα του κτιρίου θα είναι θερμομονωτικά επαρκή.
- Οι υφιστάμενες θύρες, μεταλλικές και ξύλινες, χωρίς υαλοπίνακα, συνολικού εμβαδού 12.82m^2 αντικαθίστανται από θύρες αλουμινίου με συντελεστή θερμοπερατότητας $U_w \leq 1.7 \text{ W}/(\text{m}^2*\text{K})$. Συνεπώς, όπως ανωτέρω αναφέρθηκε, μετά την εφαρμογή, και οι θύρες του κτιρίου θα είναι θερμομονωτικά επαρκή.

Τεκμηρίωση Επιλογής Παρεμβάσεων – Ενεργειακή ανάλυση

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering)

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας. Ο όρος “net” προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο.

Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς θεσπίστηκε στην Ελλάδα με την Υ.Α ΑΠΕΗΛ/οικ.24461 (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) η οποία καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από την Υπουργική Απόφαση ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (ΦΕΚ Β' 1547/5.5.2017) και αφορά στην εγκατάσταση σταθερών φωτοβολταϊκών συστημάτων για την κάλυψη ιδίων αναγκών από καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση. Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη. Η διασύνδεση του Φ/Β γίνεται σύμφωνα με το τυπικό διάγραμμα στην **Εικόνα 6**.



Εικόνα 6: Διάγραμμα διασύνδεσης φωτοβολταϊκού συστήματος.

Για τη διαστασιολόγηση του συστήματος ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Ο 1ος έλεγχος που γίνεται αφορά στην εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β. Σύμφωνα με την ΥΑ «Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης».

Ο 2ος έλεγχος αφορά στην ετήσια ενεργειακή παραγωγή του Φ/Β συστήματος σε σχέση με την κατανάλωση του κτιρίου. Σύμφωνα με την νομοθεσία «Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε τριετή βάση», και «Το πλεόνασμα ενέργειας που προκύπτει από το συμψηφισμό του προηγούμενου εδαφίου διοχετεύεται στο Δίκτυο χωρίς υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό». Κατά συνέπεια η παραγόμενη ισχύς από το Φ/Β σύστημα σε ετήσια βάση, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την καταναλισκόμενη στο κτίριο.

Λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του σχολείου και την εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή από Φ/Β στη συγκεκριμένη περιοχή (έως και 1500 kWh/kWp), είναι αποδεκτή η τοποθέτηση ενός Φ/Β συστήματος ονομαστικής ισχύος 10 kWp. Η συνεισφορά του Φ/Β στην αντιστάθμιση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου υπολογίζεται μέσω του λογισμικού TOTEE KENAK 2017 κατά την εκπόνηση της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (ΜΕΑ) (βλ. Παράρτημα Γ), με την εισαγωγή των παρακάτω συνθηκών εισόδου:

- Συντελεστής αξιοποίησης: 0.18
- Ενεργός επιφάνεια: 55 m²
- Ισχύς: 10 kW
- Προσανατολισμός: Νότιος – 180°
- Κλίση: 25°
- Συντελεστής σκίασης $F_s=1$ (πλήρης ηλιασμός. Δεν παρατηρούνται εμπόδια που μπορεί να σκιάζουν το Φ/Β).

Οι εκτενείς υπολογισμοί που αφορούν στο Φ/Β σύστημα παρουσιάζονται στη ΜΕΑ του κτιρίου στο Παράρτημα Γ.

Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

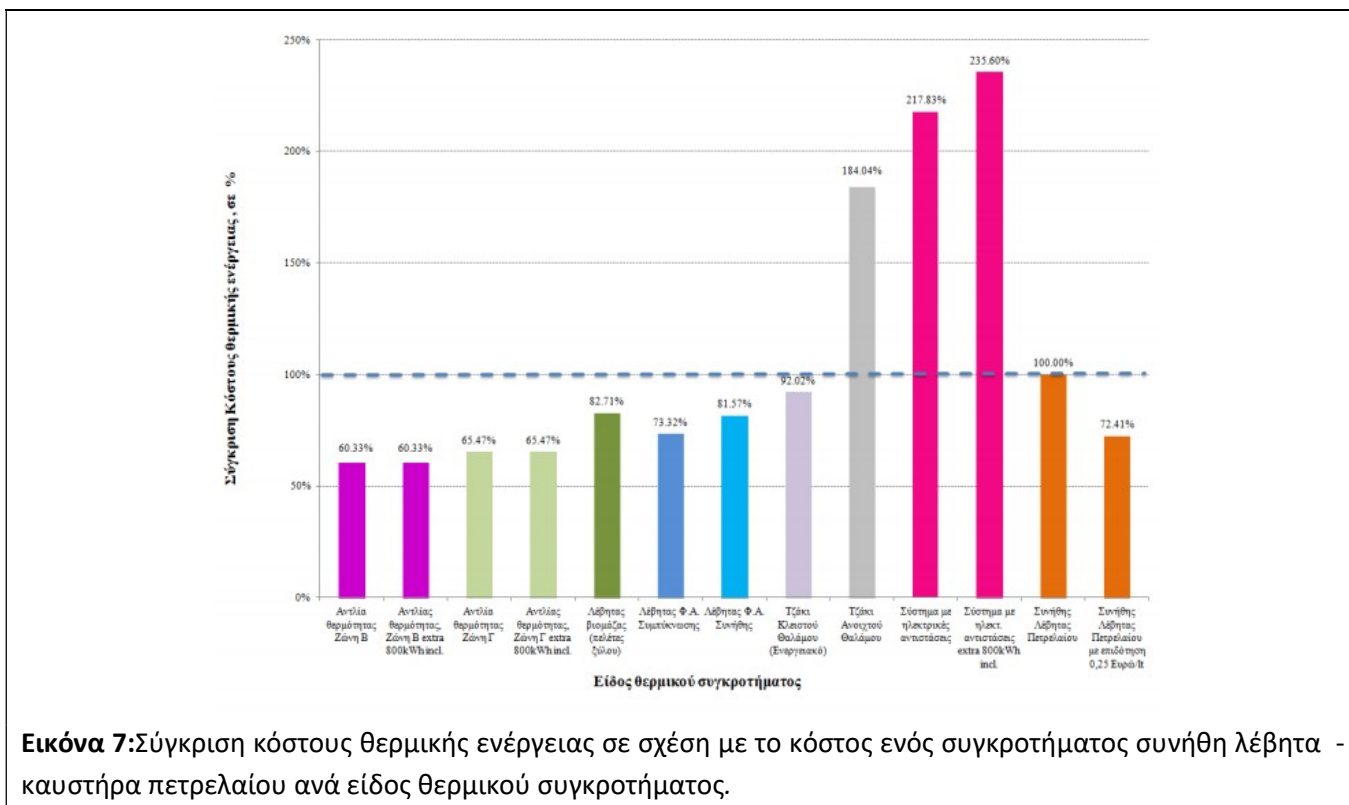
Προτείνεται η εγκατάσταση συστοιχίας τριών αντλιών θερμότητας. Δεν προτείνεται η αντικατάσταση του συμβατικού λέβητα, ο οποίος θα μπορεί να λειτουργεί ως εφεδρικό σύστημα. Το σχέδιο χωροθέτησης της

αντλίας και το προτεινόμενο οριζόντιο διάγραμμα σύνδεσης συστημάτων θέρμανσης παρατίθενται στο ΜΕΡΟΣ Η΄ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ της παρούσης.

Η φυσική ροή της θερμότητας είναι να μεταφέρεται από συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών. Η αντλία θερμότητας καταφέρνει να αναστρέψει αυτή τη φυσική ροή. Έτσι στην περίπτωση ενός κτιρίου, η αντλία θερμότητας στη διάρκεια για παράδειγμα του καλοκαιριού αφαιρεί (αντλεί) θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου και την αποβάλλει στο περιβάλλον. Καθώς ο εσωτερικός χώρος χάνει τη θερμότητά του αρχίζει το περιβάλλον να γίνεται πιο ψυχρό. Αντίθετα, το χειμώνα αφαιρεί (αντλεί) θερμότητα από το περιβάλλον και την διοχετεύει στο εσωτερικό της κατοικίας προκειμένου να αυξήσει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου.

Ουσιαστικά λοιπόν η αντλία θερμότητας χρησιμοποιεί το περιβάλλον για να θερμάνει ή να ψύξει έναν χώρο. Η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας απαιτείται μόνο στο στάδιο της άντλησης θερμότητας και ο χρήστης πληρώνει μόνο το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την άντληση. Το ηλεκτρικό ρεύμα δηλαδή, δεν χρησιμοποιείται ως πηγή για τη δημιουργία θέρμανσης ή ψύξης και για αυτό το λόγο η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι πολύ μικρή, σε σχέση με το αποτέλεσμα που δίνει σε ψύξη ή θέρμανση. Πιο συγκεκριμένα, αντίθετα με τα συμβατικά συστήματα, οι αντλίες θερμότητας χρειάζονται 25% ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο 75% το παίρνουν από το περιβάλλον.

Μία τυπική σύγκριση του συνολικού κόστους της θερμικής ενέργειας των διαφόρων ειδών θερμικού συγκροτήματος με ένα συνήθη λέβητα πετρελαίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 7. Για τη σύγκριση αυτή έχει θεωρηθεί τιμή πετρελαίου στον καταναλωτή ίση με 1,256 €/lt.



Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει πως τα κυριότερα πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας έναντι του υφιστάμενου συστήματος θέρμανσης είναι:

- Ο αυξημένος βαθμός απόδοσης, σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης
- Η εξοικονόμηση χρημάτων
- Η απλή εγκατάσταση
- Η αθόρυβη λειτουργία

- Τα μειωμένα έξοδα εγκατάστασης, εφόσον μπορούν να τοποθετηθούν εξωτερικά
- Το μειωμένο κόστος συντήρησης
- Το ασφαλέστερο και πιο καθαρό σύστημα από την πλειοψηφία των συστημάτων θέρμανσης

Με βάση τους υπολογισμούς που διεξάγονται στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου (βλ. Παράρτημα Γ), το μέγιστο απαιτούμενο θερμικό φορτίο για την θέρμανση του κτιρίου ανέρχεται στα 285.6 kW. Το προτεινόμενο σύστημα θέρμανσης αποτελείται από τρεις (3) κεντρικού τύπου αντλίες θερμότητας συνολικής θερμικής ισχύος 270 kW (3x90 kW) και από τις 2 υφιστάμενες τοπικές αντλίες θερμότητας τύπου split unit οροφής με συνολική θερμική ισχύ 14,2 kW. Ο συντελεστής επίδοσης της αντλίας θερμότητας λαμβάνεται ίσος με COP=2.8. Οι βασικές παράμετροι που εισάγονται στο λογισμικό TOTEE KENAK για τους ενεργειακούς υπολογισμούς των αντλιών θερμότητας είναι:

- COP=2.8
- Συντελεστής κάλυψης του κτιρίου ανά μήνα: 1 για τους μήνες Νοέμβριο έως Δεκέμβριο και για τους μήνες Ιανουάριο έως και Απρίλιο, και 0 για τους υπόλοιπους μήνες του έτους.
- Βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής: 92%.
- Είδος τερματικών μονάδων θέρμανσης χώρων: υφιστάμενα σώματα ακτινοβολίας σε εσωτερικό και εξωτερικό τοίχο και θερμ.50/70°C.
- Θερμική απόδοση τερματικών μονάδων: 91.9%.

Οι εκτενείς υπολογισμοί των παραμέτρων των αντλιών θερμότητας παρατίθενται στη ΜΕΑ του κτιρίου στο Παράρτημα Γ.

Αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών με νέα φωτιστικά τεχνολογίας LED.

Κομβικής παρέμβασης για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι η αντικατάσταση των υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων με νέα φωτιστικά σώματα LED. Η επιλογή αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι λαμπτήρες LED επιτυγχάνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού διαθέτοντας τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Διάρκεια ζωής: Οι λαμπτήρες LED έχουν πέντε έως δέκα φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες οικονομίας και εξαιρετικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως.
- Ανθεκτικότητα: Επειδή οι λαμπτήρες LED δεν έχουν λεπτό γυάλινο περίβλημα και αποτελούνται κυρίως από πολυκαρβονικό υλικό είναι ανθεκτικοί και δεν σπάνε όπως οι κλασικοί λαμπτήρες.
- Θερμοκρασία: Οι λαμπτήρες LED δεν εκπέμπουν θερμότητα κατά την διάρκεια λειτουργίας τους. Παράγουν 3.4 btus/ώρα τα οποία αποτρέπουν τον λαμπτήρα από το να θερμανθεί και να συμβάλλει στην αύξηση θερμοκρασίας του χώρου στον οποίο βρίσκεται.
- Δεν περιέχουν αέρια : Δεν χρησιμοποιείται υδράργυρος ή άλλο αέριο για την κατασκευή των λαμπτήρων LED.
- Αποδοτικότητα : Οι λαμπτήρες LED έχουν από 40%-80% μεγαλύτερο λόγο φωτεινής ροής προς ισχύ που καταναλώνουν (lm/W) και ως εκ τούτου έχουν σημαντικά μικρότερη κατανάλωση για συγκεκριμένες απαιτήσεις φωτισμού. Εκτός του ότι καταναλώνουν λιγότερο ρεύμα συμβάλλουν στην οικονομία με την εξαιρετικά υψηλή διάρκεια ζωής τους.

Με την προτεινόμενη παρέμβαση, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού του κτιρίου θα είναι 12.7kW. Με την προτεινόμενη παρέμβαση διασφαλίζεται η στάθμη φωτισμού 300 lx που αφορά σε κτίρια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4 της TOTEE KENAK 20701-1/2017. Σε όλους τους χώρους, τα προτεινόμενα ανοίγματα προσφέρουν επαρκή φυσικό φωτισμό και επιτυγχάνεται η ελάχιστη απαιτούμενη ενεργειακή απόδοση 55 lumen/W, σύμφωνα με την ενότητα 2.4.4 της TOTEE KENAK 20701-1/2017. Τα προαναφερόμενα δεδομένα εισάγονται ως συνθήκες εισόδου στο λογισμικό ενεργειακής ανάλυσης στο πλαίσιο εκπόνησης της ΜΕΑ. Οι εκτενείς υπολογισμοί της ενεργειακής απόδοσης, των φορτίων

λόγω φωτισμού, και της συνεισφοράς στη συνολική ενεργειακή επίδοση, των προτεινόμενων φωτιστικών σωμάτων παρουσιάζονται στη ΜΕΑ του κτιρίου (Παράρτημα Γ).

Τοποθέτηση Θερμομόνωσης Δώματος

Όπως προαναφέρθηκε, στο δώμα του Β' ορόφου καθώς και στα τμήματα δωματίων άνω του Ισογείου και Α' ορόφου, συνολικής επιφάνειας 988,73 m², θα τοποθετηθεί σύστημα θερμομόνωσης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης ελαχ. πάχους 70 mm και θερμικής αγωγιμότητας $\lambda \leq 0.031 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Πάνω στις μονωτικές πλάκες θα τοποθετηθεί τσιμεντοκονία ρύσεων πάχους περίπου 50mm και στη συνέχεια η επιφάνεια θα στεγανωθεί με ασφαλτόπανα πάχους περίπου 10mm. Οι στρώσεις και οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών της προτεινόμενης μονωμένης οροφής παρατίθενται στον Πίνακα 7. Η τομή του δομικού στοιχείου μετά την παρέμβαση παρουσιάζεται στην Εικόνα 8. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας της οροφής προκύπτει περίπου ίσος με $0.379 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, χαμηλότερος από την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για θερμομονωτική επάρκεια οροφής όπως ορίζεται στον Πίνακα 3.4α της TOTEE 20701-1/2017 για την κλιματική ζώνη Α σε υφιστάμενα κτίρια.

Πίνακας 7: Στρώσεις υλικών της προτεινόμενης θερμομόνωσης δώματος.

Στρώσεις δομικού στοιχείου (από έξω προς τα μέσα)							
Α/Α	Κωδικός δομικού υλικού	Περιγραφή δομικού υλικού	Ειδική θερμότητα	Πυκνότητα	Πάχος	Θερμική Αγωγιμότητα	Θερμική Αντίσταση
			C _p	ρ	d	λ	R=d/λ
			kJ/(kg·K)	kg/m ³	m	W/(m·K)	(m ² ·K)/W
1	A001	Εξωτερικό φίλμ αερα					0,059
2	E003	Υγρομόνωση (ασφαλτόπανα)	1,670	1.000,0	0,010	0,190	0,053
3	A302	Σιμεντοκονία		1.800,0	0,050	1,392	0,036
4	Γραφίτουχα διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 70mm	Γραφίτουχα διογκωμένη πολυστερίνη πάχους 70mm		20,0	0,070	0,031	2,258
5	C102	Σκυρόδεμα 2400 kg/m ³		2.400,0	0,200	2,204	0,091
6	A301-20	Επίχρισμα 2cm		1.800,0	0,020	0,870	0,023
7	A002	Εσωτερικό φίλμ αέρα					0,121
Σύνολο					0,350		2,640
U = 1/ ΣR_i = 1/2,640 = 0,379 W/(m²·K)							



Εικόνα 8: Τομή οροφής με εφαρμογή της προτεινόμενης θερμομόνωσης.

Η προτεινόμενη παρέμβαση επιβάλλεται στο λογισμικό ενεργειακής προσομοίωσης για την εκπόνηση της ΜΕΑ, στα τμήματα δωματίων των θερμικών ζωνών του κτιρίου. Ο νέος συντελεστής θερμοπερατότητας τίθεται στα στοιχεία οροφής στον Πίνακα 6.4α της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης του Παραρτήματος Γ.

Αντικατάσταση κουφωμάτων

Η παρέμβαση τίθεται στο λογισμικό εκπόνησης της ΜΕΑ με εισαγωγή του νέου συντελεστή θερμοπερατότητας των προτεινόμενων κουφωμάτων (βλ. ενότητα 6.3.3.4 της ΜΕΑ, Παράρτημα Γ). Οι υπολογισμοί των συντελεστών θερμοπερατότητας και ηλιακών κερδών των διαφανών δομικών στοιχείων παρατίθενται στο Κεφάλαιο 3 της ΜΕΑ (Παράρτημα Γ).

Υπολογισμοί ενεργειακών επιπτώσεων – δείκτες

Ενεργειακές επιπτώσεις

Κατόπιν της διενέργειας των ενεργειακών υπολογισμών με την αξιοποίηση του ειδικού λογισμικού Ti-Soft, το οποίο ενσωματώνει τον αλγόριθμο της εθνικής μεθοδολογίας υπολογισμών κατά ΚΕΝΑΚ 2017, για την εκπόνηση της ΜΕΑ, προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα (βλ. ΜΕΑ-Παράρτημα Γ, Κεφάλαιο 7):

Α) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Θέρμανση: 7 kWh/m².
- Ψύξη: 3.4 kWh/m².
- Φωτισμός: 6 kWh/m².
- Ενέργεια από Φ/Β: 4.3 kWh/m².

Β) Ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή/φορέα ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης):

- Ηλεκτρισμός: 10.5 kWh/m².

Γ) Ετήσιες συνολικές εκπομπές CO₂ (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 10.4 kg/m².

Δ) Συνολική ετήσια πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας (προτεινόμενο σενάριο ενεργειακής αναβάθμισης): 30.4 kWh/m².

Ε) Ενεργειακή κατάσταση: **Κατηγορία «Α»**.

ΣΤ) Δείκτες αποτελέσματος του προτεινόμενου έργου – Σύγκριση δεικτών μεταξύ της υφιστάμενης κατάστασης (που προκύπτουν από το ΠΕΑ) και του προτεινόμενου σεναρίου ενεργειακής αναβάθμισης (που προκύπτουν από τη ΜΕΑ):

- Εξοικονομούμενη πρωτογενής ενέργεια: $89.7 - 30.4 = 59.3 \text{ kWh/m}^2/\text{έτος}$, ήτοι $59.3 \text{ kWh}/\text{έτος}/\text{m}^2 * 2749.84 \text{ m}^2 = 163,065.512 \text{ kWh}$ το έτος.
- Ετήσια συνολική αποφυγή εκπομπών CO₂: $28.4 - 10.4 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2$, ήτοι $18 \text{ kg/m}^2 * 2749.84 \text{ m}^2 = 49,497.12 \text{ kg}/\text{έτος}$, δηλ. περίπου 49.5 tn/έτος.

Το έργο έχει ενταχθεί στο Ε.Π. «Κρήτη 2014-2020», (κωδ.ΟΠΣ 5069269) υπό το κωδικό **2021ΕΠ00210001**, σύμφωνα με την με αρ.πρωτ.: 347/25-1-2021 Απόφαση Ένταξης πράξης της Ε.Υ.Δ. Ε.Π. Περιφέρειας Κρήτης (ΑΔΑ: 96Ψ57ΛΚ-Κ6Δ) και έχει ενταχθεί στον προϋπολογισμό του Δήμου έτους 2021, υπό τον **Κ.Α. 64-7341.024**.

Θραψανό, Ιούνιος 2021

Ο Συντάξας

Στυλιανός Τρουλλινός

Θεωρήθηκε
Η προϊσταμένη
Δ/σης Τεχνικών Υπηρεσιών

Ζαχαρένια Δαγκωνάκη