

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΝΟΜΟΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΔΗΜΟΣ ΝΕΑΣ ΙΩΝΙΑΣ

Δ/νση : Τεχνικών Υπηρεσιών

Αρ. Πρωτ. 9045  
23.4.20

ΠΡΟΣ: Το  
Δημοτικό  
Συμβούλιο

Ε Ι Σ Η Γ Η Σ Η

**Θέμα:** Εγκριση μελέτης για τις Παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό συγκρότημα 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου-Λυκείου Νέας Ιωνίας

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιριακού συγκροτήματος στο οποίο στεγάζονται το 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο-Λύκειο Νέας Ιωνίας στην οδό Αβέρωφ στα Πευκάκια έχει συνταχθεί από την Υπηρεσία μας μελέτη προϋπολογισμού 949840 ευρώ.

Σύμφωνα με την υπαριθμ. 166/22-1-2020 Πρόσκληση της Ειδικής Υπηρεσίας Διαχείρισης ΕΠΙ Περιφέρειας Αττικής(κωδικός πρόσκλησης ATT088) με τίτλο **Παρεμβάσεις βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας σε Δημοτικά Κτίρια**, σκοπεύουμε να υποβάλλομε Πρόταση Πράξης με στόχο την ενεργειακή αναβάθμιση ενεργοβόρων κτιρίων η κτιριακών μονάδων της αρμοδιότητας μας σύμφωνα με το σκεπτικό της παραπάνω πρότασης.

Σας διαβιβάζουμε την σχετική μελέτη της Τεχνικής Υπηρεσίας προκειμένου να γίνει έγκριση της από το Δημοτικό Συμβούλιο.

Ο προϋπολογισμός της μελέτης ανέρχεται στο ποσό των 949840 ευρώ.

Κατόπιν των παραπάνω, θα πρέπει να αποφασίσει το Δημοτικό Συμβούλιο αν θα εγκρίνει την επισυναπόμενη μελέτη ώστε να προχωρήσουμε στην υποβολή πρότασης χρηματοδότησης.

Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ

ΝΙΚ. ΚΑΡΑΣΣΗΣ

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ

Ε. ΣΜΑΡΑΓΔΑΚΗΣ

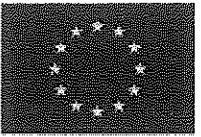
Η ΓΕΝ.ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ

ΑΤ.ΜΙΧΕΛΟΠΟΥΛΑΚΗ

Η ΔΗΜΑΡΧΟΣ

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΘΩΜΑΪΔΟΥ





Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ειρηνικό Διεθνώς Και Επενδυτικά Τομεία



ανάπτυξη - εργασία - αλιμητική

# Τεχνοοικονομική Πραγματογνωμοσύνη ενεργειακής αναβάθμισης και εγκατάστασης συστημάτων ΑΠΕ στο κτιριακό συγκρότημα 1ο Γυμνάσιο – Λύκειο Νέας Ιωνίας

Για την υποβολή πρόσκλησης χρηματοδότησης  
στο νέο ΕΣΠΑ 2014 - 2020

Τεχνική έκθεση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο 1ο Γυμνάσιο και Λύκειο Νέας Ιωνίας.

---

Η παρούσα προμελέτη συντάχθηκε στην Αθήνα, την ...../2020

και υπογράφεται από:

Θεωρήθηκε στη Νέα Ιωνία, την ...../2020,

Από την Τεχνική Υπηρεσία Δήμου Νέας Ιωνίας:

## Περιεχόμενα

Κατάλογος εικόνων .....	3
Κατάλογος πινάκων .....	3
Εισαγωγή .....	4
Περιγραφή κτιρίου .....	5
Χρήση κτηρίου .....	10
Αποτελέσματα ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου .....	12
Κτιριακό κέλυφος .....	13
Τοιχοποιία .....	13
Τοιχοποίες .....	13
Οροφή .....	13
Δάπεδο .....	13
Ανοίγματα .....	14
Σύστημα θέρμανσης .....	15
Σύστημα φωτισμού .....	17
Υπολογισμοί ενεργειακών μεγεθών υφιστάμενης κατάστασης .....	18
Προτάσεις παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης .....	22
Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, θερμομόνωση στέγης και αντικατάσταση παραθύρων και θυρών .....	24
Ενεργειακή αναβάθμιση Η/Μ συστημάτων .....	26
Εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών με συμψηφισμό .....	27
Συνολικά αποτελέσματα παρεμβάσεων ΕΞΕ και ΑΠΕ .....	30
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας .....	30
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> .....	30
Ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ .....	30

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Κύρια όψη του κτηρίου .....	6
Εικόνα 2: Ενεργειακή κατάταξη κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση .....	19

## Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Παράμετροι λειτουργίας σχολικού κτιρίου	5
Πίνακας 2: Ωράριο και περίοδος λειτουργίας (§3.3 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	10
Πίνακας 3: Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικών χώρων (§3.4.2 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	10
Πίνακας 4: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων (§3.4.3 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	10
Πίνακας 5: Στάθμη φωτισμού (§3.4.4 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 και EN 12464-1)	10
Πίνακας 6: Κατανάλωση ZNX (§3.5 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	10
Πίνακας 7: Εσωτερικά κέρδη από χρήστες (§3.6.1 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	11
Πίνακας 8: Εξοπλισμός κτηρίου (§3.6.2 ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017)	11
Πίνακας 9: Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοποιίας	13
Πίνακας 10: Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής	13
Πίνακας 11: Συντελεστές θερμοπερατότητας υφιστάμενων ανοιγμάτων (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701/2017)	14
Πίνακας 12: Συντελεστές αεροστεγανότητας υφιστάμενων ανοιγμάτων (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701/2017)	14
Πίνακας 13: Εποχιακός βαθμός απόδοσης λέβητα	15
Πίνακας 14: Συντελεστής μόνωσης λέβητα	15
Πίνακας 15: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υφιστάμενου λέβητα	16
Πίνακας 16: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης δικτύου διανομής	16
Πίνακας 17: Βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων	16
Πίνακας 18: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση	19
Πίνακας 19: Ενεργειακές απαιτήσεις	20
Πίνακας 20: Ενεργειακή κατανάλωση	20
Πίνακας 21: Κατανάλωση καυσίμων	20
Πίνακας 22: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενων ρύπων CO <sub>2</sub>	21
Πίνακας 23: Υπολογισμός τελικού συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κτηρίου	24
Πίνακας 24: Τεχνικά χαρακτηριστικά νέων παραθύρων και θυρών	25
Πίνακας 25: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση	30

## Εισαγωγή

Αναγνωρίζοντας την ανάγκη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια, τόσο στην Ε.Ε. όσο και στην Ελλάδα, για τη διάδοση της Εξοικονόμησης Ενέργειας και των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Επιπλέον, οι δράσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στα κτήρια συνδέονται πάντα με μείωση του λειτουργικού κόστους, μείωση του κόστους συντήρησης και βελτίωση των συνθηκών άνεσης στο εσωτερικό τους. Δεδομένης της οικονομικής δυσπραγίας της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, η ωρίμανση και υλοποίηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας τοποθετείται υψηλά στη λίστα προτεραιοτήτων των Δήμων.

Στο πλαίσιο αυτό, το Εταιρικό Σύμφωνο για το Πλαίσιο Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ) 2014-2020 χρηματοδοτεί πρότυπα επιδεικτικά έργα αξιοποίησης ΑΠΕ και ΕΞΕ σε υφιστάμενα δημόσια κτίρια, που χρειάζονται ενεργειακή αναβάθμιση. Παρέχει έτσι τη δυνατότητα ποιοτικής αναβάθμισης επιλεγμένων κτιρίων, σε ότι αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση τους και τις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό τους. Εκτός αυτού, τα πρότυπα επιδεικτικά έργα λειτουργούν σαν παράδειγμα τόσο στους χρήστες τους όσο και στην τοπική κοινωνία, διαδίδοντας τα οφέλη της χρήσης ΑΠΕ και των παρεμβάσεων ΕΞΕ.

Η παρούσα έκθεση αφορά στην πρόταση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας για την υποβολή πρότασης στη νέα προγραμματική περίοδο του Εταιρικού Συμφώνου για το Πλαίσιο Ανάπτυξης (ΕΣΠΑ) 2014-2020 για την ενεργειακή αναβάθμιση στο 1<sup>ο</sup> Γυμνάσιο και Λύκειο Ν. Ιωνίας. Περιλαμβάνει προτάσεις συγκεκριμένων παρεμβάσεων με σκοπό την επίτευξη σημαντικής ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου. Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις συνοδεύονται από οικονομικά στοιχεία καθώς και ακριβής υπολογισμό του ενεργειακού και περιβαλλοντικού οφέλους τους.

## Περιγραφή κτιρίου

Το υπό μελέτη κτιριακό συγκρότημα βρίσκεται στον δήμο Νέας Ιωνίας, Αττικής. Βρίσκεται εντός του οικιστικού ιστού και περιοχή ανήκει στην Β' Κλιματική Ζώνη (Νέα Φιλαδέλφεια).

Το κτήριο είναι τοποθετημένο εντός γηπέδου, ιδιοκτησίας του Δήμου Νέας Ιωνίας. Το κτιριακό συγκρότημα κατασκευάστηκε προ του 1978, σύμφωνα με τα υλικά και τις τεχνικές της εποχής. Αναπτύσσεται στον άξονα Ανατολής - Δύσης και έχει Νοτιοδυτικό προσανατολισμό. Αποτελείται από 5 επίπεδα, υπόγειο, ισόγειο, πρώτο, δεύτερο και τρίτο όροφο, με συνολικό εμβαδό 3885,30 τ.μ. στο υπόγειο βρίσκονται αίθουσες διδασκαλίας, αποθήκες, θέατρο, βιβλιοθήκη και λεβητοστάσιο. Στο ισόγειο βρίσκονται αίθουσες διδασκαλίας, το γραφείο καθηγητών, τουαλέτες και γυμναστήριο. Στους ορόφους Α,Β και Γ βρίσκονται αίθουσες διδασκαλίας. Η πρόσβαση στους ορόφους γίνεται μέσω εξωτερικού κλιμακοστασίου.

Στις εικόνες 1 έως 7 παρουσιάζονται η όψη του κτιρίου, κατόψεις του κτηρίου καθώς και δορυφορική φωτογραφία της θέσης του. Όπως φαίνεται και στην δορυφορική εικόνα, το κτήριο είναι εκτεθειμένο περιμετρικά, συνεπώς οι όψεις του δεν σκιάζονται από γειτονικά κτήρια τους καλοκαιρινούς μήνες, ούτε προστατεύονται από τους ανέμους κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η περίοδος λειτουργίας του διαρκεί εννέα μήνες ετησίως, από 1 Σεπτεμβρίου έως 30 Ιουνίου, για πέντε ημέρες ανά εβδομάδα. Το ωράριο λειτουργίας του κτιρίου διαρκεί οκτώ ώρες ημερησίως, από 07:00 έως 15:00. Συνεπώς χαρακτηρίζεται από διακοπτόμενη ημερήσια λειτουργία, η οποία γίνεται κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

Τα στοιχεία λειτουργίας του κτιρίου καθώς και οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες συνοψίζονται στους παρακάτω Πίνακας 1

Παράμετρος	Τιμή	
Χρήση	Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση	
Ωρες λειτουργίας ανά ημέρα	8	
Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	5	
Περίοδος λειτουργίας (μήνες)	Σεπτ. - Μαΐος (9 μήνες)	
Επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων	Χειμερινή περίοδος	20°C
	Θερινή περίοδος	26°C
Επιθυμητή υγρασία εσωτερικών χώρων	Χειμερινή περίοδος	35%
	Θερινή περίοδος	45%
Απαίτηση νωπού αέρα	22 m <sup>3</sup> /h/άτομο	
Ελάχιστη στάθμη φωτισμού	300 lux	
Ελάχιστη ισχύς φωτισμού	8,4 W/m <sup>2</sup>	

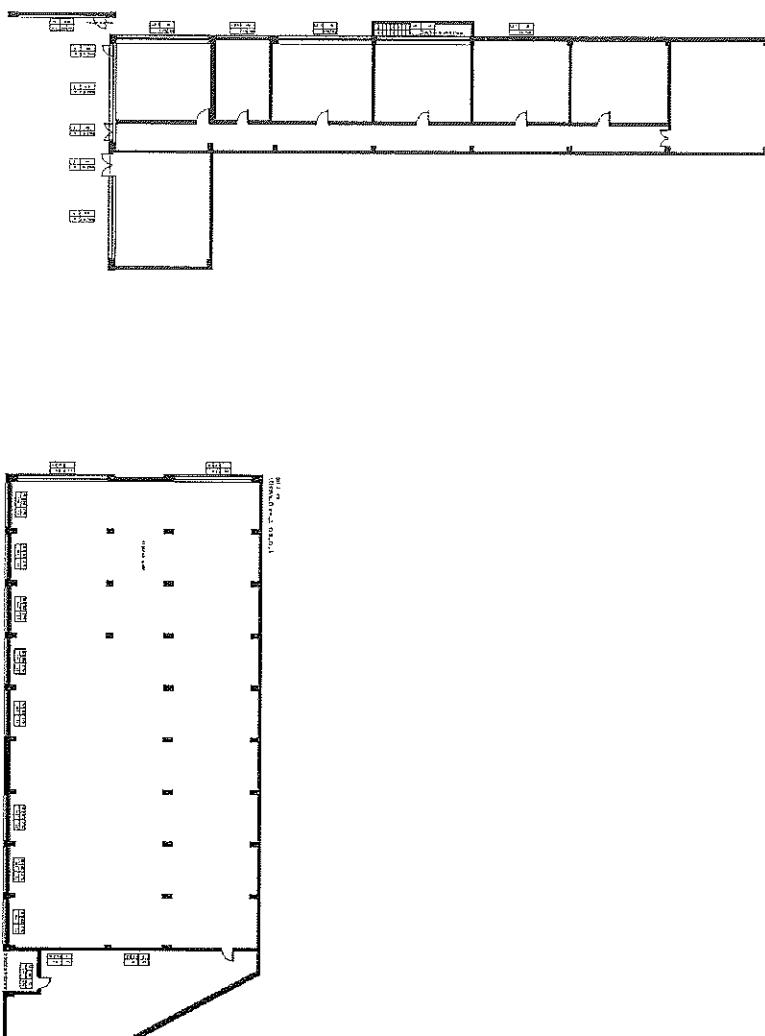
Πίνακας 1: Παράμετροι λειτουργίας σχολικού κτιρίου



Εικόνα 1 Κύρια όψη του κτηρίου

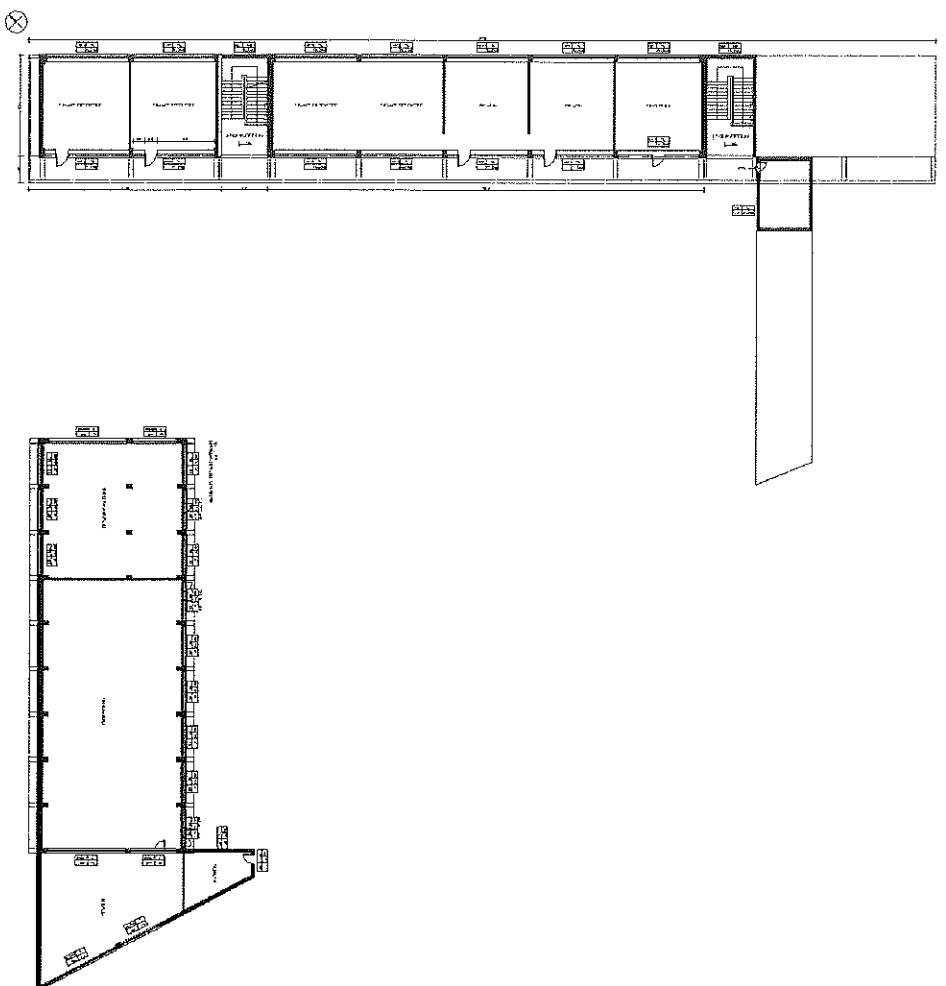


Εικόνα 2 Δορυφορική άποψη της θέσης του σχολικού συγκροτήματος

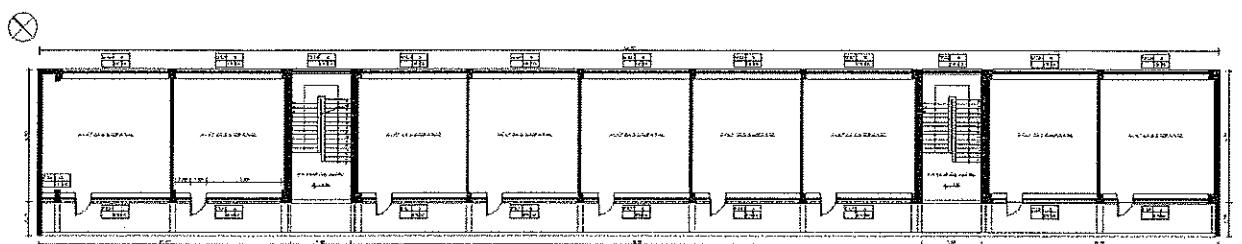


Εικόνα 3: Σχέδιο κάτοψης υπογείου

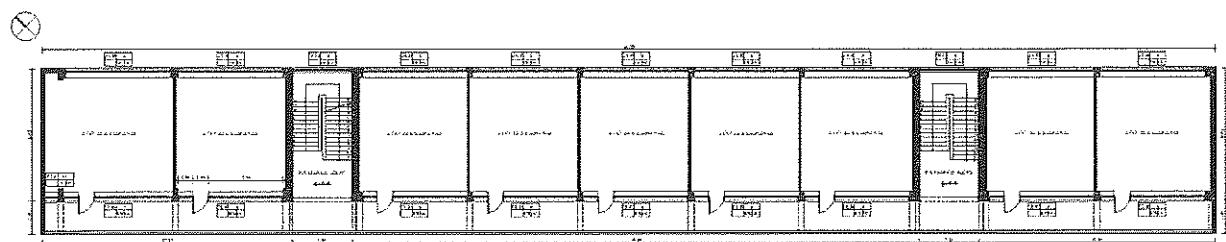
Τεχνική έκθεση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο 1ο Γυμνάσιο και Λύκειο Νέας Ιωνίας.



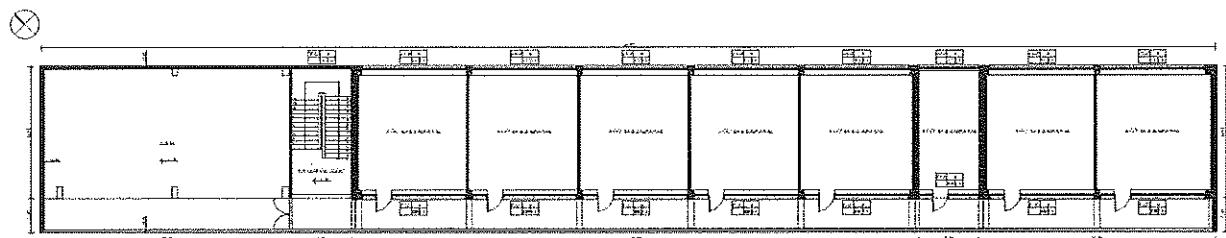
Εικόνα 4: Σχέδιο κάτοψης ισογείου



Εικόνα 5: Σχέδιο κάτοψης Α ορόφου



Εικόνα 6: Σχέδιο κάποψης Β ορόφου



Εικόνα 7: Σχέδιο κάποψης Γ ορόφου

## Χρήση κτηρίου

Το Γυμνάσιο - Λύκειο λειτουργεί από Σεπτέμβριο μέχρι Μάιο, από τις 7:30 μέχρι τις 15:00.

Τα στοιχεία λειτουργίας του κτηρίου που αφορούν τη χρήση του σύμφωνα με τις εγκεκριμένες τεχνικές οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση κτηρίων (TOTEE 20701/2017) παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

Βασική κατηγορία κτηρίου	Χρήση κτηρίου	Ωρες λειτουργίας	Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα	Περίοδος λειτουργίας σε μήνες
Εκπαίδευσης	Δευτεροβάθμια εκπαίδευση	8	5	9

Πίνακας 2: Ωράριο και περίοδος λειτουργίας (§3.3 TOTEE 20701-1/2017)

Χρήση κτηρίου	Θερμοκρασία [οC]		Σχετική υγρασία [%]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Εκπαίδευσης	20	26	35	45

Πίνακας 3: Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικών χώρων (§3.4.2 TOTEE 20701-1/2017)

Χρήση κτηρίου	Νωπός αέρας [ $m^3/h/m^2$ ]
Εκπαίδευσης	22,00

Πίνακας 4: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων (§3.4.3 TOTEE 20701-1/2017)

Χρήση κτηρίου	Στάθμη φωτισμού [lx]	Επίπεδο αναφοράς [m]	Δείκτης θάμβωσης	Ομοιομορφία Υο
Εκπαίδευσης	300	0,8	19	0,6

Πίνακας 5: Στάθμη φωτισμού (§3.4.4 TOTEE 20701-1/2017 και EN 12464-1)

Χρήση κτηρίου	Κατανάλωση ZNX [ $l/\text{άτομο}/\text{ημέρα}$ ]	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημένη επιφάνεια [ $l/m^2/\text{ημέρα}$ ]	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημένη επιφάνεια [ $m^3/m^2/\text{έτος}$ ]
Εκπαίδευσης	-	-	-

Πίνακας 6: Κατανάλωση ZNX (§3.5 TOTEE 20701-1/2017)

Χρήση κτιρίου	Θερμική ισχύς ανά άτομο [W/άτομο]	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας [W/m <sup>2</sup> ]	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Εκπαίδευσης	80	40	0,18

Πίνακας 7: Εσωτερικά κέρδη από χρήστες (§3.6.1 TOTEE 20701-1/2017)

Χρήση κτιρίου	Ισχύς εξοπλισμού [W/m <sup>2</sup> ]	Μέσος συντελεστής ετεροχρονισμού	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Εκπαίδευσης	5	0,15	0,18

Πίνακας 8: Εξοπλισμός κτιρίου (§3.6.2 TOTEE 20701-1/2017)

## Αποτελέσματα ενεργειακής επιθεώρησης κτηρίου

Πραγματοποιήθηκε ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο, σύμφωνα με τον νέο KENAK 2017 (απόφαση ΔΕΠΕΑ/οικ.178581 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων»), τις T.O.T.E.E. 20701-1,2,4/2017 (ΔΕΠΕΑ/οικ. 182365 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων») και το ειδικό λογισμικό ΤΕΕ-KENAK v.1-31-1-9/20.11.2017, με σκοπό την καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης και τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

Τα στοιχεία που αφορούν σε συντελεστές θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων και ανοιγμάτων αντλήθηκαν από τις ΤΟΤΕΕ 20701/2017, καθώς λόγω της παλαιότητας του κτιρίου δεν είναι δυνατή η εύρεση αρχιτεκτονικών και ηλεκτρο-μηχανολογικών μελετών ή φύλλου μελέτης θερμομόνωσης.

Για τους λέβητες του κτιρίου δεν υπάρχουν στοιχεία συντήρησης ή ελέγχου της απόδοσης του. Στον υπολογισμό της απόδοσής του λαμβάνεται υπόψη η παλαιότητά του, η ανεπαρκής συντήρηση και η περιορισμένη ικανότητά του να διατηρήσει τις εσωτερικές συνθήκες του κτηρίου εντός των ορίων των συνθηκών άνεσης.

Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης υπήρξε άριστη συνεργασία με τους υπεύθυνους του κτιρίου, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε όλους τους χώρους του κτιρίου και παρέχοντας πληροφορίες για τις συνθήκες στο εσωτερικό των χώρων.

Τα αποτελέσματα της ενεργειακής επιθεώρησης αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

## Κτιριακό κέλυφος

### Τοιχοποιία

Όλες οι πλευρές του κτηρίου είναι ελεύθερες προς το περιβάλλον. Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, σύμφωνα με τις Τεχνικές Οδηγίες, θεωρούνται στοιχεία χωρίς θερμομονωτική προστασία.

Τα δομικά στοιχεία του κτηρίου καθώς και οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων των θερμαινόμενων χώρων ελήφθησαν από τους πίνακες 3.5.α και 3.5.β της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Οι κατακόρυφες εξωτερικές επιφάνειες είναι επιχρισμένες και ανοιχτού χρώματος.

Οι θερμογέφυρες, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, δεν θα ληφθούν υπόψη ως προσαύξηση κατά  $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  του συντελεστή θερμοπερατότητας των επιμέρους αδιαφανών δομικών στοιχείων.

Η κατασκευή θεωρείται κατηγορίας 4, με ανηγμένη θερμοχωρητικότητα  $280 \text{ KJ}/\text{m}^2\text{K}$  (ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, Πίνακας 3.14). Οι συντελεστές θερμοπερατότητας και τα χαρακτηριστικά των αδιαφανών στοιχείων του κελύφους παρουσιάζονται ακολούθως.

### Τοιχοποιίες

Το κτίριο έχει τοιχοποιίες από πέτρα και δοκούς – υποστυλώματα από μπετόν. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της παρουσιάζεται ακολούθως

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/m <sup>2</sup> K]
Εξωτερική τοιχοποιία	2,20
Δοκοί - υποστυλώματα	3,40

Πίνακας 9: Συντελεστής θερμοπερατότητας τοιχοποιίας

### Οροφή

Το κτίριο διαθέτει οροφή με πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος. Η οροφή δεν διαθέτει θερμομόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας της παρουσιάζεται ακολούθως.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/m <sup>2</sup> K]
Οριζόντια οροφή	3,05

Πίνακας 10: Συντελεστής θερμοπερατότητας οροφής

### Δάπεδο

Το δάπεδο αποτελείται από μωσαϊκό και πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος επί φυσικού εδάφους, με ανεπαρκή θερμομόνωση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δαπέδου παρουσιάζεται ακολούθως.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U$ [W/m <sup>2</sup> K]
Δάπεδο σε φυσικό έδαφος	3,10
Δάπεδο σε ΜΘΧ	2,00

Πίνακας 12: Συντελεστής θερμοπερατότητας δαπέδου

## Ανοίγματα

Το κτίριο διαθέτει περιμετρικά ανοίγματα, τα οποία καλύπτονται από θύρες και παράθυρα, σταθερά, ανοιγόμενα ή επάλληλα. Τα ανοίγματα προσφέρουν φυσικό φωτισμό στους χώρους ενώ επιτρέπουν την φυσική ανανέωση του εσωτερικού αέρα.

Όλα τα ανοίγματα είναι χωρίς προστατευτικά φύλλα, χωρίς θερμοδιακοπή, με μονό υαλοπίνακα με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_w=6.00\text{W/m}^2\text{K}$ .

Τα παράθυρα έχουν χαμηλό βαθμό αεροστεγανότητας με αποτέλεσμα τη μεγάλη διείσδυση εξωτερικού αέρα και την περαιτέρω αύξηση των θερμικών απωλειών. Στο σύνολό τους δεν διαθέτουν σκίαση ή εξωτερικά ρολά. Δεν υφίσταται κάποια διόρθωση των προαναφερθέντων συντελεστών εξαιτίας ύπαρξης ρολών.

Η ποιότητά τους σε κάποιες περιπτώσεις είναι υποβαθμισμένη, ενώ όσον αφορά στην κατάσταση τους, αυτή κρίνεται κακή καθώς δεν έχουν αντικατασταθεί ή συντηρηθεί από το έτος κατασκευής τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διείσδυση αέρα κατά τους χειμερινούς μήνες με επτακόλουθο την απώλεια θερμότητας.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας και τα υλικά των ανοιγμάτων όπως έχει προκύψει από την ΤΟΤΕΕ 20701/2017 πίνακα 3.13.α.

Στοιχείο ανοίγματος	Συντελεστής θερμοπερατότητας $U$ [W/m <sup>2</sup> K]
Χωρίς προστατευτικά φύλλα Μεταλλικό χωρίς θ.δ. μονό υαλοπίνακα	6,00
Μεταλλική πόρτα άνευ υαλοπίνακα	6,00

Πίνακας 11: Συντελεστές θερμοπερατότητας υφιστάμενων ανοιγμάτων (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701/2017)

Ο συντελεστής αεροστεγανότητας των παραθύρων και θυρών παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα.

Είδος ανοίγματος	Διείσδυση αέρα από ανοίγματα ( $\text{m}^3/\text{h}\text{m}^2$ )
Μεταλλικό κούφωμα (πόρτα), μη αεροστεγές	7.4
Μεταλλικό κούφωμα (παράθυρο) με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές	8.7

Πίνακας 12: Συντελεστές αεροστεγανότητας υφιστάμενων ανοιγμάτων (Πηγή: ΤΟΤΕΕ 20701/2017)

## Σύστημα Θέρμανσης

Στο κτήριο υπάρχει κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση χώρων. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει δύο λέβητες-καυστήρες πετρελαίου, με κεντρικό δισωλήνιο δίκτυο διανομής και ανεπαρκή μόνωση.

Οι τερματικές μονάδες θέρμανσης για την απόδοση θέρμανσης στους χώρους, είναι θερμαντικά σώματα.

Η ισχύς του λέβητα-καυστήρα, σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή, είναι 600. Ο βαθμός απόδοσης κάθε λέβητα  $\eta_{gm}$ , σύμφωνα με τον πίνακα 4.2β της ΤΟΤΕΕ 20701/2017, είναι 0,80.

Ο συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό βαθμό απόδοσης  $\eta_{g0}$ , δίνεται από τον Πίνακα 4.2γ της ΤΟΤΕΕ και για συνήθεις λέβητες, ισχύος >400 είναι 0,92.

Ο εποχιακός βαθμός απόδοσης της μονάδας λέβητα - καυστήρα,  $\eta_{skw}$ , υπολογίζεται από την σχέση:

$$\eta_{skw} = \eta_{skw} = \eta_{gm} \cdot \eta_{g0} = 0,736 \text{ (εποχιακός βαθμός απόδοσης μονάδας)}$$

$$\eta_{gm} = 0,80 \text{ (Λέβητας χωρίς στοιχεία)}$$

$$\eta_{g0} = 0,92 \text{ (Λέβητας χωρίς στοιχεία >100 και < 400 kW)}$$

Πίνακας 13: Εποχιακός βαθμός απόδοσης λέβητα

Για τον έλεγχο υπερδιαστασιολόγησης, σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017, η ισχύς του υφιστάμενου λέβητα συγκρίνεται με την ισχύ που υπολογίζεται από τη σχέση 4.1 της ΤΟΤΕΕ 20701/2017:

$$P_{gen} = (A \cdot U_m \cdot 1,5 + \frac{\dot{V}}{3}) \cdot \Delta T$$

Από τα ανωτέρω στοιχεία, η θερμική ισχύς  $P_{gen}$  υπολογίζεται 1029,63kW. Ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης λαμβάνεται 1.

$$\eta_{g1} = 1,00$$

Τόσο λόγω παλαιότητας όσο και λόγω ανεπαρκούς συντήρησης, η μόνωση του λέβητα είναι σε μέτρια κατάσταση. Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ, ο συντελεστής μόνωσης  $\eta_{g2}$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta_{g2} = a \cdot Y + b = 0,9605$$

$$a = -0,0145$$

$$b = 0,975$$

$$Y = 1,00 \text{ (Συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης)}$$

Πίνακας 14: Συντελεστής μόνωσης λέβητα

Από τα ανωτέρω, ο συνολικός βαθμός απόδοσης της μονάδας παραγωγής θέρμανσης προκύπτει:

## Τεχνική έκθεση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο 1ο Γυμνάσιο και Λύκειο Νέας Ιωνίας.

$\eta_{gen} = \eta_{sk\theta} \times \eta_{g1} \times \eta_{g2} =$	0,707 (βαθμός απόδοσης μονάδας)
$\eta_{sk\theta} =$	0,736 (εποχιακός β.α.)
$\eta_{g1} =$	1,000 (υπερδιαστασιολόγηση)
$\eta_{g2} =$	0,9605 (κατάσταση μόνωσης)

Πίνακας 15: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης υφιστάμενου λέβητα

Το σύστημα διανομής αποτελείται από χαλυβδοσωληνες, με εμφανή σημάδια οξείδωσης και διάβρωσης στο μεγαλύτερο τμήμα του μήκους τους. Το δίκτυο, στο μεγαλύτερο τμήμα του, διέρχεται μέσα από θερμαινόμενους χώρους. Στο τμήμα εντός του λεβητοστασίου η θερμομόνωση είναι ανεπαρκής και κατά σημεία κατεστραμμένη, παρουσιάζοντας αυξημένες απώλειες θερμότητας.

Η ισχύς του συστήματος διανομής για το συγκεκριμένο κτήριο, λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό απόδοσης των λεβήτων, υπολογίζεται σε 435,65 Kw. Το ποσοστό θερμικών απωλειών για διέλευση > 20% του μήκους από εξωτερικούς ή μη θερμαινόμενους χώρους, με ανεπαρκής μόνωση, για δίκτυα υψηλών θερμοκρασιών και ισχύ > 400Kw υπολογίζεται σύμφωνα με τον Πίνακα 4.11 της ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2017 σε 12%. Ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής υπολογίζεται σε:

$$\eta_{gm} = 0,88 \text{ Xωρίς μόνωση, } > 400 \text{ kW, εξωτερικούς χώρους}$$

Πίνακας 16: Υπολογισμός βαθμού απόδοσης δικτύου διανομής

Οι τερματικές μονάδες στους εσωτερικούς χώρους είναι σώματα καλοριφέρ, άμεσης απόδοσης, εγκατεστημένα στους εξωτερικούς τοίχους. Δεν διαθέτουν τοπικό έλεγχο της θερμοκρασίας.

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων υπολογίζεται σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2017 ως εξής:

$$\eta_{em,t} = \eta_{em} / (f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{hydr}) = 0,918, \text{ βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων, ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010, Πίν. 4.12}$$

$$f_{rad} = 1,00, \text{ ύψος } < 4 \text{ μέτρα}$$

$$f_{im} = 0,97 \text{ Διακοπτόμενη λειτουργία}$$

$$f_{hydr} = 1,00 \text{ υδραυλικά ισορροπημένο}$$

$$\eta_{em} = 0,89, \text{ Εξωτερικό τοίχο, για } T: 80 - 65 \text{ °C}$$

Πίνακας 17: Βαθμός απόδοσης τερματικών μονάδων

## Σύστημα φωτισμού

Για το φωτισμό του δημοτικού είναι εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα οροφής με λαμπτήρες φθορισμού T8 και ηλεκτρομαγνητικά ballast.

Σύμφωνα με ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2017, ο τεχνητός φωτισμός των εσωτερικών χώρων του κτηρίου θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστο 300 lx στις αίθουσες.

Για τη συγκεκριμένη τεχνολογία λαμπτήρων, η πυκνότητα ισχύος φωτισμού λαμβάνεται 4,2 W/m<sup>2</sup>/100lx (πιν. 5.1.α ΤΟΤΕΕ) και έτσι η θεωρητική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού είναι 48,95 kW.

## Υπολογισμοί ενεργειακών μεγεθών υφιστάμενης κατάστασης

Για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την ενεργειακή επιθεώρηση, χρησιμοποιήθηκε το ειδικό λογισμικό, το οποίο αναπτύχθηκε από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Η έκδοση του λογισμικού 1.31.1.9 – Engine 1.7.6.19 είναι η πλέον ενημερωμένη την περίοδο εκπόνησης της συγκεκριμένης τεχνικής έκθεσης.

Το λογισμικό ΤΕΕ KENAK είναι εγκεκριμένο από την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (ΕΥΕΠΕΝ) του ΥΠΕΚΑ και χρησιμοποιεί αλγόριθμους υπολογισμού σύμφωνα με τις:

ΤΟΤΕΕ 20701 – 1/2017 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»

ΤΟΤΕΕ 20701 – 2/2017 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»

ΤΟΤΕΕ 20701 – 3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»

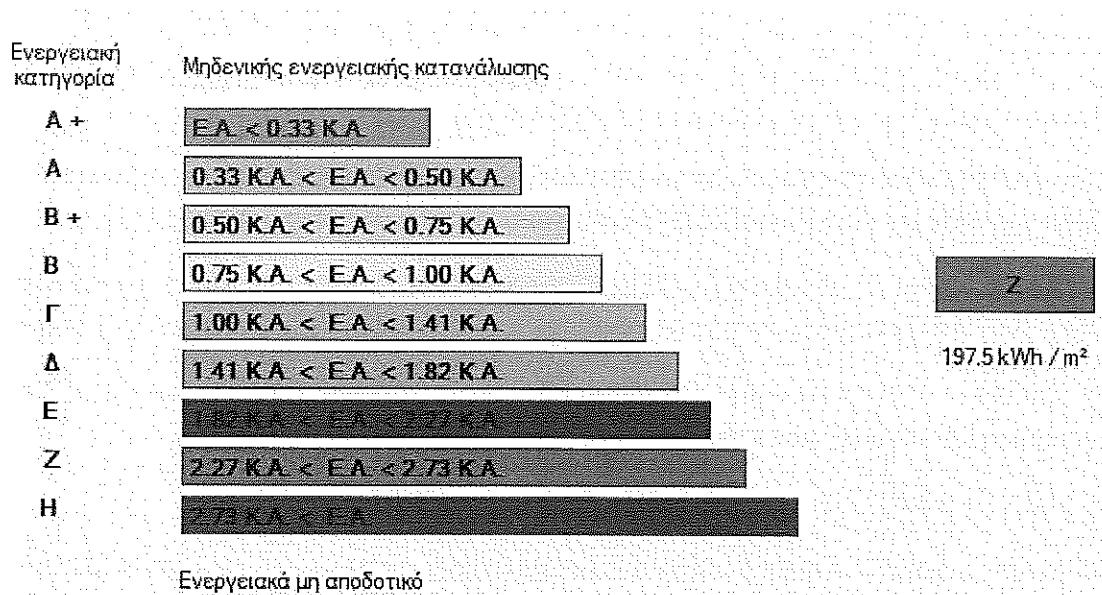
ΤΟΤΕΕ 20701 – 4/2017 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»

ΤΟΤΕΕ 20701-5/2017 «Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε κτήρια»

Με τη χρήση του λογισμικού ΤΕΕ KENAK προσομοιώθηκε η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου στην παρούσα κατάσταση, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

## Αποτελέσματα ενεργειακής ανάλυσης

Το κτίριο στην υφιστάμενη κατάσταση του τοποθετείται στην Ενεργειακή Κατάταξη .



Εικόνα 2: Ενεργειακή κατάταξη κτηρίου στην υφιστάμενη κατάσταση

Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς (kWh/m <sup>2</sup> )	Υπάρχον κτίριο (kWh/m <sup>2</sup> )
Θέρμανση	23.0	128.4
Ψύξη	10.4	12.1
ZNX	0.0	0.0
Φωτισμός	46,3	57.0
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0
Σύνολο	79.8	197.5
Κατάταξη	-	Ζ

Πίνακας 18: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Θέρμανση	Ψύξη	Υγρανση	ZNX
Iαν.	16.1	0.0	0.0	0.0
Φεβ.	10.2	0.0	0.0	0.0
Μαρ.	7.0	0.0	0.0	0.0
Απρ.	1.1	0.0	0.0	0.0
Μai.	0.0	0,0	0.0	0.0
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.0
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.0
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.0
Σεπτ.	0.0	0.0	0.0	0.0
Οκτ.	0.0	0.0	0.0	0.0
Νοε.	4.3	0.0	0.0	0.0
Δεκ.	10.4	0.0	0.0	0.0
Ετήσιο	49.2	0.0	0.0	0.0

Τεχνική έκθεση παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας στο 1ο Γυμνάσιο και Λύκειο Νέας Ιωνίας.

Πίνακας 19: Ενεργειακές απαιτήσεις

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Θέρμανση	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	Ψύξη	ZNX	Ηλιακή ενέργεια για ZNX	Φωτισμός	Ενέργεια από φωτοβολταϊκά - ΣΗΕ	Σύνολο
Iαν.	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	36.9
Φεβ.	22.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	24.3
Μαρ.	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	17.6
Απρ.	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	5.2
Μai.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	2.2	0.0	4.0
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Άυγ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σεπτ.	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	2.2	0.0	4.6
Οκτ.	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	2.8
Νοε.	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	12.0
Δεκ.	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	24.9
Ετήσιο	108.5	0.0	4.2	0.0	0.0	19.7	0.0	132.3

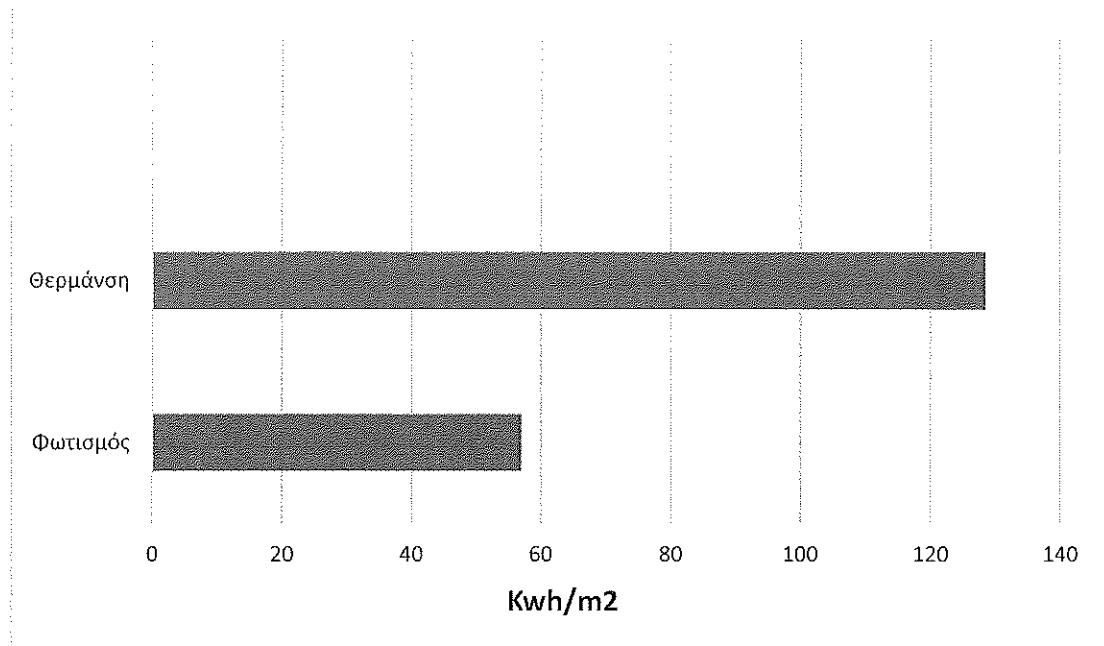
Πίνακας 20: Ενεργειακή κατανάλωση

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )
Ηλεκτρισμός	28.9	28.6
Πετρέλαιο	103.4	27.3
Φυσικό αέριο	0	0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0	0
Ηλιακή	0	0
Βιομάζα	0	0
Γεωθερμία	0	0
Άλλο ΑΠΕ	0	0
Σύνολο	132.3	55.9

Πίνακας 21: Κατανάλωση καυσίμων

Στο ακόλουθο γράφημα παρουσιάζεται σχηματικά η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση.

Διάγραμμα 1: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση



Οι συντελεστές μετατροπής της καταναλισκόμενης ενέργειας σε πρωτογενή, καθώς και οι συντελεστές υπολογισμού των εκλυόμενων αέριων ρύπων, αντλήθηκαν από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, όπως φαίνονται στον Πίνακα.

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989

Πίνακας 22: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενων ρύπων CO<sub>2</sub>

## Προτάσεις παρεμβάσεων ενέργειακής αναβάθμισης

Οι παρεμβάσεις που προτείνονται στο παρόν κεφάλαιο αφορούν δράσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας και παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ στο κτίριο του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου και Λυκείου Ν. Ιωνίας. Στόχος είναι, μέσα από μια δυναμική και πολύπλευρη παρέμβαση στο κέλυφος αλλά και στα συστήματα του κτηρίου, να μειωθεί το ετήσιο κόστος λειτουργίας καθώς και να βελτιωθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό των χώρων.

Το σύνολο των παρεμβάσεων στοχεύουν στην βελτίωση της ενέργειακής απόδοσης και στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, βοηθώντας στην προστασία του περιβάλλοντος και ενισχύοντας την προσπάθεια καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.

Καθώς πρόκειται για σχολείο, οι επεμβάσεις θα αποκτήσουν εκπαιδευτικό χαρακτήρα, εξοικειώνοντας τους μαθητές στις βασικές αρχές Εξοικονόμησης Ενέργειας. Εκτός αυτού, αναμένεται να λειτουργήσουν σαν πρότυπα επιδεικτικά έργα και για άλλα δημόσια αλλά και ιδιωτικά κτήρια της περιοχής.

Το σύνολο των παρεμβάσεων είναι σύμφωνο με το πνεύμα του Κανονισμού Ενέργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK 2017). Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας είναι:

### Οικοδομικές Παρεμβάσεις ΕΞΕ

- Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας και θερμομόνωση στέγης
- Αντικατάσταση παραθύρων.

### Ηλεκτρομηχανολογικές Παρεμβάσεις ΕΞΕ

- Ενεργειακή αναβάθμιση συστήματος θέρμανσης
- Θερμοστατική βαλβίδα σε κάθε σώμα.
- Ενεργειακή αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

### Δράσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

- Εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών συλλεκτών

Στις επόμενες σελίδες περιγράφονται οι ανωτέρω παρεμβάσεις και αναλύονται οι αναμενόμενες επιδράσεις τους στην ενέργειακή απόδοση του κτηρίου και στις εκπομπές CO<sub>2</sub>, ενώ εξετάζεται το οικονομικό όφελος σε σχέση με το προϋπολογιζόμενο κόστος αυτών.

Για τον υπολογισμό της εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η τελευταία ενημερωμένη έκδοση του ειδικού λογισμικού που ανέπτυξε το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ-KENAK v.1-31-1-9/20.11.2017) και φέρει έγκριση από την ΕΥΕΠΕΝ. Οι συντελεστές υπολογισμού των εκλυόμενων ρύπων ανά μονάδα ενέργειας αντλήθηκαν από την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.

Η κάθε παρέμβαση επιφέρει εξοικονόμηση σε περισσότερες από μια μορφές ενέργειας, όπως για παράδειγμα θερμική, ηλεκτρική κ.α. Για να είναι εφικτή η σύγκριση της ποσότητας μεταξύ των διαφόρων μορφών ενέργειας που εξοικονομούνται από την κάθε παρέμβαση, επιλέγεται η χρήση της πρωτογενούς ενέργειας, όπως αυτή ορίζεται στην ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017. Με τον ίδιο

τρόπο εξάγει τα αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας και το λογισμικό TEE-KENAK, που χρησιμοποιήθηκε για τους υπολογισμούς.

Για την οικονομοτεχνική ανάλυση της κάθε παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε η σχετική δυνατότητα του λογισμικού TEE-KENAK. Δεδομένου ότι η υλοποίηση των παρεμβάσεων οφείλει να γίνει μέσω του θεσμικού πλαισίου εκτέλεσης δημοσίων έργων, στον προϋπολογισμό της κάθε παρέμβασης συμπεριλαμβάνονται:

- |                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| • Γενικά έξοδα και Εργολαβικό Όφελος: | 18% |
| • Απρόβλεπτα:                         | 15% |
| • ΦΠΑ:                                | 24% |

## Εξωτερική θερμομόνωση τοιχοποιίας, θερμομόνωση στέγης και αντικατάσταση παραθύρων και θυρών

Για την ενεργειακή θωράκιση του κελύφους του κτιρίου προτείνεται η εφαρμογή εξωτερικής θερμομόνωσης της υφιστάμενης τοιχοποιίας. Η παρέμβαση εξαλείφει σχεδόν τις θερμογέφυρες, βοηθώντας στην αποφυγή εμφάνισης συμπυκνωμάτων.

Η εξωτερική θερμομόνωση εφαρμόζεται ως ένας συνδυασμός θερμομονωτικού υλικού επικολλημένου σε ολόκληρη την εξωτερική επιφάνεια της τοιχοποιίας χωρίς κενά και επιχρίσματος που εφαρμόζεται επάνω στην θερμομονωτική στρώση. Το θερμομονωτικό υλικό θα να είναι κατάλληλο για χρήση σε εξωτερική θερμομόνωση και πιστοποιημένο για αυτή την εφαρμογή. Η θερμομόνωση θα είναι γραφιτούχο διογκωμένο πολυστηρένιο πάχους 100mm. Το επίχρισμα είναι ρητινούχο, οπλισμένο με πλέγμα σε όλη την επιφάνεια και εφαρμόζεται σε μικρά πάχη. Συνήθως απαιτούνται δύο στρώσεις από τις οποίες η δεύτερη μπορεί να είναι είτε έγχρωμη είτε λευκή και να βάφεται εκ των υστέρων.

Για την ενεργειακή θωράκιση της οροφής προτείνεται η θερμομόνωση της στέγης κάτω από την πλάκα σκυροδέματος.

Η θερμομόνωση θα είναι γραφιτούχο διογκωμένο πολυστηρένιο πάχους 100mm. Το θερμομονωτικό υλικό εφαρμόζεται κάτω από την πλάκα σκυροδέματος και κάτω από το θερμομονωτικό υλικό τοποθετείται γυψοσανίδα.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας των δομικών στοιχείων μετά την θερμομόνωση φαίνονται ακολούθως.

Στοιχείο	Τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας $U$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]
Εξωτερική τοιχοποιία κτιρίου	0,279
Δοκοί υποστυλώματα	0,292
Οριζόντια οροφή	0,290

Πίνακας 23: Υπολογισμός τελικού συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων κτιρίου

Ο τελικός συντελεστής θερμοπερατότητας είναι σε κάθε περίπτωση χαμηλότερος από τον ελάχιστο απαιτούμενο κατά KENAK για ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια για την κλιματική ζώνη Γ.

Η παρέμβαση στα ανοίγματα του κτιρίου στοχεύει στην θωράκιση και μείωση των απωλειών θερμότητας του κτιριακού κελύφους. Προτείνεται η αντικατάσταση των παραθύρων και των θυρών του κτιρίου με νέα, χαμηλού συντελεστή θερμοπερατότητας και βελτιωμένης αεροστεγανότητας.

Τα παράθυρα θα διαθέτουν πλαίσιο από κατάλληλο μεταλλικό ή συνθετικό υλικό με θερμοδιακοπή, το οποίο θα επιτυγχάνει συντελεστή θερμοπερατότητας όχι υψηλότερο από 2,2  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . Τα κρύσταλλα είναι ενεργειακά και αποτελούνται από δίδυμο υαλοπίνακα 4mm+4mm με διάκενο αέρα κατ' ελάχιστο 12 mm, επιτυγχάνοντας συντελεστή θερμοπερατότητας 1,6  $\text{Watt}/\text{m}^2\text{K}$ . Η επιλογή triplex υαλοπίνακα γίνεται για την προστασία από κρούσεις και αποφυγή τραυματισμών.

Τα κουφώματα θα είναι πιστοποιημένα κατά CE και θα καλύπτονται από εγγύηση τουλάχιστον 10ετούς καλής λειτουργίας. Τα κουφώματα θα φέρουν ανοξείδωτα εξαρτήματα και μηχανισμούς, εγκεκριμένα και προδιαγεγραμμένα από επώνυμη εταιρία. Τα ανοιγόμενα κουφώματα θα πρέπει να διαθέτουν λάστιχα στεγάνωσης από EPDM και οι θύρες βουρτσάκια στεγάνωσης από σιλικονούχα μεμβράνη.

Τα χαρακτηριστικά των νέων παραθύρων και θυρών φαίνονται ακολούθως:

Χαρακτηριστικά πλαισίου	
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_f$	2,2 W/m <sup>2</sup> K
Υλικό	Αλουμίνιο με θερμοδιακοπή ή συνθετικό
Χαρακτηριστικά ενεργειακού κρυστάλλου	
Διαστάσεις τομής	4 - 12 - 4
Συντελεστής θερμοπερατότητας $U_g$	1,6 W/m <sup>2</sup> K
Διάκενο	αέρας / θ/μ μεμβράνη
Χαρακτηριστικά αεροστεγανότητας	
Αεροστεγανότητα	0.5
Κατηγορία	4

Πίνακας 24: Τεχνικά χαρακτηριστικά νέων παραθύρων και θυρών

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας για τα νέα ανοίγματα είναι ευνοϊκότεροι από την απαίτηση κατά KENAK για ανοίγματα (2,8 W/m<sup>2</sup>K) για την κλιματική ζώνη Γ.

Στο κόστος του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης τοίχων με πλάκες από διογκωμένο γραφιτούχο πολυστηρένιο και ειδικό επίχρισμα σε πλαστικό πλέγμα περιλαμβάνεται η προετοιμασία των επιφανειών με όλες τις απαιτούμενες εργασίες, η αποξήλωση και επανατοποθέτηση στην ίδια θέση των υδρορροών και όλων των μηχανημάτων και λοιπών υλικών που στερεώνονται στην εξωτερική επιφάνεια των προς θερμομόνωση τοίχων, με μέριμνα για την αποκατάσταση τυχόν καταστροφών στην επιφάνεια του τοίχου και το σύνολο των απαιτούμενων ικριωμάτων για την ασφαλή και τεχνικά άρτια εκτέλεση της εργασίας.

Στο κόστος θερμομόνωσης της στέγης περιλαμβάνεται η τοποθέτηση του θερμομονωτικού υλικού, η τοποθέτηση της γυψοσανίδας, το στοκάρισμα και το βάψιμο. Στο κόστος αντικατάστασης των κουφωμάτων περιλαμβάνεται η αποξήλωση των υφιστάμενων, με ασφαλή μεταφορά αυτών και διάθεση. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η αποξήλωση και επανατοποθέτηση των κιγκλιδωμάτων και μικρή επιφάνεια μαρμαροποδιάς για την αντιμετώπιση τυχών καταστροφών.

## Ενεργειακή αναβάθμιση Η/Μ συστημάτων

Η παρέμβαση βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης στα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτηρίου συνοψίζεται στις ακόλουθες δράσεις:

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων λεβήτων
- Αναβάθμιση του δικτύου διανομής με δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας ανά λειτουργικό χώρο και αντιστάθμισης στη θερμική ζώνη
- Ενεργειακή αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

Στο λεβητοστάσιο του σχολικού συγκροτήματος πραγματοποιείται συνολική παρέμβαση ενεργειακής αναβάθμισης, που περιλαμβάνει τόσο το σύστημα παραγωγής θερμότητας όσο και το σύστημα διανομής και ελέγχου.

Οι λέβητες θα είναι συμπύκνωσης φυσικού αερίου ισχύος 80 kW έκαστος ( 4 στο σύνολο), υψηλού βαθμού απόδοσης. Εγκαθίστανται στο λεβητοστάσιο του κτιρίου, στη θέση που απεικονίζεται στα σχέδια της μελέτης, επί μεταλλικής βάσης. Οι λέβητες είναι επίτοιχης τοποθέτησης και συνδέονται παράλληλα σε κοινούς συλλέκτες προσαγωγής και επιστροφής.

Οι υφιστάμενοι κυκλοφορητές αντικαθίστανται από νέους, μεταβλητού σημείου λειτουργίας, με inverter. Οι κυκλοφορητές ελέγχονται από αυτόνομους ενσωματωμένους ελεγκτές και αισθητήρια διαφοράς πίεσης.

Στους θερμαινόμενους χώρους του κτηρίου, τα υφιστάμενα θερμαντικά σώματα τύπου AKAN θα παραμείνουν ως έχουν. Επιπλέον σε όλα τα θερμαντικά σώματα θα εγκατασταθούν θερμοστατικές βαλβίδες για την αυτόματη ρύθμιση και έλεγχο της θερμοκρασίας των χώρων του κτηρίου.

Στο σύστημα θέρμανσης εγκαθίσταται νέος ελεγκτής λειτουργίας με αντιστάθμιση της θερμοκρασίας προσαγωγής και έλεγχο των λεβήτων σε παράλληλη διάταξη. Το σύστημα θα είναι πλήρες, με το σύνολο των αισθητηρίων, νέο θερμοστάτη και καλωδίωση.

Για την ορθολογικότερη χρήση του τεχνητού φωτισμού και την εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας προτείνεται αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων στις αίθουσες, τους διαδρόμους και στους βοηθητικούς χώρους του κτιρίου με νέα, κατάλληλου τύπου με φωτεινή πηγή υψηλής απόδοσης, μειωμένης ηλεκτρικής κατανάλωσης τύπου LED..

Στο κόστος των παρεμβάσεων περιλαμβάνονται η αποξήλωση των υφιστάμενων υλικών, ο νέος εξοπλισμός, τα δίκτυα, ο αυτοματισμός και το σύνολο των υλικών, μικροϋλικών και εργασιών που θα απαιτηθούν. Αναλυτικά το κόστος παρουσιάζεται στον προϋπολογισμό.

## Εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών με συμψηφισμό

Συμπληρωματικά των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, προτείνεται η εγκατάσταση συστήματος φωτοβολταϊκών στοιχείων ονομαστικής ισχύος 10 kWp για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία θα καλύπτει μέρος των αναγκών του κτιρίου.

Η εγκατάσταση αποτελείται από:

- 40 φωτοβολταϊκά πλαίσια ονομαστικής ισχύος 250Wp
- Βάσεις στήριξης των φ/β στοιχείων επί υφιστάμενης στέγης.
- Καλώδια σύνδεσης
- Μετατροπέα ρεύματος (inverter) ονομαστικής ισχύος 12kVA.
- Καταγραφικό με οθόνη παρουσίασης (display panel) της εγκατάστασης
- Ηλεκτρικός πίνακας παραλληλισμού φάσεων (συνεχούς / εναλλασσόμενου)
- Διάταξη αντικεραυνικής προστασίας

Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια προβλέπεται να τοποθετηθούν στη στέγη, σε θέσεις που δεν επηρεάζουν τη λειτουργικότητα ή την αισθητική του κτιρίου.

Το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων θα είναι κατάλληλο για τοποθέτηση σε στέγη με κεραμίδια. Αποτελείται από δοκούς αλουμινίου, σε κατάλληλες αποστάσεις και διάταξη ώστε να εφαρμόζουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία στερεώνονται με ασφάλεια μέσω κατάλληλων ειδικών τεμαχίων, με σύσφιξη. Η στερέωση της όλης κατασκευής στην υφιστάμενη στέγη γίνεται μέσω ειδικών τεμαχίων από αλουμίνιο. Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην προστασία της υφιστάμενης στεγάνωσης. Τα ειδικά τεμάχια προσφέρουν στεγάνωση στη στέγη ενώ δεν αλλοιώνουν το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα.

Οι λοιπές απαιτούμενες εγκαταστάσεις (Inverter, μετρητικά όργανα, πίνακες κλπ) θα εγκατασταθούν στον χώρο του λεβητοστασίου. Ιδιαίτερα όσον αφορά το display panel θα τοποθετηθεί σε εμφανές σημείο πλησίον της κεντρικής εισόδου του κτιρίου, με στόχο την ανάδειξη της εγκατάστασης και των αποτελεσμάτων λειτουργίας της.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, θα είναι από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Θα πληρούν όλες τις προϋποθέσεις ανθεκτικής και στιβαρής κατασκευής, αποκλείοντας κατ' αυτόν τον τρόπο πιθανή θραύση από ενδεχόμενη χαλαζόπτωση ή ισχυρή ανεμοπίεση.

Σκόπιμο είναι η παραγωγή ενέργειας να πραγματοποιείται σε τάση τέτοια ώστε να αποφεύγονται τόσο οι υψηλές απώλειες μεταφοράς, όσο και οι εξαιρετικά μεγάλης διατομής αγωγοί για την πραγματοποίηση της, ωστόσο όμως να επιτυγχάνεται η επιθυμητή παραγωγή ισχύος και να μπορέσει να συνεργαστεί ομαλά και αρμονικά με τους μετατροπείς ενέργειας.

Τα Φ/Β στοιχεία θα συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, συγκροτώντας κατά αυτόν τον τρόπο μία μονάδα (string). Η συνδεσμολογία του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου γίνεται μέσω κατάλληλου συστήματος βελτιστοποίησης ισχύος (power box). Το power box είναι διευθυνσιοδοτούμενο, μεταδίδοντας πληροφορία στον μετατροπέα (inverter) για την απόδοση και την κατάσταση του κάθε φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στόχος του power box είναι αφενός η απλοποίηση της συνδεσμολογίας, αφετέρου η ελαχιστοποίηση της επίδρασης ενδεχόμενης βλάβης η καταστροφής ενός μεμονωμένου φωτοβολταϊκού πλαισίου, σε όλη την μονάδα (string) και η αποφυγή του φαινομένου "hot-point" σε περιπτώσεις βλάβης και σκίασης τμήματος του.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διαθέτουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

• Ονομαστική ισχύς:	250Wp (STC)
• Ονομαστική τάση ανοικτού κυκλώματος:	37V
• Ρεύμα βραχυκυκλώματος:	8,8A
• Σημείο λειτουργίας μέγιστης απόδοσης:	30,5V/8,27A
• Διαστάσεις:	1675x1000x31mm, 21,2kg

Τα Φ/Β στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλα καλώδια εξωτερικής χρήσης τύπου NYMHY 2 x 2,5 mm<sup>2</sup> (solar), με διπλό μανδύα ώστε να έχει περισσότερη αντοχή σε καιρικές συνθήκες καθώς και ελάχιστη απώλεια ισχύος.

Η παραγόμενη ενέργεια από τις μονάδες θα μεταφερθεί στο χώρο του λεβητοστασίου, όπου τοποθετούνται οι ηλεκτρικοί πίνακες με τις απαραίτητες διατάξεις μετρήσεως και προστασίας καθώς και οι διατάξεις αναχώρησης δεδομένων προς το καταγραφικό. Επίσης εντός του ίδιου χώρου, θα τοποθετηθούν οι μετατροπείς ρεύματος (inverters) με όλα τα υποσυστήματα σύνδεσης και αποσύνδεσης με την πλευρά της χαμηλής τάσης του κεντρικού ηλεκτρικού δικτύου της περιοχής.

Εντός του λεβητοστασίου, θα καταλήγουν τα καλώδια των μονάδων (strings). Κάθε μονάδα (string) συνδέεται σε παραλλήλω εντός ειδικού πίνακα παραλληλισμού D.C. με διατάξεις προστασίας και διακοπών και διατάξεις αντικεραυνικής προστασίας. Στη συνέχεια οι μονάδες συνδέονται στους inverter και από εκεί στον ηλεκτρικό πίνακα εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι μετατροπείς ρεύματος (inverter) είναι κατάλληλοι για σύνδεση με συστήματα βελτιστοποίησης ισχύος (power optimizers - powerbox). Διαθέτουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

• Ελάχιστη ισχύς εισόδου:	12 kVA
• Μέγιστη τάση εισόδου:	950 V AC
• Μέγιστο ρεύμα εισόδου:	16,5 ADC
• Ελάχιστος βαθμός απόδοσης:	97%
• Τάση εξόδου:	230/400-3Φ/N/PE
• Πρωτόκολλα επικοινωνίας:	Ethernet
• Βαθμός προστασίας:	IP65 (εξωτερική εγκατάσταση)

Οι μετατροπείς θα συμμορφώνονται προς τα ακόλουθα πρότυπα:

- Ασφάλεια: IEC-62103(EN50178), IEC-62109
- Δίκτυο: VDE 0126-1-1, VDE-AR-N-4105
- Λοιπά: RoHS

Επίσης, οι INVERTER θα παραλληλιστούν μεταξύ τους (3 φάσεις) με την χρήση πίνακα παραλληλισμού AC με τις απαραίτητες διατάξεις ελέγχου και προστασίας. Ο πίνακας παραλληλισμού των Inverter, θα συνδεθεί με την πλευρά της χαμηλής τάσης του δικτύου.

Η λειτουργία του συστήματος θα γίνεται έτσι ώστε να μην παράγονται κέρδη από την εγκατάσταση. Το σύστημα ΑΠΕ συνδέεται στο δίκτυο εσωτερικής εγκατάστασης του κτιρίου, το οποίο θα τροφοδοτείται κατά προτεραιότητα. Η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας θα διοχετεύεται

στο δίκτυο ΔΕΔΔΗΕ, μέσω νέου μετρητή διπλής κατεύθυνσης. Ο τελικός συμψηφισμός της ενέργειας θα γίνεται σε μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας (kWh), μέσω σύμβασης net-metering.

Η ενεργειακή κατανάλωση, η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση και η μείωση του αποτυπώματος άνθρακα του κτηρίου παρουσιάζονται, σε συνδυασμό με το φωτοβολταϊκό σύστημα, στο σύστημα παρουσίασης στο κοινό, αποτελούμενο από οθόνη και λογισμικό παρουσίασης, καθώς και στην ιστοσελίδα του σχολείου και του Δήμου.

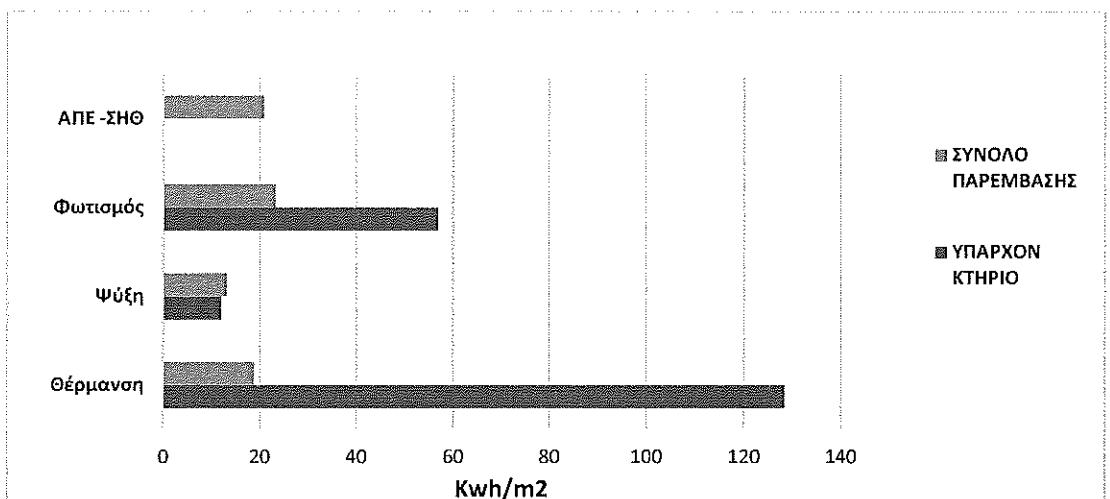
Στον υπολογισμό του κόστους της παρέμβασης συμπεριλαμβάνεται το σύνολο των ιλικών, μικροϋλικών και εργασιών για την άρτια εγκατάσταση και λειτουργία του συστήματος. Το κόστος ανυψωτικών και εργασίας σε ύψος έχει συμπεριληφθεί στο κόστος των οικοδομικών εργασιών. Αναλυτικά το κόστος της παρέμβασης παρουσιάζεται στον προϋπολογισμό.

## Συνολικά αποτελέσματα παρεμβάσεων ΕΞΕ και ΑΠΕ

Στον ακόλουθο Πίνακα παρουσιάζεται η επίδραση των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που περιεγράφηκαν ανωτέρω, στην ενεργειακή απόδοση του κτηρίου.

Τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> )	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σύνολο παρεμβάσεων ΕΞΕ και ΑΠΕ	EΞE
Θέρμανση	23.0	128.4	18.9	85%
Ψύξη	10.4	12.1	13.3	0%
ZNX	0.0	0.0	0.0	0%
Φωτισμός	46.3	57.0	23.3	59%
Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0.0	0.0	12.3	22%
Σύνολο	79.8	197.5	43.2	78%
Κατάταξη	-	Z	B+	

Πίνακας 25: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση



Διάγραμμα 2: Συνολικά αποτελέσματα παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας (συστήματα κτηρίου)

Έπειτα από την εφαρμογή όλων των κτηριακών παρεμβάσεων, το κτίριο θα βρίσκεται στην Ενεργειακή Κατηγορία B+, έχοντας επιτύχει:

Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας: **599501 kWh/έτος, 78%**

Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>: **164348 kg/έτος, 76%**

Ενσωμάτωση τεχνολογιών ΑΠΕ: **22%**

