

ΕΡΓΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ ΑΓΙΑΣ
ΕΡΓΟΛΑΒΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ ΑΓΙΑΣ
Χρηματοδότηση: ΕΣΠΑ – ΕΤΠΑ / ΠΕΠ Θεσσαλίας 2014-2020 / ΣΑΕ: 2020ΕΠ00610023

ΑΡ . ΜΕΛΕΤΗΣ 43/2019



ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ & ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ
ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

“Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημοτικού Σχολείου Στομίου Αγιάς”



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκά Διαρθρωτικά
και Επενδυτικά Ταμεία

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	2
Τεκμηρίωση της σκοπιμότητας.....	2
Διενέργεια Επιθεώρησης	3
Γενικά	3
Λίστα Ενεργειακού Ελέγχου.....	4
Πρότυπα - Μεθοδολογία Υπολογισμών	6
Γενικά	6
Υφιστάμενη Ενεργειακή Κατάσταση	16
Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία	16
Περιγραφή του Κτιρίου	18
Αποτελέσματα Ενεργειακής Επιθεώρησης.....	22
Θέρμανση.....	28
Σύστημα Ψύξης	30
Αερισμός	30
Φωτισμός	30
Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης	31
Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου.....	35
Σχόλια – Παρατηρήσεις	35
Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας	36
Γενικά	36
Επεμβάσεις στο κέλυφος.....	36
Επεμβάσεις στα Συστήματα του Κτιρίου	41
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
Ενεργειακή Κατάταξη.....	47
Πρωτογενής Ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m ²)	49
Καταναλώσεις καυσίμων (kWh/m ²) σε σχέση με το λειτουργικό κόστος (€).....	50

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας τεχνικής έκθεσης είναι η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης των κτιριακών εγκαταστάσεων του Δημοτικού Σχολείου Στομίου. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται - με γνώμονα την ενεργειακή αποδοτικότητα - η υφιστάμενη κατάσταση του κελύφους καθώς και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των απαιτήσεων σε θέρμανση, ψύξη - κλιματισμό και φωτισμό. Εκτιμάται η ενεργειακή κατάσταση του κτιριακού συγκροτήματος με βάση τις προδιαγραφές του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Τέλος, προτείνεται σειρά παρεμβάσεων, οι οποίες αναμένεται να μειώσουν δραστικά την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά τρόπο ενεργειακά αποδοτικό και οικονομικότεχνα σκόπιμο.

Η παραδοσιακή προσέγγιση των ενεργειακών συστημάτων σε ένα κτίριο αφορούσε τη διασφάλιση των επιθυμητών εσωκλιματικών συνθηκών, με το ελάχιστο δυνατό αρχικό κόστος και, δευτερευόντως, τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Οι μεταβολές σε κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο, οι τεχνολογικές εξελίξεις αλλά και η συνειδητοποίηση των επιπτώσεων αυτής της πολιτικής, κυρίως στο αστικό περιβάλλον, μας οδηγούν υποχρεωτικά στον επαναπροσδιορισμό των κριτηρίων σχεδιασμού και επιλογής ενός συστήματος θέρμανσης, ψύξης ή κλιματισμού. Στην ουσία, μάλιστα, οδηγούν σε διαφορετική θεώρηση του ρόλου των παραπάνω συστημάτων ως συνιστώσα του κτιρίου, αλλά και ως παράμετρο του σχεδιασμού του.

Το πρόβλημα της κατανάλωσης ενέργειας για την εξυπηρέτηση κτιρίων παραμένει ένα πολυσύνθετο τεχνικό και οικονομικό πρόβλημα, τη διάσταση του οποίου συνειδητοποιήσαμε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1970 με τις δύο πετρελαϊκές κρίσεις.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίου και ιδιαίτερα κτιρίων με ειδικές απαιτήσεις, όπως είναι ένα σχολικό κτίριο αποβλέπει σε πολλαπλά οφέλη, τα οποία κατηγοριοποιούνται σε:

Ενεργειακά: Επιτυγχάνεται δραστική εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι μειώνονται οι απαιτήσεις θέρμανσης, κλιματισμού και φωτισμού του κτιρίου.

Οικονομικά: Απομειώνεται σημαντικά το κόστος λειτουργίας των Η/Μ εγκαταστάσεων.

Περιβαλλοντικά: Μειώνονται οι εκπομπές αερίων ρύπων, τόσο οι άμεσες από την χρήση υδρογονανθράκων από τα συστήματα του κτιρίου όσο και οι έμμεσες από τη μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τεκμηρίωση της σκοπιμότητας

Σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για περίπου το 40% -45% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια αυξάνεται σταθερά, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντική οικονομική επιβάρυνση, λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας και της ρύπανσης της ατμόσφαιρας που αφορά κυρίως τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο κτιριακός τομέας αποτελεί το επίκεντρο των νομοθετικών πλαισίων της ΕΕ, διότι είναι ο τομέας που αφενός ευθύνεται για μεγάλο ποσοστό σπατάλης ενέργειας, αφετέρου έχει τις μεγαλύτερες δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής κρίσης. Σε εφαρμογή των οδηγιών της ΕΕ και των ελληνικών κανονισμών (ΚΕΝΑΚ) το κτιριακό δυναμικό της χώρας, επιβάλλεται να μειώσει τις ενεργειακές καταναλώσεις μέσω της ορθολογικής

διαχείρισης και εξοικονόμησης ενέργειας. Βρίσκεται, ήδη, σε εξέλιξη προσπάθεια για την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων με προτεραιότητα στα δημόσια, τα οποία αναμένεται να λειτουργήσουν ως υπόδειγμα. Προς την ίδια κατεύθυνση συντείνουν οι στόχοι του επιχειρησιακού προγράμματος της Περιφέρειας Θεσσαλίας με τίτλο «Ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των δημοσίων κτηρίων στη Θεσσαλία».

Το κτίριο του Δημοτικού Σχολείου, λόγω του χρόνου κατασκευής του, στερείται οποιασδήποτε μέριμνας θερμομόνωσης, τα κουφώματα είναι παλαιά και χρήζουν αντικατάστασης, ενώ οι ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις χρήζουν μελέτης και βελτιστοποίησης, προκειμένου να καταστούν ενεργειακά αποδοτικότερες. Προκύπτει, επομένως, η ανάγκη ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου, που θα οδηγήσει σε μείωση του κόστους λειτουργίας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αλλά και σε βελτίωση των εσωτερικών συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες και τους επισκέπτες του. Τέλος, λόγω του χαρακτήρα του κτιρίου και της ιδιάζουσας χρήσης του, η ενεργειακή του αναβάθμιση δίνει τη δυνατότητα ευαισθητοποίησης ευρύτερων τμημάτων του πληθυσμού και βελτίωσης της ενεργειακής τους συμπεριφοράς.

ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Γενικά

Σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 7 του ν. 3661/2008 και το άρθρο 10 του ν. 3851/2010 όπως καθορίζονται στην πρόσφατη Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος **Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-4/2017** η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης) και συνολικά,
- στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου,
- στη σύνταξη συστάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου

Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης καταγράφονται στοιχεία σχετικά με:

- ✓ το κτιριακό κέλυφος,
- ✓ το σύστημα θέρμανσης,
- ✓ το σύστημα ψύξης,
- ✓ το σύστημα αερισμού,
- ✓ το σύστημα φωτισμού,
- ✓ το σύστημα παραγωγής ΖΝΧ

Σε πρώτο στάδιο συλλέχθηκαν για τα προς επιθεώρηση κτίρια στοιχεία όπως:

Πλέον πρόσφατα αρχιτεκτονικά σχέδια (κατόψεις, όψεις, τομές). Υπήρξε έλεγχος και αντιπαροβολή των σχεδίων με την υπάρχουσα κατασκευή.

Έτος κατασκευής.

Το κτίριο ανεγέρθηκε με την υπ' αριθμόν άδεια οικοδομής 2679/1981.

Πλέον πρόσφατες μελέτες (π.χ. θερμομόνωσης, ηλεκτρολογική μελέτη, μελέτη θέρμανσης).

Δεν κατέστη δυνατόν να παραδοθούν οι ηλεκτρομηχανολογικές μελέτες των κτιρίων. Από την επιτόπια αυτοψία, ωστόσο, έγινε απόλυτα κατανοητή η λειτουργία των εγκαταστάσεων θέρμανσης, κλιματισμού και φωτισμού.

Στόχος του ελέγχου είναι η αναλυτική καταγραφή των γενικών και ειδικών χαρακτηριστικών των κτιριακών εγκαταστάσεων καθώς και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων αυτού, της ενεργειακής συμπεριφοράς των χρηστών κ.α., προκειμένου να συλλεχθούν τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του και να επιλεχθούν οι ενδεδειγμένες παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Λίστα Ενεργειακού Ελέγχου

Δομικά στοιχεία κτιρίου

Ο έλεγχος των δομικών στοιχείων του κτιρίου περιλαμβάνει την καταγραφή του προσανατολισμού, των διαστάσεων, όπως ύψος και πλάτος των όψεων και του συνολικού κελύφους, καθώς και εκτίμηση του ποσοστού σκίασης των όψεων του κελύφους από φυσικά ή τεχνητά σκίαστρα, γειτονικά κτίρια κ.λπ. Επιπλέον, περιλαμβάνει την μέτρηση του πάχους των εξωτερικών τοίχων, οροφών και δαπέδων του κελύφους του κτιρίου και καταγραφή - κατηγοριοποίηση των υλικών κατασκευής τους και του χρώματος των επιφανειών. Από την καταγραφή αυτή εκτιμώνται οι απώλειες δια μέσω της τοιχοποιίας του κτιρίου και θα υπολογιστεί η ζήτηση σε ενέργεια για θέρμανση και ψύξη.

Υπήρξε καταγραφή των εμβαδών των επιφανειών ανά θερμική ζώνη, καθώς και έλεγχος των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου, χωρίς να εντοπιστούν σημαντικές αποκλίσεις από τα αρχιτεκτονικά σχέδια.

Εξωτερικά ανοίγματα

Ο έλεγχος των εξωτερικών ανοιγμάτων περιλαμβάνει την καταγραφή της θέσης, των διαστάσεων, του προσανατολισμού, της κατάστασης, του υλικού του πλαισίου και του υαλοστασίου όλων των εξωτερικών παραθύρων και θυρών του κτιρίου. Επιπλέον, καταγράφεται η ύπαρξη εσωτερικού και εξωτερικού σκιάστρου και η επίδραση του στην συμπεριφορά των υπολογιζόμενων μεγεθών. Από την παραπάνω καταγραφή, προκύπτουν οι υπολογισμοί της ζήτησης σε ενέργεια για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό.

Έγινε ο σχετικός έλεγχος και καταγράφηκαν τα υπάρχοντα κουφώματα, οι διαστάσεις τους, ο τύπος τους και τα υλικά κατασκευής τους. Αναφορικά με την αεροστεγανότητα θεωρήθηκε ως η τυπική για αυτού του τύπου τα κουφώματα σύμφωνα με τους σχετικούς πίνακες της ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017.

Φυσικός Φωτισμός

Ο έλεγχος του φυσικού φωτισμού περιλαμβάνει την καταγραφή της έντασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε lux στα διάφορα καίρια σημεία του εσωτερικού του κτιρίου, όπως είναι τα κεντρικά σημεία του χώρου και τα απομακρυσμένα σημεία από τα παράθυρα του χώρου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η επάρκεια φυσικού φωτισμού και να εξεταστεί η δυνατότητα σύζευξης τεχνητού και φυσικού φωτισμού για την κάλυψη των απαραίτητων σταθμών φωτισμού.

Τεχνητός φωτισμός

Ο έλεγχος του τεχνητού φωτισμού περιλαμβάνει τη μέτρηση και την καταγραφή του αριθμού, του τύπου, της ισχύος και της θέσης των φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων, καθώς και της στάθμης φωτισμού στις διάφορες θέσεις και σημεία του χώρου. Από την καταγραφή αυτή προκύπτει ο υπολογισμός της καταναλισκόμενης ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών φωτισμού καθώς και ενδεχόμενες προτάσεις για την αντικατάσταση και αυτοματοποίηση της λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων. Η ένταση φωτισμού σε LUX σε κάθε χώρο υπολογίζεται με τη χρήση μετρητή φωτός με φωτοαισθητήρα. Η μέτρηση εκτελείται δύο φορές, μία για το φυσικό και μία για τον τεχνητό φωτισμό. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις έντασης φωτός σε εξωτερικό χώρο πλησίον των κτιρίων.

Συστήματα Θέρμανσης

Θέρμανση: Για τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης, με χρήση ειδικού εξοπλισμού υπολογίζεται η ενεργειακή απόδοση των συστημάτων καυστήρα/λέβητα, η ποιοτική σύσταση των καυσαερίων σε μονοξείδιο/διοξείδιο του άνθρακα και περίσσεια οξυγόνου, καθώς και ο δείκτης Bacharach. Γίνεται καταγραφή των στοιχείων του συστήματος, όπως ο τύπος και τα χαρακτηριστικά του καυστήρα/λέβητα, κυκλοφορητή κ.ά. ενώ διαπιστώνεται κατά πόσο οι σωληνώσεις σε μη-θερμαινόμενους χώρους είναι μονωμένες και αν υπάρχουν συστήματα αντιστάθμισης (π.χ. τρίοδη / τετράοδη βάνα), ανάκτησης θερμότητας, θερμοστατικοί διακόπτες κ.ά. Τέλος, αξιολογείται η συνολική λειτουργία του συστήματος.

Ο έλεγχος του συστήματος θέρμανσης αποτελείται από τρεις τομείς

1. Την επιθεώρηση της κεντρικής θέρμανσης, όπου καταγράφονται η ισχύς και τα όρια λειτουργίας του λέβητα και του καυστήρα, ο τύπος τους, το καύσιμο, τα στοιχεία κατανάλωσης, ο βαθμός απόδοσης καύσης, η θερμοκρασία και η περιεκτικότητα των καυσαερίων, η κατάσταση της συνολικής εγκατάστασης του λεβητοστασίου, όπως και οι κυκλοφορητές, οι θερμοστάτες, οι αυτοματισμοί και τα πιθανά συστήματα εξοικονόμησης – αντιστάθμισης της λειτουργίας του.
2. Την επιθεώρηση του συστήματος διανομής όπου καταγράφεται το σύστημα διανομής, η ποιότητα των μονώσεων, η ύπαρξη και χωροθέτηση των θερμοστατών και οι πιθανές διατάξεις αυτοματισμού της λειτουργίας του.
3. Την επιθεώρηση των θερμαντικών σωμάτων, όπου καταγράφεται ο τύπος, η θερμοκρασία, η χωροθέτηση των θερμαντικών σωμάτων καθώς και οι ώρες λειτουργίας τους.

Επιπλέον, καταγράφεται η χρήση άλλων συστημάτων θέρμανσης, εναλλακτικά ή επικουρικά της κεντρικής θέρμανσης. Από την καταγραφή εκτιμάται η κατανάλωση για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ώστε να γίνουν οι απαραίτητες προτάσεις ρύθμισης και αυτοματοποίησης της λειτουργίας τους.

Συστήματα κλιματισμού

Ο έλεγχος των συστημάτων κλιματισμού περιλαμβάνει την καταγραφή:

- Του κεντρικού συστήματος κλιματισμού (εφόσον υπάρχει) και τις τοπικές εσωτερικές μονάδες όπου καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όπως απόδοση, απαιτούμενη και αποδιδόμενη ισχύς για θέρμανση και ψύξη της κεντρικής και των εσωτερικών μονάδων.
- Η θέση, ο αριθμός και η απαιτούμενη αποδιδόμενη ισχύς της εξωτερικής και εσωτερικής μονάδας (σε περίπτωση κλιματισμού με διαιρούμενες μονάδες τύπου split).

- Από την καταγραφή θα υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση σε ενέργεια για τις ανάγκες κλιματισμού και θα εκτιμηθούν οι πιθανές επεμβάσεις εξοικονόμησης.

Συστήματα αερισμού

Κατά τον έλεγχο των συστημάτων εξαερισμού, γίνεται καταγραφή ή και εκτίμηση των εναλλαγών αέρα στην μονάδα του χρόνου προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανανέωση του αέρα του χώρου του κτιρίου. Επίσης, εξετάζεται η ύπαρξη συστημάτων ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμικής ενέργειας. Ο έλεγχος των συστημάτων εξαερισμού ως σκοπό έχει την εκτίμηση του ποσού θερμικής ενέργειας το οποίο χάνεται κατά την απόρριψη του αέρα του εσωτερικού του κτιρίου και κατ' επέκταση θα πρέπει να καλυφθεί από το σύστημα θέρμανσης ή κλιματισμού.

Δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού στο κτίριο και ο αερισμός γίνεται με φυσικό τρόπο.

Εσωτερικές Συνθήκες

Θερμοκρασία και υγρασία χώρου: Με χρήση ειδικού θερμομέτρου – υγρασιόμετρου με ενσωματωμένο θερμοστοιχείο υπολογίζεται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία σε κάθε χώρο. Λαμβάνονται επίσης μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε εξωτερικό χώρο πλησίον του κτιρίου.

Θερμοκρασία σημείων ενδιαφέροντος: Υπολογίζεται η θερμοκρασία σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία του κτιρίου, όπως για παράδειγμα στην επιφάνεια των τοίχων ή του δαπέδου, των σωληνώσεων, των θερμαντικών σωμάτων κ.ά. με χρήση ειδικού ψηφιακού υπέρυθρου θερμομέτρου με στόχευση λέιζερ.

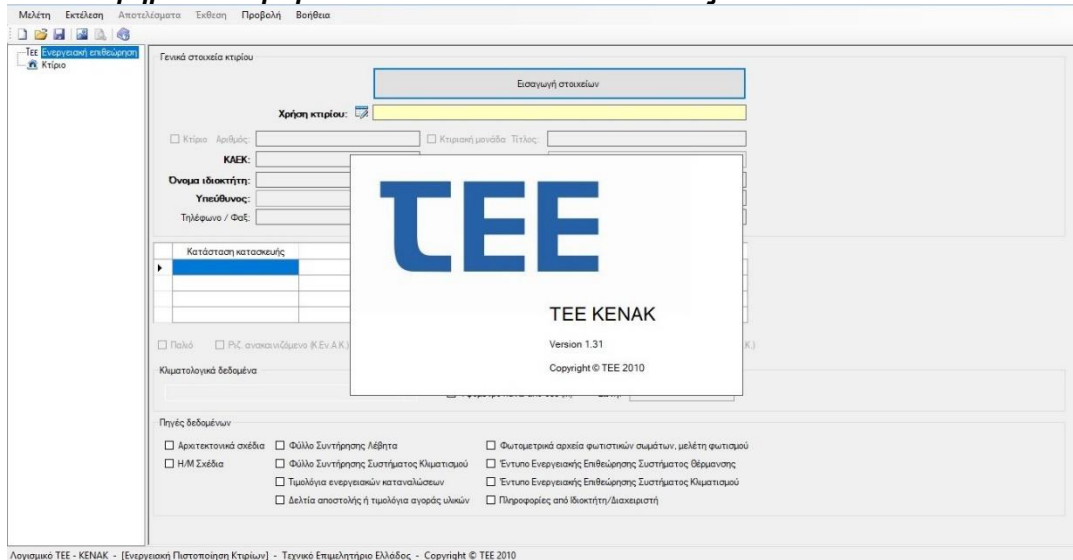
Εσωτερικά φορτία

Κατά τον έλεγχο καταγράφεται ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στο κτίριο, ώστε να εκτιμηθούν τα εσωτερικά θερμικά κέρδη που επηρεάζουν τις ανάγκες θέρμανσης, κλιματισμού και μηχανικού αερισμού.

ΠΡΟΤΥΠΑ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Γενικά

Με βάση τα στοιχεία που συλλέγονται για το κτίριο τόσο κατά την αρχική φάση της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης όσο και κατά την αναλυτική ενεργειακή επιθεώρηση, υπολογίζεται η ζήτηση ενέργειας στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, του φωτισμού και του ζεστού νερού χρήσης. Για τους υπολογισμούς των ενεργειακών παραμέτρων στους παραπάνω τομείς χρησιμοποιείται το λογισμικό TEE - KENAK Έκδοση 1.31 - Engine 1.7.6.19, βάσει των απαιτήσεων και των προδιαγραφών του νόμου 3661/2008, του Κ.Εν.Α.Κ. και των αντίστοιχων Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και 20701-4/2017.



Στο λογισμικό συμπεριλαμβάνονται Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα τα οποία βρίσκονται σε Αντιστοιχία με τα οριζόμενα στο Σχέδιο Κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτιρίων (KENAK). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω πρότυπα:

1. ISO/DIS 13790 – CEN/TC 89 WI-14. “Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling” (17-03-2005).
2. ISO/DIS 13789 – CEN WI-23 part 2. “Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method” (December 2004).
3. CEN/TC 228 WI-2. “Heating systems in buildings – Energy performance of buildings – Overall energy use, primary energy and CO2 emissions” (May 2005).
4. CEN Draft prEN 15193-1 – CEN WI-13. “Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Lighting energy estimation” (March 2005).
5. CEN/TC 228 WI-9. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2.2.4: Space heating generation systems, the performance and quality of CHP electricity and heat” (December 2004).
6. CEN/TC 228 WI-11. “Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements)” (May 2005).
7. EPA-ED project. “EPA-ED Formulas – Calculation scheme” (September 2004).
8. EPA-ED project. “EPA-ED Calculation engine software – Data structure” (September 2004).
9. EPA-ED project. “Recommendations on EPA-ED method & tool” (September 2004).
10. EPA-U software. “Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Formulestructuur (inclusief winkels)” (November 2004). In Dutch (English title: “Energy performance of non-residential buildings – Formula structure (including retail buildings)”).
11. Soethout L. Scholten, J.E. & Elkhuizen B. Functional specification of the EPA-NR software - WP2b. Final version, March 2007. TNO. Delft, The Netherlands.

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

1. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017, «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης».
2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-2/2017, «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων».
3. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».
4. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-4/2017, «Οδηγίες και Έντυπα Ενεργειακών Επιθεωρήσεων Κτηρίων, Λεβήτων & Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και Εγκαταστάσεων Κλιματισμού».

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790, και των υπολοίπων προτύπων όπως προσδιορίζεται από τον κανονισμό ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (ΚΕΝΑΚ). Στις επόμενες παραγράφους αναλύεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε βάσει των παραπάνω προτύπων για τον υπολογισμό της ζήτησης και της κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης, και φωτισμού. Επιπλέον, περιγράφεται η μεθοδολογία για τον υπολογισμό των αναγκών αερισμού, καθώς και οι απαιτήσεις θερμικής άνεσης των χρηστών.

Θέρμανση - Ψύξη

Οι κτιριακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη υπολογίζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO / EN 13790 (2005) και με κριτήριο τη θερμική άνεση των χρηστών. Με βάση το πρότυπο υπολογίζονται:

- Οι απώλειες θερμότητας με μετάδοση και αερισμό, όταν το κτίριο θερμαίνεται και ψύχεται σε συγκεκριμένη εσωτερική θερμοκρασία.
- Η συνεισφορά των θερμικών ηλιακών κερδών στο ισοζύγιο του κτιρίου.
- Οι ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση και ψύξη προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές θερμοκρασίες το χειμώνα και το καλοκαίρι.
- Η ετήσια χρήση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη βασισμένη στην ζήτηση του κτιρίου και στην απόδοση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το ποσό ενέργειας που αποτελεί τη ζήτηση του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη διαφέρει από την ενέργεια που απαιτείται για την κάλυψη της ζήτησης λόγω του βαθμού απόδοσης των συστημάτων και των εγκαταστάσεων. Ωστόσο, στην πράξη, το ποσό ενέργειας που πραγματικά καταναλώνεται διαφέρει από το υπολογιζόμενο καθώς σε αυτό υπεισέρχονται υποκειμενικοί παράγοντες της χρήσης του κτιρίου (ρύθμιση θερμοστάτη, κ.λπ.) και της συμπεριφοράς των χρηστών (άνοιγμα παραθύρων).

Φωτισμός

Οι κτιριακές ανάγκες για φωτισμό υπολογίζονται με τη χρήση του προτύπου prEN 15193:2006 λαμβάνοντας υπόψη την εγκατεστημένη ισχύ, τα μεγέθη χρόνου, την ύπαρξη ή όχι αυτοματισμών για τη διακοπή της λειτουργίας, καθώς και τους παράγοντες επίδρασης του φυσικού φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας στον τομέα του φωτισμού και υπεισέρχονται στους υπολογισμούς είναι:

Η ετήσια λειτουργία, ως άθροισμα του ημερήσιου χρόνου λειτουργίας (χρόνος με φυσικό φωτισμό) και του χρόνου λειτουργίας χωρίς φυσικό φωτισμό.

- Ο ετήσιος χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών του φωτισμού έκτακτης ανάγκης.
- Η ωφέλιμη επιφάνεια κτιρίου.
- Ο παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με την ύπαρξη φυσικού φωτισμού στο χώρο (αισθητήρες φωτός).
- Ο παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη χρήση των χώρων (αισθητήρες κίνησης).
- Ο παράγοντας παρουσίας/απουσίας των χρηστών στους χώρους.
- Ο παράγοντας συσχέτισης της εγκατεστημένης ισχύος με τη λειτουργία συστημάτων ελέγχου φωτισμού.
- Ο παράγοντας μείωσης της απόδοσης του φωτιστικού εξοπλισμού με την παλαιότητα (επίδραση της συντήρησης).
- Ο τύπος φωτιστικού σώματος και διατάξεων στραγγαλισμού (ballast).

Αερισμός

Η είσοδος του νωπού αέρα και ο αερισμός του κτιρίου επιτυγχάνονται με δύο τρόπους:

- 1) μέσω των χαραμάδων που υπάρχουν στα ανοίγματα
- 2) μέσω του φυσικού ή τεχνητού αερισμού.

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας από αερισμό χρησιμοποιείται το πρότυπο ISO/DIS 13789, σύμφωνα με το ρυθμό ανανέωσης του αέρα από τις χαραμάδες και του φυσικού ή τεχνητού αερισμού. Η ανανέωση αέρα που γίνεται από τους χρήστες του κτιρίου θεωρείται ότι είναι η ελάχιστη απαιτούμενη, εκτός αν υπάρχει μηχανικός αερισμός με δεδομένη παροχή.

Για τους υπολογισμούς του αερισμού λόγω αεροστεγανότητας η διείσδυση αέρα μέσω των δομικών αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους θεωρείται αμελητέα και λαμβάνεται ίση με μηδέν. Ο αερισμός μέσω θυρίδων αερισμού ή καμινάδων εστιών καύσης (τζακιού, θερμάστρας ξύλων ή πετρελαίου κ.ά.), λαμβάνονται κατά περίπτωση και σύμφωνα με το αριθμό των θυρίδων τού υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτιρίου. Στον πίνακα 2 δίνονται τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα ανά θυρίδα αερισμού, που θα λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς ενεργειακής απόδοσης κτιρίου, τόσο στο υπό μελέτη ή προς επιθεώρηση κτίριο, όσο και στο κτίριο αναφοράς.

Πίνακας 1: Τυπικές τιμές για τη διείσδυση αέρα από θυρίδα αερισμού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Είδος θυρίδας	Διείσδυση αέρα (m ³ /h)
Καμινάδα τζακιού, καπνοδόχος θερμάστρας ξύλου ή πετρελαίου ή άλλης εστίας	20
Θυρίδες αερισμού, π.χ. για χρήση συσκευών αερίου	10
Εξώθυρα με περιθώριο στο κάτω μέρος > 1,0 cm και σε επαφή με το εξωτερικό πε-	10

Οι εξώπορτες με περιθώριο στο κάτω μέρος >1,0 cm και επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον επηρεάζουν την διείσδυση αέρα στη ζώνη οπότε κατά παραδοχή πρέπει να δηλώνονται και σαν θυρίδες αερισμού. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 2, στην περίπτωση που υπάρχει εξώθυρα στο κτίριο (πόρτα σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, πόρτα εισόδου) η οποία δεν έχει πλαίσιο στο κάτω μέρος και

δημιουργείται χαραμάδα μεταξύ του ανοιγόμενου τμήματος και του δαπέδου, τότε η διείσδυση αέρα μέσω αυτής λαμβάνεται ίση με $10 \text{ m}^3/\text{h}$ αν το περιθώριο μεταξύ της θύρας και του δαπέδου είναι μεγαλύτερο του $1,0 \text{ cm}$ και μηδενική αν είναι μικρότερο. Η διείσδυση αέρα από τις υπόλοιπες πλευρές τις εξώθυρας αυτής υπολογίζεται όπως και στα υπόλοιπα κουφώματα. Στο κτίριο αναφοράς η διείσδυση αέρα από τις εξώθυρες με περιθώριο στο κάτω μέρος σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον λαμβάνεται μηδενική. Ο αερισμός λόγω ύπαρξης χαραμιάδων στα κουφώματα εξαρτάται από το μήκος των χαραμιάδων, την ποιότητα των κουφωμάτων (βαθμός αεροστεγανότητας), τον αριθμό (και την επιφάνεια) των ανοιγμάτων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Η διείσδυση του αέρα διαμέσου των χαραμιάδων των ανοιγμάτων καθορίζεται από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των όψεων ενός κτιρίου που επηρεάζεται γενικά από άλλους παράγοντες όπως η αναλογία εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα (εσωτερικές πόρτες) στο χώρο καθώς επίσης και η θέση του κτιρίου και των όψεων του, η ανεμόπτωση κ.α. Για τον υπολογισμό του αερισμού λόγω της ύπαρξης χαραμιάδων (διείσδυση αέρα) λήφθηκαν υπόψη όλα τα παραπάνω και εκτιμήθηκαν τυπικές τιμές αερισμού ανά τετραγωνικό μέτρο ανοίγματος ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$) για τυπικές διαστάσεις κουφωμάτων (πόρτας – παραθύρου) και παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Τυπικές τιμές διείσδυσης αέρα λόγω ύπαρξης χαραμιάδων ανά μονάδα επιφανείας και είδος κουφώματος.

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ.ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	$[\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2]$	$[\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2]$
Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα	11,8	15,1
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες, χωνευτό. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	9,8	12,5
Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο χωρίς πιστοποίηση		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	7,4	8,7
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες, χωνευτό. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	5,3	6,8
Κουφώματα με μεταλλικό, συνθετικό ή ξύλινο πλαίσιο με πιστοποίηση κατά EN 12207(*)		
Κλάση αεροπερατότητας με βάση τη συνολική επιφάνεια του κουφώματος:	1	7,7
	2	4,1
	3	1,4

	4	0,5
Γυάλινες προσόψεις		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα κουφώματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

Οι τιμές του συντελεστή α για τα πιστοποιημένα κατά EN 12207 κουφώματα έχουν αναχθεί σε συνήθεις συνθήκες διαφοράς πίεσης (6 Pa) από τις συνθήκες κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης (διαφορά πίεσης 100 Pa).

Η πιστοποίηση των κουφωμάτων γίνεται μετά από μετρήσεις που καθορίζονται από το πρότυπο EN 14351 και γίνονται σε εργαστήρια με βάση το πρότυπο EN 1026.

Συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value)

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας U των δομικών στοιχείων του κτιρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010. Βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

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

όπου,

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

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

R_i και R_a - οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου και

R_s - η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα.

Οι συντελεστές R_i και R_a καθορίζουν την αντίσταση θερμικής μετάβασης και δίνονται κατά περίπτωση στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: Συντελεστές αντίστασης θερμικής μετάβασης.

	R _i	R _a
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. αέρα)	0,13	0,04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,13	0,13
Τοίχος σε επαφή με έδαφος	0,13	0,00
Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0,10	0,04
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0,10	0,10
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή)	0,17	0,04

Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο	0,17	0,17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,17	0,00

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση, ο επιθεωρητής καλείται να εκτιμήσει τη θερμική συμπεριφορά των αδιαφανών δομικών στοιχείων, συνυπολογίζοντας το έτος έκδοσης της οικοδομικής άδειας του κτιρίου. Προς αυτή την κατεύθυνση κωδικοποιούνται για τον έλεγχο της ενεργειακής επιθεώρησης όλα τα κτίρια σε επί μέρους κατηγορίες, σύμφωνα με την περίοδο ανέγερσής τους και το βαθμό της θερμομονωτικής τους προστασίας. Οι τυπικές τιμές τους δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα κατακόρυφα αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια, η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμε. χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμε. χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Στοιχείο φέροντος οργανισμού οπλισμένου σκυροδέματος (πάχους μικρότερου των 80 cm)						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,65	2,75	4,30	1,00	0,90	1,05
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,40	2,60	–	1,00	0,90	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,45	2,00	2,90	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,90	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,50	2,05	4,00	1,00	0,90	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα,τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,05	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Οπτοπλινθοδομή, φέρουσα ή πλήρωσης (με ή χωρίς κλειστό διάκενο αέρος)						
Μπατική ή δικέλυφη δρομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	2,30	1,90	2,55	0,85	0,80	0,90
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	2,20	1,85	–	0,85	0,80	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	1,90	1,60	2,05	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,10	1,75	2,25	0,80	0,75	0,85
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	2,25	1,85	2,45	0,85	0,80	0,85

Δρομική οπτοπλινθοδομή						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	3,25	2,50	3,75	0,95	0,90	1,00
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,05	2,40	–	0,95	0,85	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,50	2,00	2,75	0,85	0,80	0,90
Επενδεδυμένο με αργολιθοδομή.	2,80	2,25	3,20	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	3,10	2,40	3,55	0,95	0,85	1,00
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα,τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	1,90	1,65	2,05	0,80	0,75	0,85
Αργολιθοδομή						
Ανεπίχριστο από τη μία ή τις δύο όψεις.	4,25	3,10	5,00	1,05	0,95	1,10
Επιχρισμένο και από τις δύο όψεις.	3,85	2,85	–	1,00	0,95	–
Επενδεδυμένο με απλή ή διακοσμητική οπτοπλινθοδομή.	2,85	2,30	3,25	0,90	0,85	0,95
Επενδεδυμένο με μαρμάρινες πλάκες.	4,10	3,00	4,95	1,00	0,95	1,05
Επενδεδυμένο με γυψοσανίδα, τσιμεντοσανίδα, ξυλοσανίδα ή άλλες πλάκες.	2,30	1,95	2,60	0,85	0,80	0,90

Πίνακας 5: Τυπικές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας για υφιστάμενα οριζόντια αδιαφανή δομικά στοιχεία που συναντώνται σε κτίρια η οικοδομική άδεια των οποίων εκδόθηκε πριν από την εφαρμογή του Κ.Εν.Α.Κ. (2010).

Περιγραφή στοιχείου	Χωρίς θερμομονωτική προστασία			Με ανεπαρκή θερμομονωτική προστασία κατά Κ.Θ.Κ.		
	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν.χώρο	Σε επαφή με έδαφος	Σε επαφή με αέρα	Σε επαφή με μη θερμαινόμεν.χώρο	Σε επαφή με έδαφος
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Επιστεγάσεις (με ή χωρίς ψευδοροφή)						
Συμβατικού τύπου	3,05	-	-	0,95	-	-
Αντεστραμμένου τύπου	-	-	-	0,95	-	-
Αεριζόμενο δώμα.	-	3,70	-	1,00	-	-
Φυτεμένο δώμα	1,20	-	-	0,70	-	-
Οριζόντια οροφή κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη.	3,70	-	-	1,00	-	-

Οροφή κάτω από μη θερμαινόμενο χώρο.	-	2,90	-	-	0,90	-
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.	4,70	-	-	1,05	-	-
Κεραμοσκεπή επί κεκλιμένης ξύλινης στέγης.	4,25	-	-	1,00	-	-
Δάπεδα με επικάλυψη παντός τύπου (ξύλο, μάρμαρο, πλακάκι, μωσαϊκό κ.τ.λ.)						
Επάνω από ανοικτό υπόστυλο χώρο (πυλωτή).	2,75	-	-	0,90	-	-
Επί εδάφους	-	-	3,10	-	-	0,95
Επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο.	-	2,00	-	-	0,80	-

Αντίστοιχα ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου U_w υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g}$$

όπου,

U_f - ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος,

U_g - ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος,

A_f - το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος, A_g - το εμβαδό επιφάνειας του υαλοπίνακα του κουφώματος, l_g - το μήκος της θερμογέφυρας του υαλοπίνακα του κουφώματος και

Ψ_g - ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα του κουφώματος.

Πίνακας 6: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων U_w [W/(m².K)] χωρίς εξωτερικά προστατευτικά φύλλα.

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου F_f	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm
	[%]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]

Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
Εξωτερικές Πόρτες Χωρίς υαλοπίνακες [W/(m²K)]						
Υλικό	Σε επαφή με εξωτερικό αέρα					Σε επαφή με μη
Μέταλλο	6,0					4,0
Συνθετικό	3,5					2,7
Ξύλο	3,5					2,7

Συνθήκες άνεσης

Στην παρούσα ενότητα καθορίζονται οι παράμετροι που σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας και απαιτούνται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου ο επιθεωρητής καθορίζει και τον αριθμό των ανεξάρτητων θερμικών ζωνών. Για το διαχωρισμό σε θερμικές ζώνες συνιστάται να ακολουθούνται οι παρακάτω γενικοί κανόνες:

- Ο διαχωρισμός του κτιρίου να γίνεται στο μικρότερο δυνατό αριθμό ζωνών, προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία στο πλήθος των δεδομένων εισόδου και στον υπολογιστικό χρόνο.
- Κατά τη μελέτη ή την επιθεώρηση ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών να γίνεται καταγράφοντας την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτιρίου.
- Τμήματα με όγκο μικρότερο από το 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου να εξετάζονται ενταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες, κατά το δυνατόν παρόμοιες, ακόμη και αν οι συνθήκες λειτουργίας τους δικαιολογούν τη θεώρησή τους ως ανεξάρτητων ζωνών.

Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων θέρμανσης και ψύξης, το κτίριο μελετάται ως μια ενιαία θερμική ζώνη ή διαχωρίζεται κατά περίπτωση σε περισσότερες θερμικές ζώνες. Εφόσον γίνει διαχωρισμός σε περισσότερες από μία θερμικές ζώνες, υπάρχει η δυνατότητα βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων να εκπονηθεί η ενεργειακή μελέτη με ή χωρίς συνυπολογισμό της θερμικής σύζευξης μεταξύ των θερμικών ζωνών. Δεδομένου ότι η θερμική σύζευξη των ζωνών πολλαπλασιάζει σημαντικά τόσο την είσοδο των δεδομένων στο μοντέλο του κτιρίου, όσο και τον υπολογιστικό χρόνο, χωρίς ωστόσο αντίστοιχα να επιτυγχάνει σημαντική βελτίωση της ακρίβειας των αποτελεσμάτων, για την ενεργειακή μελέτη είναι σκόπιμο να ακολουθείται ο υπολογισμός χωρίς σύζευξη μεταξύ των θερμικών ζωνών. Ο καθορισμός ανεξάρτητων διαφορετικών θερμικών ζωνών γίνεται σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. (Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010), και το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009

Αποτελέσματα -Υπολογισμός Χρόνου Απόσβεσης

Αναλύεται η υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου, όπου εκτιμάται η ζήτηση σε ενέργεια (ηλεκτρική, θερμική) για φωτισμό, θέρμανση, ψύξη, και αερισμό. Στη συνέχεια εκτιμώνται οι αντίστοιχες καταναλώσεις σε ηλεκτρική ενέργεια και καύσιμο και δίνονται τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες της υφιστάμενης/ παρούσας κατάστασης της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου. Τέλος, προτείνονται παρεμβάσεις και εκτιμώνται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης και απόσβεσης. Ο υπολογισμός των χρόνων απόσβεσης γίνεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα με βάση την εξοικονόμηση, που επιτυγχάνει η εκάστοτε παρέμβαση στην καταναλισκόμενη ενέργεια. Κάθε παρέμβαση εξετάζεται ξεχωριστά και δίνονται οι αντίστοιχες τιμές εξοικονόμησης, μείωσης των εκπομπών CO₂ και χρόνου απόσβεσης. Ο χρόνος απόσβεσης μιας παρέμβασης εκτιμάται με βάση το εκτιμώμενο κόστος προς την υπολογιζόμενη εξοικονόμηση ενέργειας ανηγμένη σε χρηματικό ποσό. Η εκτίμηση της εξοικονόμησης γίνεται με βάση το καύσιμο που χρησιμοποιείται και την θερμογόνο τιμή του.

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Μετεωρολογικά και κλιματολογικά στοιχεία

Γενικά

Τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη έχουν συγκεντρωθεί από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, «Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών Περιοχών». για την περιοχή της Λάρισας (ύψος βαρομέτρου: 73.6 μ, Γεωγραφικό Πλάτος: 39° 39' Β, Γεωγραφικό μήκος: 22° 27' Α) και αφορούν την περίοδο 1993 - 2003. Τα ίδια δεδομένα είναι ενσωματωμένα σε βιβλιοθήκη του λογισμικού.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται υπ' όψη η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η μέση μηνιαία ειδική υγρασία, καθώς και η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιες επιφάνειες και σε κατακόρυφες επιφάνειες για όλους του προσανατολισμούς, για την περιοχή της Λάρισας. Η περιοχή ανήκει στην κλιματική ζώνη Γ'.

Θερμοκρασία

Ο θερμότερος μήνας στην περιοχή είναι ο Ιούλιος ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος. Σε απόλυτες τιμές, η μέγιστη θερμοκρασία σημειώθηκε τον μήνα Ιούλιο (34,8 °C), ενώ η ελάχιστη τον μήνα

Ιανουάριο (-6,7 °C). Τα παραπάνω μεγέθη παρουσιάζονται σε μηνιαία και ετήσια βάση στον επόμενο Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Τιμές Θερμοκρασίας (°C)

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Τιμή (°C)	5,2	6,8	9,5	14,0	19,7	25,2	27,3	26,3	21,9	16,3	10,9	6,5
Μέγιστη Απόλυτη Τιμή (°C)	17,3	19,5	22,5	26,0	33,0	37,8	39,6	38,3	34,7	29,5	22,6	18,2
Ελάχιστη Απόλυτη Τιμή (°C)	-6,7	-5,5	-3,3	0,2	4,9	10,0	13,3	12,9	8,5	3,4	-2,1	-5,0

Άνεμοι

Όπως αποτυπώνεται στον πίνακα που ακολουθεί, οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι ανατολικοί, μόνο δύο χειμερινούς μήνες επικρατούν οι βόρειοι. Η ένταση των επικρατούντων ανέμων κυμαίνεται από 1.8m/sec έως 4.1m/sec. Άνεμοι μεγάλης εντάσεως δεν αποτελούν γνώρισμα της περιοχής.

Πίνακας 8: Ένταση και διεύθυνση ανέμων

Μήνας	Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμων	Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμων (m/sec)
Ιανουάριος	B	2.4
Φεβρουάριος	A	3.0
Μάρτιος	A	3.3
Απρίλιος	A	3.2
Μάιος	A	3.1
Ιούνιος	A	3.9
Ιούλιος	A	4.1
Αύγουστος	A	3.7
Σεπτέμβριος	A	3.3
Οκτώβριος	A	2.7
Νοέμβριος	A	1.9
Δεκέμβριος	B	1.8

Σχετική Υγρασία

Το ποσοστό υγρασίας κυμαίνεται από 46,3% το μήνα Ιούλιο έως 82.0% το Δεκέμβριο. Η μέση υγρασία στην περιοχή της Λάρισας είναι 65,96%.

Πίνακας 9: Τιμές Υγρασίας (%)

Μήνας	Μέση Τιμή Υγρασίας (%)
Ιανουάριος	79,8
Φεβρουάριος	75,0
Μάρτιος	72,6
Απρίλιος	68,1
Μάιος	61,3
Ιούνιος	48,8
Ιούλιος	46,3
Αύγουστος	49,9
Σεπτέμβριος	58,7
Οκτώβριος	69,8
Νοέμβριος	79,2
Δεκέμβριος	82,0
ΕΤΟΥΣ	65,96

Περιγραφή του Κτιρίου

Το κτιριακό συγκρότημα βρίσκεται στην βορειοανατολική πλευρά του Στομίου επί Δημοτικής οδού, σε γεωγραφικές συντεταγμένες 39°52'10.1"N 22°43'44.2"E.



Εικόνα 1: Κτηματολογικό Απόσπασμα Δημοτικού Σχολείου Στομίου.



Εικόνα 2: Απόσπασμα χάρτη από Google Maps Δημοτικού Σχολείου Στομίου.

Το κτίριο κατασκευάστηκε το 1997 με την υπ' αριθμόν οικοδομική άδεια 79/1997. Πρόκειται για κτίσμα, το οποίο δεν ανταποκρίνεται στις σύγχρονες προδιαγραφές εκπαιδευτικών κτιριακών εγκαταστάσεων, συνολικού εμβαδού 655 τ.μ. Αποτελείται από μία θερμική ζώνη με κύρια χρήση, ενώ αναπτύσσεται σε ένα επίπεδο, το ισόγειο. Αναλυτικά τα τετραγωνικά μέτρα και η χρήση ανά επίπεδο:

Επίπεδο	Συνολική Επιφάνεια
Ισόγειο	629 m ²
Λεβητοστάσιο	26 m ²

Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρουσιάζονται όψεις του κτιρίου.



Εικόνα 3: Νοτιοδυτική όψη του κτιρίου



Εικόνα 4: Νοτιοανατολική όψη του κτιρίου



Εικόνα 5: Βορειοδυτική όψη του κτιρίου



Εικόνα 6: Βορειοανατολική όψη του κτιρίου

Αποτελέσματα Ενεργειακής Επιθεώρησης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση του σχολικού κτιρίου, ως ανάλυση των επιμέρους χαρακτηριστικών και συστημάτων του.

Γενικά στοιχεία-Χρόνοι Λειτουργίας

Κατά τη διαδικασία του ελέγχου καταγράφηκαν και εκτιμήθηκαν οι χρόνοι και περίοδοι λειτουργίας των διαφόρων συστημάτων και δίνονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 10: Γενικά στοιχεία λειτουργίας Κτιρίου

Εσωτερικές συνθήκες λειτουργίας θερμικής ζώνης (Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης)		
Ωράριο λειτουργίας	8	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010
Ημέρες λειτουργίας	5	
Μήνες λειτουργίας	8	
Περίοδος θέρμανσης	15/10 έως 30/4	
Περίοδος ψύξης	1/6 έως 31/8	
Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης (°C)	20	

Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης (°C)	26	Προκαθορισμένη παράμετρος από Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017 και 20701-3/2010
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία χειμώνα (%)	35	
Μέση εσωτερική σχετική υγρασία θέρους (%)	45	
Απαιτούμενος νωπός αέρας (m ³ /h/m ²)	11.00	
Στάθμη γενικού φωτισμού (lux)	300	
Ισχύς φωτισμού ανά μονάδα επιφάνειας για κτήριο αναφοράς (W/m ²)	9.6	
Ετήσια κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (m ³ /m ² έτος)	0.00	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από χρήστες ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	40.0	
Μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών	0.18	
Εκλυόμενη θερμοκρασία από συσκευές ανά μονάδα επιφάνειας της θερμικής ζώνης (W/m ²)	0.75	
Μέσος συντελεστής λειτουργίας συσκευών	0.18	

Κέλυφος κτιρίου

ΔΟΜΙΚΑ – ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ

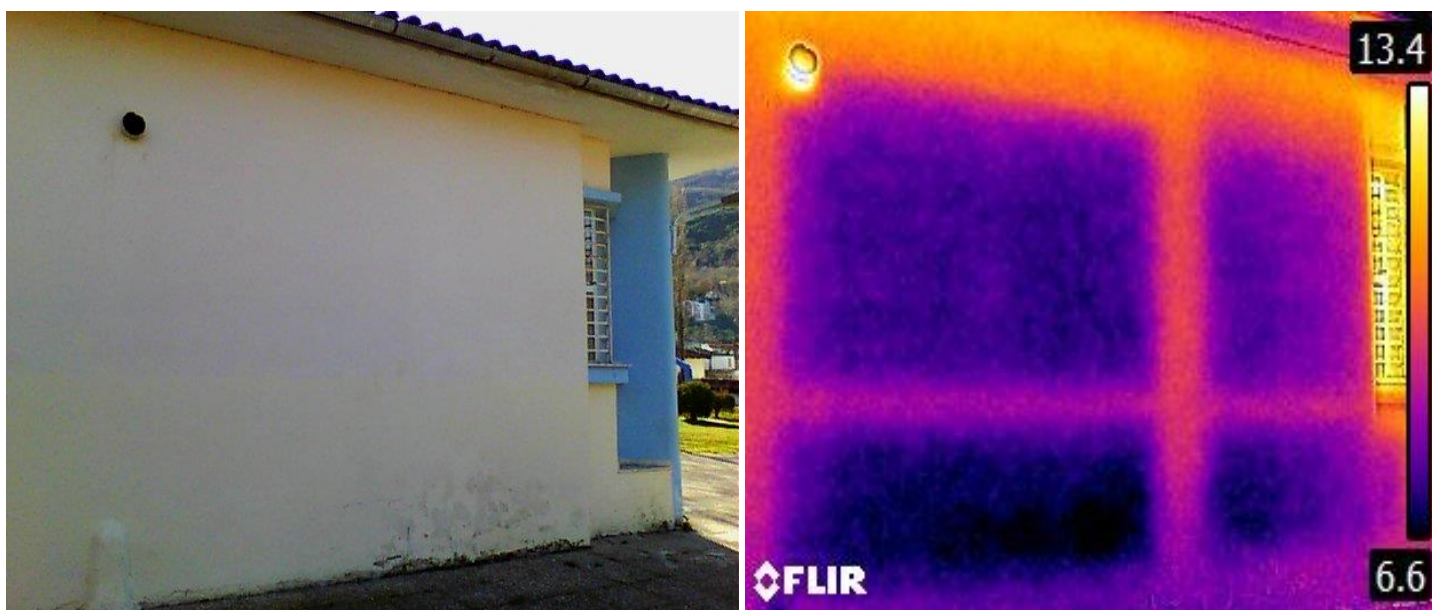
Μολονότι η κατασκευή του ολοκληρώθηκε το 1999, το κτίσμα είναι σχεδόν αμόνωντο. Το κέλυφος του κτιρίου είναι κατασκευασμένο με τοιχοποιία συνολικού πάχους 25 cm. Η οροφή του κτιρίου καλύπτεται από κεραμοσκεπή χωρίς μόνωση. Τα δάπεδα δε φέρουν θερμομόνωση. Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση διαπιστώθηκαν φθορές στα εξωτερικά δομικά στοιχεία λόγω προβλημάτων υγρασίας. Η υγρασία έχει εισχωρήσει σε σημαντικό μέρος της επιφάνειας των επιχρισμάτων με αποτέλεσμα να δημιουργεί θερμογέφυρες ανάμεσα στο εσωτερικό και το εξωτερικό περιβάλλον, αυξάνοντας τις θερμικές απώλειες από το κέλυφος.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) που λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701_1_2010 (πιν.3.4) είναι:

Οπλισμένο Σκυρόδεμα	3,40 W/m²K
Οπτοπλινθοδομή	1,00 W/m²K
Κεραμοσκεπή	3,70 W/m²K
Δάπεδο επί πυλωτής	2,75 W/m²K
Δάπεδο επί μη θερμαινόμενου χώρου	2,00 W/m²K

Δάπεδο επί εδάφους

3,10 W/m²K





Εικόνα 7 : Θερμογράφιση Δομικών Στοιχείων

Ανοίγματα

Σημαντικό ποσοστό του κελύφους του κτιρίου αποτελείται από ανοίγματα. Τα ανοίγματα είναι μεταλλικά συρόμενα κουφώματα διπλού υαλοπίνακα με διάκενο 6 mm. Στα παλαιού τύπου κουφώματα οφείλεται σημαντικό μέρος των κτιριακών θερμικών απωλειών. Ο συχνός ανεξέλεγκτος φυσικός αερισμός, που είναι απαραίτητος για την ανανέωση του αέρα στους χώρους του σχολείου και το γεγονός πως οι κεντρικοί είσοδοι ανοιγοκλείνουν αρκετές φορές καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας, συντείνουν στη διάγκωση των θερμικών απωλειών.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας (U value) λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς για τα δομικά στοιχεία του κτιρίου σύμφωνα με την TOTEE 20701_1_2010 (πιν.3.12). Ο συντελεστής θερμοδιαπεροτότητας των κουφωμάτων είναι $4.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

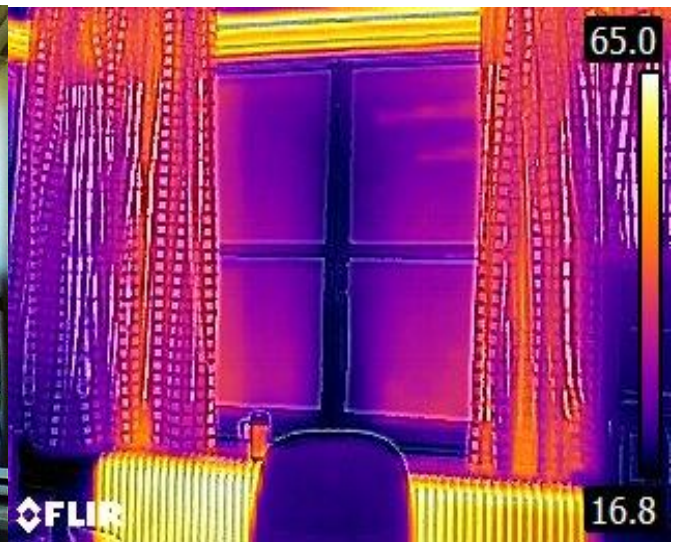
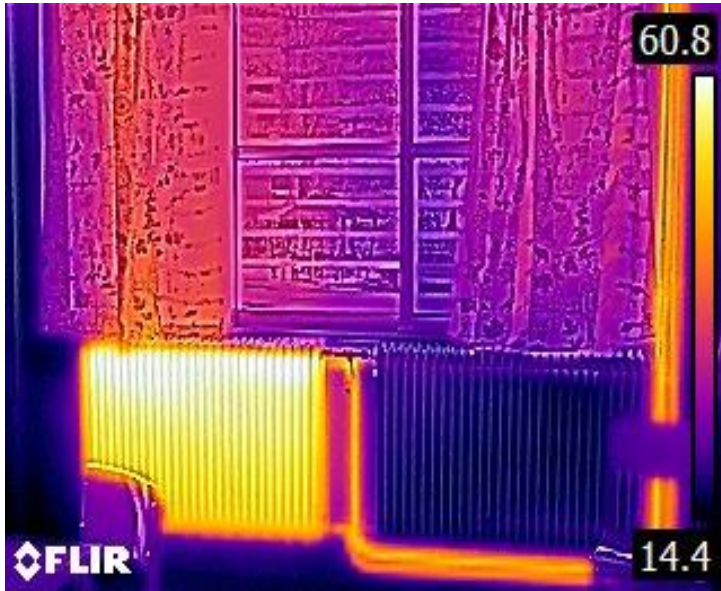
Η διείσδυση του αέρα από χαραμάδες για τα παράθυρα και για τις πόρτες λαμβάνεται από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 (πίνακας 3.26). Συνολικά προκύπτει ότι η διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες ισούται με: **784.83 m³/h.**



Εικόνα 8 : Τυπικό παράθυρο κτιρίου



Εικόνα 8 : Τυπική πόρτα κτιρίου



Θέρμανση

Για τη θέρμανση του κτιριακού συγκροτήματος χρησιμοποιείται λέβητας - καυστήρας πετρελαίου. Βρίσκεται εγκατεστημένος σε ειδικό χώρο στο ισόγειο και έχει συνολική ονομαστική ισχύ 232 kW.



Εικόνα 10: Λέβητας Πετρελαίου

Τα αποτελέσματα των επιτόπιων μετρήσεων για την απόδοση της καύσης καταδεικνύουν τον χαμηλό βαθμό απόδοσης του λέβητα. Η οπτική επιθεώρηση επιβεβαίωσε την κακή κατάσταση των εγκαταστάσεων, η οποία ήταν αναμενόμενη δεδομένης της παλαιότητάς του.

Στα παραπάνω χρειάζεται να συνυπολογιστεί η χρήση ενεργοβόρων βοηθητικών συστημάτων όπως είναι οι κυκλοφορητές και η κατεστραμμένη θερμομόνωση στο περίβλημά του. Δεν προξενεί εντύπωση, επομένως, η κατανάλωση τεράστιων ποσοτήτων καυσίμου για την κάλυψη των υψηλών απαιτήσεων θέρμανσης, προκειμένου να επιτυγχάνεται η επιθυμητή θερμική άνεση. Όλα τα παραπάνω εξηγούν τις υψηλότερες λειτουργικές δαπάνες του κτιρίου.

Το δίκτυο διανομής του ζεστού νερού ξεκινάει από το ισόγειο όπου βρίσκεται το λεβητοστάσιο και διανέμει με οριζόντιες και κατακόρυφες στήλες στα θερμαντικά σώματα με δισωλήνιο σύστημα. Το δίκτυο διανομής βρίσκεται εκτός ισορροπίας, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές θερμοκρασίας από τον έναν όροφο στον επόμενο, ακόμα και μεταξύ αιθουσών του ίδιου ορόφου. Ως προς τη μόνωση του δικτύου, υπάρχουν αμόνωτες σωληνώσεις και ως εκ τούτου οι απώλειες είναι σημαντικές. Η

διανομή γίνεται με συνολικά δύο κυκλοφορητές χωρίς αυτοματισμό ρύθμισης στροφών ή αντιστάθμιση φορτίου.



Εικόνα 11: Κυκλοφορητές

Οι τερματικές μονάδες εκπομπής του συστήματος είναι χαλύβδινα σώματα καλοριφέρ τύπου ΑΚΑΝ άμεσης απόδοσης. Η απόδοση των θερμαντικών σωμάτων όπως προκύπτει από την ΤΟΤΕΕ 20701_1_2010 (παρ. 4.4.2) είναι 0.864.



Εικόνα 12: Τυπικές τερματικές μονάδες

Σύστημα Ψύξης

Το σχολικό κτίριο δε διαθέτει κεντρικό σύστημα ψύξης. Τους θερινούς μήνες που αναπτύσσονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες το σχολείο είναι εκτός λειτουργίας. Συνεπώς, στο υπό εξέταση κτίριο δεν υπάρχει ανάγκη κάλυψης ψυκτικών φορτίων. Χάριν υπολογισμών θεωρείται ότι το κτίριο ψύχεται και το σύστημα ψύξης θα έχει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντίστοιχου κτηρίου αναφοράς, όπως ορίζονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701- 1/2017 (παράγραφος 4.2.1) και στον Κ.Εν.Α.Κ.

Αερισμός

Ο αερισμός των χώρων γίνεται με φυσικό τρόπο δια μέσω των ανοιγμάτων. Ο συνολικός χρόνος που εκτιμάται ότι γίνεται φυσικός αερισμός είναι αντίστοιχος με το χρόνο λειτουργίας του.

Εκτός του αερισμού λόγω χαραμάδων, οι θερμικές απώλειες επιβαρύνονται από τον αερισμό που οφείλεται στη συμπεριφορά των χρηστών (εκπαιδευτικοί, μαθητές και επισκέπτες). Η απουσία κεντρικού συστήματος μηχανικής προσαγωγής νωπού αέρα στους χώρους του σχολικού κτιρίου, καθιστά αναγκαίο τον ανεξέλεγκτο φυσικό αερισμό του χώρων κατά τρόπο μη δόκιμο είτε ενεργειακά είτε οικονομικά. Επιπρόσθετα, οι κεντρικές εισοδοί προς τον προαύλιο χώρο ανοιγοκλείνουν συχνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αναντίρρητα, από τα παραπάνω προκύπτει σημαντική απώλεια ενέργειας η οποία όμως δεν αποτυπώνεται στο λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ. Ο υπολογισμός των απωλειών αυτών απαιτεί περαιτέρω ανάλυση με χρήση διαφορετικού λογισμικού και ξεφεύγει από τα πλαίσια της συγκεκριμένης προμελέτης. Αναφέρεται, ωστόσο, ως υπαρκτό δεδομένο.

Φωτισμός

Φυσικός φωτισμός

Καθώς το κτίριο διαθέτει σημαντικό ποσοστό ανοιγμάτων, σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό του, ο φυσικός φωτισμός, τις περισσότερες ώρες της ημέρας, κρίνεται επαρκής ώστε να καλύψει τις ανάγκες έντασης φωτισμού 200lux – 500lux.

Τεχνητός φωτισμός

Η κάλυψη των αναγκών φωτισμού επιτυγχάνεται ως επί το πλείστον με λαμπτήρες και φωτιστικά φθορισμού και σε μικρό ποσοστό με λαμπτήρες πυρακτώσεως. Τα φωτιστικά σώματα είναι ικανοποιητικά ως προς την ποσότητα, γεγονός που δεν ισχύει σε ό,τι αφορά την αποδοτικότητά τους. Σύμφωνα με τις πραγματοποιηθείσες μετρήσεις, ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής για να εξασφαλίσει την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού κατά τις περισσότερες ώρες τις ημέρας. Για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένο, να τοποθετηθούν αυτοματισμοί φυσικού φωτισμού.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων ανά τύπο λαμπτήρων και ο χώρος που είναι εγκατεστημένα.

Πίνακας 11: Καταγραφή φωτιστικών σωμάτων

Φωτιστικά σώματα				
Χώρος	Αριθμός	ισχύς (W)	τύπος	Συνολική Ισχύς (W)
ΙΣΟΓΕΙΟ				
ΑΙΘΟΥΣΑ 1	18	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	648
ΑΙΘΟΥΣΑ 2	12	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	432
ΑΙΘΟΥΣΑ 3	18	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	648
ΑΙΘΟΥΣΑ 4	18	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	648
ΑΙΘΟΥΣΑ 5	24	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	864
ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΩΝ	12	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	432
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	12	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	432
ΣΑΛΑ (ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ)	12	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	432
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΑΙΘΟΥΣΩΝ	10	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	360
ΚΥΛΙΚΕΙΟ	8	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	288
ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΩΝ	7	25	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	175
ΛΕΒΗΤΟΣΤΑΣΙΟ	8	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	288
ΑΠΟΘΗΚΗ	8	36	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	288
WC ΑΜΕΑ	2	25	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	50
WC ΔΙΔΑΣΚΑΛΩΝ	6	25	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	150
WC / ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ	5	25	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	125
WC / ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ ΑΓΟΡΙΩΝ	7	25	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	175
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (kW)				6.44

Υπολογισμοί Μεγεθών Υφιστάμενης κατάστασης

Η θερμική συμπεριφορά των κτιρίων προσομοιώθηκε με χρήση του λογισμικού TEE – KENAK. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα για τις ειδικές καταναλώσεις ενέργειας (kWh/m²), όπως :

1. Απαιτούμενα φορτία για θέρμανση και ψύξη.
2. Ετήσια τελική ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²), συνολική και ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός), ανά μορφή χρησιμοποιούμενης ενέργειας (ηλεκτρισμός, πετρέλαιο κ.α.).
3. Ετήσια ανηγμένη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m²) ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, αερισμός, ΖΝΧ, φωτισμός) και αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και έκλυση αερίων ρύπων, σύμφωνα με το Κ.Εν.Α.Κ και την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010 (παράγραφος 1.2) είναι οι εξής:

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας
Φυσικό αέριο	1,05	0,196

Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	--
Τηλεθέρμανση από Δ.Ε.Η.	0,70	0,347

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

Στα αποτελέσματα συγκρίνονται οι ενεργειακές απαιτήσεις και η κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση με τις αντίστοιχες τιμές του κτιρίου αναφοράς. Το κτίριο αναφοράς σύμφωνα με την παράγραφο 3 του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. είναι : «*Το κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με τα εξεταζόμενα κτίρια. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.*». Το κτίριο αναφοράς δεν είναι τίποτε άλλο παρά το μέτρο σύγκρισης για την ενεργειακή κατάταξη του υπό μελέτη κτιρίου.

Θερμικές Απώλειες

Οι θερμικές απώλειες υπολογίζονται για συγκεκριμένη μέση εσωτερική θερμοκρασία για την περίοδο θέρμανσης (Νοέμβριος-Απρίλιος). Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση υπολογίζονται οι συνολικές απώλειες προς το περιβάλλον μέσω μεταφοράς θερμότητας και αερισμού και αφαιρούνται τα θερμικά κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία, τους χρήστες και τις συσκευές. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι θερμικές απώλειες, τα θερμικά κέρδη και οι συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης:

Πίνακας 12: Ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση (σε kWh/m²)

Ενεργειακές απαιτήσεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτίριο	31.5	14.6	9.2	3.3	0.9	8.2	27.9	95.6
Κτίριο αναφοράς	11.7	7.3	2.9	0.7	0.1	2.2	9.8	34.6

Κατανάλωση Κτιρίου για Θέρμανση

Η ποσότητα θερμότητας που αποδίδεται στον χώρο δια μέσω των τερματικών μονάδων, όπως υπολογίστηκε από την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε παραπάνω και με βάση τα χαρακτηριστικά του συστήματος θέρμανσης δίνεται παρακάτω.

Πίνακας 13: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (σε kWh/m²).

Κατανάλωση ενέργειας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτίριο	69.2	32.4	20.8	7.9	2.6	18.7	61.2	212.8
Κτίριο αναφοράς	17.4	11.1	4.8	1.7	0.8	3.8	14.7	54.3

Είναι προφανές ότι η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη θερμότητα για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου και τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας, όπως αυτή προσδιορίζεται από τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Εύλογα, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η απόδοση του συστήματος θέρμανσης είναι κάθε άλλο παρά βέλτιστη. Εξάλλου, είναι εξαιρετικά πιθανό η χρήση του συστήματος θέρμανσης να μην είναι η ενδεδειγμένη (άνοιγμα παραθύρων ταυτόχρονα με λειτουργία της θέρμανσης, ρύθμιση του θερμοστάτη σε υψηλή εσωτερική θερμοκρασία κ.α.).

Ψυκτικά Φορτία Κτιρίου

Τα ψυκτικά φορτία του κτιρίου αφορούν αποκλειστικά τον μήνα Σεπτέμβριο οπότε εμφανίζονται ανάγκες για ψύξη του χώρου, καθώς το σχολικό συγκρότημα παραμένει κλειστό τους θερινούς μήνες. Κατά συνέπεια, η ψύξη δεν επηρεάζει άμεσα, ούτε σε μεγάλο βαθμό την ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου ή τις πραγματικές ενεργειακές καταναλώσεις.

Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας για φωτισμό

Όπως προαναφέρθηκε, ο φωτισμός καλύπτεται, κυρίως, από λαμπτήρες φθορισμού και λιγότερο από λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό :

Πίνακας 14: Κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό (σε kWh/m²).

Κατανάλωση ενέργειας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Υφιστάμενο κτίριο	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	1.7	1.7	15.0
Κτίριο αναφοράς	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	1.8	1.8	16.0

Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας

Στους πίνακες που ακολουθούν, παρουσιάζεται η κατανάλωση τελικής ενέργειας στους τομείς της θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (πετρέλαιο και ηλεκτρική ενέργεια).

Πίνακας 15: Ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση, ψύξη & φωτισμό

	kWh/m ²
Θέρμανση	244.0
Ψύξη	3.5
Φωτισμός	43.4
Σύνολο	290.9

Πίνακας 16: Ετήσια κατανάλωση καυσίμων για θέρμανση – ψύξη - φωτισμό

	kWh/m ²
Για ηλεκτρισμό	21.7
Πετρέλαιο	207.4
Σύνολο	229.0

Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία του κτιρίου έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή στην ατμόσφαιρα σημαντικών ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Οι συντελεστές για τον υπολογισμό των εκπομπών CO₂ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 17: Συντελεστές εκπομπών CO₂

	Kg CO ₂ / kWh _{th}	Kg CO ₂ / kWh _e
Πετρέλαιο	0.264	-
Ηλεκτρική ενέργεια	-	0.989

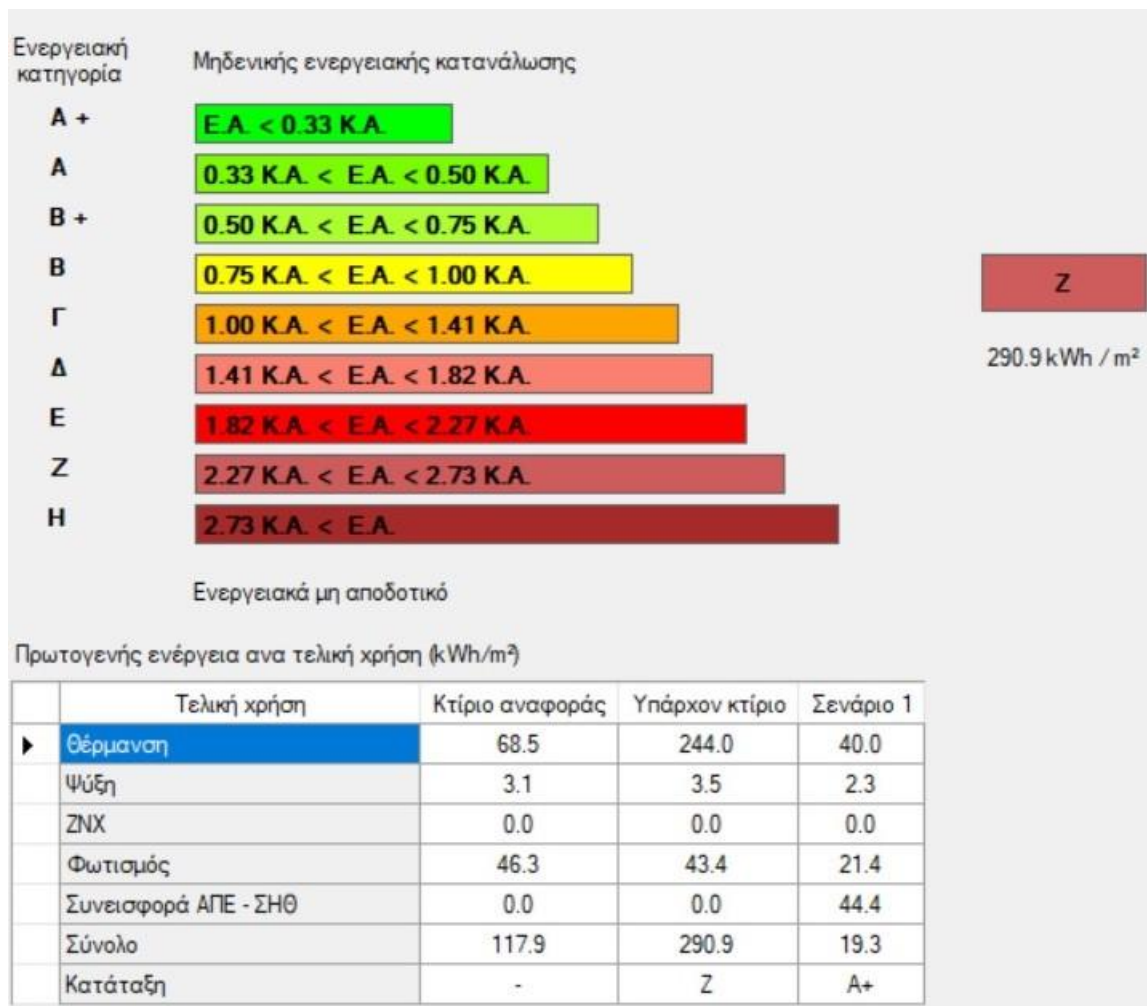
Οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται ακολούθως, αναμένεται να μειώσουν δραστικά την καταναλισκόμενη πρωτογενή ενέργεια, μειώνοντας - αντίστοιχα - το ετήσιο λειτουργικό κόστος. Ανάλογη μείωση αναμένεται να υποστούν οι εκλυόμενες εκπομπές CO₂. Σε αντιστοιχία με την καταναλισκόμενη ενέργεια για την κάλυψη του συνόλου των κτιριακών αναγκών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, υπολογίζονται οι εκπομπές CO₂, οι οποίες αποτυπώνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 18: Εκπομπές CO₂ (kg/m²)

	Kg/m ²
Ηλεκτρισμός	21.5
Πετρέλαιο	54.8
Σύνολο	76.2

Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου

Η κατάταξη του συμβατικού κτιρίου, ως προς το κτίριο αναφοράς, όπως υπολογίζεται από το υπολογιστικό πρόγραμμα KENAK nr 1.31, είναι **Z**, η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση είναι **290.9 kWh/m²**, ενώ του κτιρίου αναφοράς είναι **117.9 kWh/m²**.



Εικόνα 13 : Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίου

Σχόλια – Παρατηρήσεις

Οι διαπιστώσεις που προκύπτουν από τις επιτόπιες επιθεωρήσεις, τις συνεντεύξεις των υπευθύνων, τα τιμολόγια ενεργειακών καταναλώσεων και την εισαγωγή των δεδομένων στο πρόγραμμα ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ επικεντρώνονται - κατά κύριο λόγο - στην ανάγκη μείωσης των ενεργειακών καταναλώσεων για τη θέρμανση, και το φωτισμό των κτιριακών εγκαταστάσεων. Σημαντική παράμετρος αποτελεί η απουσία θερμομόνωσης του κελύφους και της στέγης, η οποία συνεπάγεται την ύπαρξη σημαντικών θερμικών απωλειών λόγω της ύπαρξης θερμογεφυρών. Στα προβλήματα που εντοπίζονται θα πρέπει να

συμπεριληφθεί η έλλειψη διατάξεων αυτονομίας και αντιστάθμισης, που έχουν σαν αποτέλεσμα την προβληματική λειτουργία του συστήματος διανομής.

ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Γενικά

Από την παραπάνω ενεργειακή ανάλυση, προκύπτει εύλογα το συμπέρασμα ότι απαιτούνται δραστικές επεμβάσεις τόσο στο κέλυφος όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτιρίου. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και οι τεχνολογίες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, οι οποίες δύναται να αποφέρουν ουσιαστική μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου του Δημοτικού Σχολείου Στομίου και κατ' επέκταση στο λειτουργικό του κόστος.

Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν αφορούν στη μείωση των θερμικών απωλειών με την προσθήκη θερμομόνωσης στη στέγη και στο κέλυφος, την εγκατάσταση νέου συστήματος θέρμανσης, την εγκατάσταση φωτιστικών σωμάτων τύπου LED με ταυτόχρονη χρήση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος και, τέλος την εφαρμογή λογισμικού συστήματος καταγραφής και ανάλυσης δεδομένων (BEMS), με σκοπό την καταγραφή, παρακολούθηση και ορθολογική διαχείριση των ενεργειακών αναγκών του σχολικού κτιρίου.

Πιο συγκεκριμένα, προτείνονται οι παρεμβάσεις:

- Τοποθέτηση θερμομόνωσης κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη με επίστρωση θερμομονωτικών πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης συνολικού πάχους 10 cm.
- Τοποθέτηση συστήματος θερμομόνωσης περιμετρικά του κτιρίου με πλάκες πετροβάμβακα συνολικού πάχους 8 cm.
- Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα θερμοδιακοπτόμενα μεταλλικά με διπλό υαλοπίνακα με συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας $U_w < 2 \text{ W/m}^2\text{k}$.
- Εγκατάσταση συστοιχίας αντλιών θερμότητας αέρος-νερού συνολικής ονομαστικής ισχύος 64,8 KW με δύο θερμοδοχεία χωρητικότητας 500 lt το καθένα.
- Αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων από φωτιστικά τύπου LED.
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (BEMS).

Επεμβάσεις στο κέλυφος

Μόνωση κάτω από μη θερμομονωμένη στέγη

Η στέγη του κτιρίου είναι το τμήμα του, που δέχεται στο μεγαλύτερο βαθμό τις αρνητικές επιπτώσεις των καιρικών φαινομένων και όπως αναφέρθηκε είναι αμόνωτη. Η πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του χώρου το χειμώνα και η άνοδος της το καλοκαίρι διαταράσσει τις επικρατούσες συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, προκαλώντας το αίσθημα του ψύχους το χειμώνα και της ζέστης το καλοκαίρι. Με τη θέρμανση του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο επιδιώκεται να αντισταθμιστούν οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μια επιθυμητή θερμοκρασία και να εξασφαλίζεται ένα θερμικά άνετο εσωτερικό κλίμα. Είναι προφανές ότι η θερμική

Θωράκιση της οροφής θα οδηγήσει σε μείωση των απαιτούμενων φορτίων για θέρμανση. Το θερμομονωτικό υλικό που επιλέχθηκε είναι οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης.

Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης χαρακτηρίζονται από την υψηλή και διαρκή θερμομονωτική ιδιότητά τους, τη μηδαμινή υδαταπορροφητικότητα, την υψηλή αντοχή σε συμπίεση και τη σταθερότητα των διαστάσεων τους. Παρουσιάζουν άψογη συμβατότητα με τα οικοδομικά υλικά (τσιμέντο, γύψο, ασβέστη, ανυδρίτη, άμμο) ενώ οι αποφλοιωμένες και με αυλακώσεις / εγκοπές πλάκες προσφέρουν άριστη πρόσφυση σε σκυρόδεμα και επιχρίσματα.

Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης θα τοποθετούν επί της πλάκας σκυροδέματος που εδράζεται η στέγη. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μειωθεί σημαντικά ο όγκος του χώρου που θερμαίνεται και να αποφευχθεί η μετακίνηση του θερμού αέρα λόγω της λειτουργίας της θέρμανσης το χειμώνα στο υψηλότερο σημείο του χώρου κάτω από τον κορφιά της στέγης.

Σε ό,τι αφορά το εξεταζόμενο κτίριο, πρόκειται να τοποθετηθούν στη στέγη πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης συνολικού πάχους 10 cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) για τη στέγη θα μειωθεί από $3.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ σε $0,265 \text{ W/m}^2\text{K}$, τιμή μικρότερη από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή ($U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$) για νέα κτίρια σύμφωνα με τον KENAK για την Γ' κλιματική ζώνη.

Πίνακας 19: Τεχνικά χαρακτηριστικά εξηλασμένης πολυστερίνης

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη τιμή	Μέση τιμή	Μέγιστη τιμή
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	2,5/3/4/5	12
Πυκνότητα	kg/m ³	20	30/35/40/60	80
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,30	0,33/0,34	0,35
Όριο θραύσης	N/mm ²			
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση	N/mm ²	0,15	0,20/0,25/0,30/0,5	0,70
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ_R στους 10°C	W/(mK)	0,025	0,032/0,33	0,035
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-60		75
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρατμών	-	80	100/160/200	200
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C και 80% σχ. υγρασία			<1	

Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2		B1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης στα 125Hz	-			
στα 250Hz	-			
στα 1000Hz	-			
στα 4000Hz	-			
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²			
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος		50	
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγοντες	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	23	28	32

Μόνωση Εξωτερικής Τοιχοποιίας

Η λύση της εξωτερικής θερμομόνωσης προκρίθηκε με τη λογική ότι το κτίριο είναι εντελώς αμόνωτο και αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα υγρασίας. Το κτίριο θερμαίνεται μόλις για ένα οχτάωρο, περίπου, κάθε ημέρα και τα πρωινά από την έναυση του συστήματος θέρμανσης μέχρι την επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι τα εξής:

- Εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας της υπάρχουσας τοιχοποιίας. Με το τρόπο αυτό ο χώρος διατηρεί την θερμοκρασία του μετά την διακοπή της θέρμανσης για κάποιο περαιτέρω χρονικό διάστημα.
- Μείωση των θερμικών απωλειών εξαιτίας των θερμογεφυρών.
- Προστασία της τοιχοποιίας από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα.
- Ταυτόχρονα, όπως προαναφέρθηκε, καλύπτονται οι νέες προδιαγραφές θερμομόνωσης του ΚΕΝΑΚ για το κτιριακό κέλυφος.

Για τη μείωση των θερμικών απωλειών προτείνεται η δημιουργία θερμοπρόσοψης με εξωτερική θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων όλου του κτιρίου από πλάκες πετροβάμβακα. Το συνολικό πάχος του μονωτικού υλικού θα είναι 8 cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$. Με την παρέμβαση αυτή υπολογίζεται πως ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U value) θα μειωθεί για το οπλισμένο

σκυρόδεμα από 3.40 W/m²K σε 0.351 W/m²K και από 2.20 W/m²K σε 0.333 W/m²K για την οπτοπλιθοδομή, είναι τιμές μικρότερες από τη μέγιστη επιτρεπόμενη (U=0,40 W/m²K) σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ για τη Ζώνη

Ειδικότερα, οι πλάκες πετροβάμβακα επιλέγονται για την άριστη ηχομόνωση αλλά και πυραντίσταση που προσφέρουν στο κτίριο. Αξίζει να αναφερθεί ότι στη βάση της εξωτερικής τοιχοποιίας θα δημιουργηθεί μια ζώνη στεγανοποίησης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 8 cm με σκοπό να αποτρέπεται η διείσδυση υγρασίας στο κτιριακό κέλυφος.

Πίνακας 20 : Τεχνικά χαρακτηριστικά πετροβαμβάκα

Ιδιότητες	Μονάδες	Τεχνικά χαρακτηριστικά		
		Ελάχιστη	Μέση τιμή	Μέγιστη
Μηχανικές ιδιότητες				
Πάχος υλικού	cm	2	3-6/8/10/11/16	18
Πυκνότητα	kg/m ³	30	30-40/55/90/100/130	180
Αντοχή στον εφελκυσμό	N/mm ²	0,00012	0,0003/0,002	0,0075
Όριο θραύσης	N/mm ²	0,005	0,02	0,05
Θλιπτική τάση σε 10% βράχυνση				
Ιδιότητες θερμικής προστασίας				
Θερμική αγωγιμότητα λ _R στους 10°C	W/(mK)	0,033	0,0375	0,045
Εύρος χρήσεως min/max	°C	-100		750
Ιδιότητες υγροπροστασίας				
Συντελεστής αντίστασης στη διάχυση υδρα-	-	<1		1
Ποσότητα υγρασίας εξομοίωσης στους 23 °C		<0,1	0,2	1,5
Ιδιότητες πυρασφάλειας				
Κατηγορία πυραντοχής	-	B2	A2	A1
Ακουστικές ιδιότητες				
Βαθμός απορρόφησης	στα	-	0,05	0,14
	στα 250Hz	-	0,34	0,37/0,55
	στα 1000Hz	-	0,92	0,93/0,96
	στα 4000Hz	-	0,92	0,93
Αντίσταση ροής κατά μήκος	kPa s/m ²	5	11/12/15/30	70
Δυναμική ακαμψία	MN/m ³			
Αντοχή στη χρήση				
Αναμενόμενη διάρκεια χρήσης	έτος	30		
Υλικά προστασίας από βιολογικούς παράγο-	-		όχι	
Οικονομικά στοιχεία				
Ποσό πρωτογενούς ενέργειας	kWh/m ³	110	250/450/540/600	660

Αντικατάσταση κουφωμάτων με νέα θερμοδιακοπτόμενα μεταλλικά με διπλό υαλοπίνακα με συνολικό συντελεστή θερμοπερατότητας $U_w < 2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Προτείνεται η αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων από νέα κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλούς ενεργειακούς υαλοπίνακες, έτσι ώστε ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U_w να είναι μικρότερος από 2 W/(m²K).

Ως καθοριστικά στοιχεία διαμόρφωσης των όψεων, τα εξωτερικά κουφώματα συγκεντρώνουν και εξυπηρετούν ποικίλες και ουσιαστικές λειτουργίες του κτιριακού κελύφους (αισθητική, θέα, φυσικό φωτισμό, ασφάλεια, ηχοπροστασία), γεγονός που δημιουργεί ανάλογα ευρύ πεδίο απαιτούμενων ιδιοτήτων, οι οποίες - σε αρκετές περιπτώσεις - εμφανίζονται ως αντικρουόμενες ή ως μεταβαλλόμενες χρονικά κατά τη διάρκεια του 24-ώρου ή των εποχών του έτους. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η εξέταση των εξωτερικών κουφωμάτων με ενεργειακά κριτήρια δεν μπορεί παρά να σχετίζεται με τη συνολική απόδοση του κτιρίου, τις απαιτήσεις των χρηστών και του περιβάλλοντος. Υπό το πρίσμα της εξοικονόμησης ενέργειας, τα εξωτερικά κουφώματα πρέπει :

- Σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν θέρμανση (δηλ. κατά τη χειμερινή περίοδο) να συμβάλλουν στη μείωση των θερμικών απωλειών, με εξασφάλιση δυνατότητας επαρκούς αερισμού των εσωτερικών χώρων και να μεγιστοποιούν τα ηλιακά κέρδη, ώστε να αντισταθμίζονται ή ακόμη και να υπερκαλύπτονται οι θερμικές τους απώλειες.
- Σε κλιματικές συνθήκες που απαιτούν ψύξη (δηλ. κατά τη θερινή περίοδο) να συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση του θερμικού κέρδους και στη συνεπακόλουθη μείωση των ψυκτικών φορτίων, ενώ ταυτόχρονα να εξυπηρετούν την απομάκρυνση της θερμότητας μέσω φυσικού αερισμού και παθητικού δροσισμού.

Το αλουμίνιο, λόγω των μηχανικών ιδιοτήτων του, αλλά και της συμπεριφοράς του στις κλιματολογικές συνθήκες αποτελεί ιδανική λύση για την κατασκευή κουφωμάτων. Αποτελεί το βασικό υλικό στην κατασκευή κουφωμάτων έναντι άλλων υλικών όπως το ξύλο και το πλαστικό. Τα βασικά πλεονεκτήματα των κουφωμάτων αλουμινίου είναι:

- Ανάγκη ελάχιστης συντήρησης. Επιτυγχάνεται με ένα απλό καθαρισμό των κουφωμάτων και ιδιαίτερα των σημείων σύνδεσης των προφίλ. Ο καθαρισμός μπορεί να γίνει με απλό νερό και σφουγγάρι. Ανά 1 μήνα μπορούμε να καθαρίζουμε την εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος. Η μεγαλύτερη συχνότητα καθαρισμού θα πρέπει να είναι ανάλογη των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε περιοχή (περιοχές κοντά σε θάλασσα χρειάζονται συχνότερο καθαρισμό των κουφωμάτων).
- Το αλουμίνιο έχει τη δυνατότητα βαφής. Ακολουθώντας τις σύγχρονες επιταγές διακόσμησης τα προφίλ αλουμινίου μπορούν να έχουν μεγάλη ποικιλία χρωμάτων. Ακόμη με την κατάλληλη επεξεργασία προσφέρονται και σε όλες τις αποχρώσεις του ξύλου για παραδοσιακή εμφάνιση.
- Τα κουφώματα αλουμινίου με τη χρήση κατάλληλων υλικών προσφέρουν μονωτικές ιδιότητες. Με ειδικά σχεδιασμένα συστήματα και υλικά η κατηγορία των θερμομονωτικών κουφωμάτων προσφέρει υψηλούς δείκτες θερμομόνωσης (διατήρηση της επιθυμητής εσωτερικής θερμοκρασίας χειμώνα – καλοκαίρι) και ηχομόνωσης.
- Προσφέρει μεγάλη αντοχή στο χρόνο και τη χρήση συγκριτικά ακόμη με οποιοδήποτε υλικό.
- Ανακυκλώνεται 100%
- Οι απεριόριστες δυνατότητες κατασκευής κουφωμάτων σε οποιοδήποτε μέγεθος και σχήμα (μεγάλα ανοίγματα, τοξωτά κουφώματα κ.α.)

Οι θερμομονωτικές ιδιότητες ενός κουφώματος καθορίζονται τόσο από την ικανότητά του να εμποδίζει το πέρασμα ζεστού ή κρύου αέρα μέσω των αρθρώσεών του (ιδιότητα που αναφέρεται στην αεροστεγανότητα - αεροπερατότητα), όσο και από την ικανότητά του να εμποδίζει τη διάδοση της θερμότητας μέσω των ίδιων των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένο.



Εικόνα 14: Τομή ανοιγόμενου κουφώματος αλουμινίου με θερμοδιακοπή.

Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στη διατήρηση της μορφολογίας και του χρώματος των κουφωμάτων. Το θερμοδιακοπόμενο σύστημα κουφώματος θα έχει λεπτές όψεις φύλλου, μικρό ποσοστό πλαισίου και μεγάλο ποσοστό υάλωσης. Η επιλογή του προφίλ αλουμινίου καθώς και της απόχρωσής του θα γίνει μετά από συνεννόηση με την υπηρεσία. Με αυτό τον τρόπο θα υπάρξει σημαντική μείωση των θερμικών απωλειών και οι χώροι και του κτιρίου θα μπορούν να χαρακτηριστούν από συνθήκες θερμοκρασιακής άνεσης τόσο τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο.

Επεμβάσεις στα Συστήματα του Κτιρίου

Εγκατάσταση συστοιχίας αντλιών θερμότητας αέρος-νερού συνολικής ονομαστικής ισχύος 64,8 KW με δύο θερμοδοχεία χωρητικότητας 500 lt το καθένα.

Σκοπός της προτεινόμενης παρέμβασης είναι η μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και ο περιορισμός των εκπεμπόμενων αερίων ρύπων, χωρίς, ωστόσο, να επηρεαστούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης του κτιρίου.

Προτείνεται η αντικατάσταση του λέβητα πετρελαίου από συστοιχία δύο αντλιών θερμότητας αέρος-νερού συνολικής θερμικής ισχύος 64,8 KW, με SCOP 3,48 και δύο θερμοδοχεία χωρητικότητας 750 lt το καθένα. Η συστοιχία των αντλιών θα εγκατασταθεί στον περιβάλλοντα χώρο, ενώ τα θερμοδοχεία στον υπάρχοντα χώρο του λεβητοστασίου.

Το σύστημα επιλέγει την κατάλληλη συχνότητα λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος σύμφωνα με τη θερμοκρασία του χώρου, δηλ. μεταβάλλει την θερμική απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ανάλογα με τα φορτία του χώρου. Η μονάδα λειτουργεί σε υψηλές συχνότητες όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας χώρου και επιθυμητής, και σε χαμηλές συχνότητες όταν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή. Η αντλία θερμότητας στοχεύει στην οικονομικότερη και αποδοτικότερη κάλυψη των μερικών θερμικών φορτίων που παρατηρούνται στους χώρους αυτούς. Συνεπώς, ανάλογα με το φορτίο που πρέπει να καλυφθεί, μεταβάλλεται η αποδιδόμενη ισχύς από την αντλία θερμότητας και καλύπτονται και οι ανάγκες θέρμανσης του σχολικού συγκροτήματος.

**ΕΡΓΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ ΑΓΙΑΣ
ΕΡΓΟΛΑΒΙΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ ΑΓΙΑΣ
Χρηματοδότηση: ΕΣΠΑ – ΕΤΠΑ / ΠΕΠ Θεσσαλίας 2014-2020 / ΣΑΕ: 2020ΕΠ00610023**

Αξίζει να αναφερθεί ότι θα γίνει χρήση του υφιστάμενου δικτύου τερματικών μονάδων, στον παρακάτω πίνακα αποδεικνύεται πως παρά την αλλαγή της θερμοκρασίας προσαγωγής του ζεστού νερού στα σώματα οι θερμικές απώλειες υπερκαλύπτονται.

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ (WATT)

ΕΠΙΠΕΔΟ: ΙΣΟΓΕΙΟ				ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΣΩΜΑΤΩΝ(KW)	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ(KW)	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
A/A	ΟΝΟΜΑ ΧΩΡΟΥ	ΑΠΩΛΕΙΕΣ (WATT) ΣΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΜΕ 0 °C	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΩΜΑΤΩΝ	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΩΜΑΤΩΝ(WATT) (90-70)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ/ΧΩΡΟ (90-70)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΩΜΑΤΩΝ(WATT) (65-55)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ/ΧΩΡΟ (65-55)
1	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	7403	III/655/28	3256	13024	1890	7560
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
2	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	5153	III/655/28	3256	13024	1890	7560
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
3	ΑΙΘΟΥΣΑ 3	5254	III/655/28	3256	13024	1890	7560
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
4	ΑΙΘΟΥΣΑ 4	4373	III/655/28	3256	8838	1890	5130
			III/655/24	2791		1620	
			III/655/24	2791		1620	
5	ΑΙΘΟΥΣΑ 5	5474	III/655/24	2791	12094	1620	7020
			III/655/24	2791		1620	
			III/655/28	3256		1890	
			III/655/28	3256		1890	
5	ΓΡΑΦΕΙΟ ΔΑΣΚΑΛΩΝ	1994	III/655/28	3256	6512	1890	3780
			III/655/28	3256		1890	
6	ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	1471	III/655/24	2791	5582	1620	3240
			III/655/24	2791		1620	
7	ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ	1304	III/905/24	3628	3628	2116	2116
8	WC ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ	1199	III/905/18	3628	2721	1587	1587
9	ΑΠΟΔΥΤΗΡΙΑ ΑΓΟΡΙΩΝ	2016	III/905/24	3628	3628	2116	2116
10	WC ΑΓΟΡΙΩΝ	1256	III/905/16	2080	2080	1410	2080
11		8727	III/905/22	3326	29422	1939	17153

	ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΟΙ ΧΩΡΟΙ		III/905/22	3326		1939	
			III/905/22	3326		1939	
			III/905/22	3326		1939	
			III/905/22	3326		1939	
			III/905/22	3326		1939	
			II/655/22	1791		1044	
			III/905/22	3326		1939	
			II/655/22	1791		1044	
			III/655/22	2558		1492	
12	ΚΥΛΙΚΕΙΟ	863	II/905/28	2930	2930	1709	1430
13	WC ΔΑΣΚΑΛΩΝ	-	-	-	-	-	-
14	WC ΑΜΕΑ	-	-	-	-	-	-
15	ΑΠΟΘΗΚΗ	-	-	-	-	-	-

Η επιλογή της συστοιχίας αντλιών θερμότητας (Α/Θ) με δύο θερμοδοχεία - σε συνδυασμό με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού - αποτελεί μια ιδιαίτερα καινοτόμο πρόταση, με σκοπό την κατακόρυφη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας για τη θέρμανση του σχολικού κτιρίου. Πιο αναλυτικά, τις μεσημεριανές ώρες που το φωτοβολταϊκό σύστημα βρίσκεται στο “peak” παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι αντλίες θα δουλεύουν με ιδιοκατανάλωση και θα αποθηκεύουν ζεστό νερό στα θερμοδοχεία. Το αποτέλεσμα αυτού του ταυτοχρονισμού είναι ότι, κατά τις πρωινές ώρες, που οι ανάγκες θέρμανσης είναι σημαντικές και η λειτουργία των αντλιών θερμότητας πιο ενεργοβόρα (λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα), θα υπάρχει αποθηκευμένο ζεστό νερό από την προηγούμενη ημέρα, ώστε να καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες χωρίς να απαιτείται η εκκίνηση των Α/Θ. Η άμεση συνέπεια του συνδυασμού των δύο παρεμβάσεων είναι ότι το προτεινόμενο σύστημα θέρμανσης θα εκμεταλλεύεται με το βέλτιστο δυνατό τρόπο την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος και θα δημιουργεί συνθήκες θερμικής άνεσης με το ελάχιστο δυνατό κόστος. Η εγκατάσταση συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS) αναμένεται να εξασφαλίζει υψηλό ταυτοχρονισμό μεταξύ της αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το Φ/Β σύστημα και της αντίστοιχης κατανάλωσης από τη συστοιχία Α/Θ. Άμεση συνέπεια θα είναι η περαιτέρω ελάφρυνση του λειτουργικού ενεργειακού κόστους, από τη μείωση των ειδικών χρεώσεων των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΔΜΗΕ-ΔΕΔΔΗΕ, ΥΚΩ, ΕΤΜΕΑΡ).

Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων από φωτιστικά τύπου LED

Προτείνεται η αντικατάσταση των συμβατικών φωτιστικών σωμάτων φθορίου και πυρακτώσεως από φωτιστικά τύπου LED και η τοποθέτηση αισθητήρων φυσικού φωτισμού, στα πλαίσια της εγκατάστασης συστήματος ενεργειακής διαχείρισης (BEMS), ώστε να αποτρέπεται η άσκοπη χρήση του τεχνητού φωτισμού, κατά τις ώρες που επαρκεί ο φυσικός φωτισμός.

Οι λαμπτήρες LED επιτυγχάνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τους παραδοσιακούς λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού. Για να παράγει φως ένας λαμπτήρας πυρακτώσεως, πρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από το νήμα του και να το θερμάνει σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ χαμηλή απόδοση των λαμπτήρων, αφού πάνω από 98% της ηλεκτρικής ενέργειας χάνεται στο περιβάλλον ως θερμότητα. Για παράδειγμα, ένας λαμπτήρας 100 W παράγει φωτεινή ροή 1700 lumen, δηλαδή περίπου 17 lm/W. Στους λαμπτήρες φθορισμού, ατμοί υδραργύρου στο εσωτερικό του, παράγουν υπεριώδη ακτινοβολία. Το υπεριώδες φως στη συνέχεια απορροφάται από τη φωσφορούχο επίστρωση, παράγοντας ορατό φως.

Αν και η θερμική ενέργεια που παράγεται στους λαμπτήρες φθορισμού είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τους λαμπτήρες πυρακτώσεως, ωστόσο εξακολουθεί να χάνεται ενέργεια στη μετατροπή ορατού

φωτός από υπεριώδες. Η απόδοση κατά μέσο όρο των σύγχρονων λαμπτήρων φθορισμού μικρών διατάξεων (Compact Fluorescent Lamps - CFL) είναι γύρω στα 50 – 67 lm/W. Οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LED) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε σχεδόν μονοχρωματικό φως με τρόπο άμεσο, που δεν συνοδεύεται από σημαντική εκπομπή θερμότητας προς το περιβάλλον. Οι LED προσφέρουν φωτεινή απόδοση συγκρίσιμη με αυτή των λαμπτήρων CFL.

Οι λαμπτήρες LED συνήθως δεν καίγονται, αλλά τείνουν να μειώνουν σταδιακά το φως τους. Σαν χρόνος ζωής ορίζεται το διάστημα μέχρι να φτάσουν στο 70% της αρχικής τους φωτεινής ροής ([75]). Η διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα LED κυμαίνεται από 30000-50000 ώρες, που αντιστοιχούν σε πάνω από 10 χρόνια. Σε κάθε περίπτωση πάντως η διάρκεια ζωής των LED είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των λαμπτήρων πυρακτώσεως (περίπου 1000 ώρες) και τουλάχιστον διπλάσια από των λαμπτήρων φθορισμού (10000-20000 ώρες).

Οι λάμπες LED παρέχουν μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας (από 50% ως 80%), αφού αφενός καταναλώνουν πολύ λιγότερη ηλεκτρική ισχύ από τους συμβατικούς λαμπτήρες και αφετέρου δεν έχουν μεγάλες απώλειες σε θερμότητα. Αυτό έχει πολύ ευεργετικά αποτελέσματα για το περιβάλλον, καθώς ελάττωση των αναγκών για ηλεκτρική ενέργεια σημαίνει λιγότερες ώρες λειτουργίας των μονάδων παραγωγής, οι οποίες επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον με εκπομπές CO₂ και άλλων αέριων ρύπων, ή στην περίπτωση των διάρκειας ζωής της LED. Επιπλέον, λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής τους, οι LED δεν χρειάζονται συχνή αντικατάσταση και έτσι μειώνεται ο συνολικός όγκος των απορριμμάτων. Ένας τρίτος λόγος, που οι LED θεωρούνται ιδιαίτερα φιλικές προς το περιβάλλον, είναι ότι, σε αντίθεση με λαμπτήρες άλλων τεχνολογιών, οι LED δεν περιέχουν ουσίες όπως γυαλί, ίνες υδραργύρου, μόλυβδο και άλλα τοξικά υλικά.

Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος

Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Αναμένεται, δε, να συμβάλλουν ουσιαστικά στην ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών υποδομών του Δημοτικού Σχολείου Στομίου και στη μείωση των εκπομπών CO₂. Προτείνεται να εγκατασταθούν 72 Φ/Β πάνελα στη στέγη, συνολικής ονομαστικής ισχύος 19.80 kWp.

Επιλέγεται η σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Σταθμού στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ με τη μορφή του Ενεργειακού Συμψηφισμού (Net Metering), δεδομένου ότι η ονομαστική ισχύς του σταθμού δεν ξεπερνάει το 100% της συμφωνηθείσας - με το ΔΕΔΔΗΕ - ισχύος.

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

Κατά συνέπεια, το φωτοβολταϊκό σύστημα που πρόκειται να εγκατασταθεί, με συνολική ισχύ 19.80KWp, υπολογίζεται να αποτρέπει ετησίως πάνω από 5.000 τόνους διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.).

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον. Υπενθυμίζεται ότι το φαινόμενο του θερμοκηπίου θεωρείται πια, σε παγκόσμιο αλλά και σε τοπικό επίπεδο, υπεύθυνο – σε πολύ μεγάλο βαθμό – για τις υπερβολικά αυξημένες θερμοκρασίες, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, για την αυξημένη ξηρασία (μείωση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων και των

επιφανειακών νερών), αλλά και για την αύξηση της έντασης καιρικών φαινομένων, όπως οι ξαφνικές και καταστρεπτικές πλημμύρες, κ.α.

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης, επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας.

Εφαρμογή συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίου (BEMS).

Τελευταία, αλλά εξίσου σημαντική, παρέμβαση για τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιριακών υποδομών είναι η εγκατάσταση Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίου (BEMS). Η εγκατάσταση συστήματος BEMS έχει σκοπό την επιτήρηση και τον αυτόματο έλεγχο των ηλεκτρολογικών και μηχανολογικών εγκαταστάσεων, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση παραμέτρων και η ανάλυση δεδομένων του συνόλου των εγκαταστάσεων από ένα κεντρικό σταθμό ελέγχου. Ένα πλήρες σύστημα BEMS παρακολουθεί τις ενεργειακές καταναλώσεις ενός κτιρίου και όταν αυτές ξεπεράσουν προκαθορισμένα όρια ή όταν λειτουργούν πέραν του προκαθορισμένου ωραρίου, τότε το σύστημα επεμβαίνει στην λειτουργία των ενεργοβόρων συστημάτων με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κτιρίου συνολικά. Η αποδοτικότητα της εφαρμογής ενός συστήματος BEMS είναι πια αποδεδειγμένη στην πράξη. Εξάλλου, η πλειονότητα των σύνθετων κτιρίων τριτογενούς τομέα, που κατασκευάζονται τα τελευταία χρόνια, περιλαμβάνουν στις Η/Μ εγκαταστάσεις τους ένα αντίστοιχο σύστημα.

Στο υπό μελέτη κτίριο προτείνεται η εγκατάσταση συστήματος BEMS, το οποίο θα έχει την δυνατότητα παρακολούθησης των ενεργειακών καταναλώσεων, με κύρια αποστολή του, να παρακολουθεί την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου σε βάθος χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα θα αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

Μετρητές ενέργειας

Θα εγκατασταθούν μονοφασικοί ηλεκτρονικοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, τύπου ράγας, στους υφιστάμενους ηλεκτρικούς πίνακες χαμηλής τάσης του κτιρίου για τις κύριες καταναλώσεις του κτιρίου, ώστε να ελέγχονται οι καταναλώσεις και να καταγράφονται οι τιμές τους.

Καταγραφικά μετρήσεων

Σε κάθε όροφο πλησίον των μετρητών ενέργειας, θα εγκατασταθούν, καταγραφικά μετρήσεων ενέργειας, τα οποία θα συλλέγουν τις ενδείξεις των μετρητών και θα τις αποθηκεύουν. Τα καταγραφικά τοποθετούνται είτε εντός των μεταλλικών ερμαριών που προβλέπονται για τους μετρητές ενέργειας είτε εντός ανεξάρτητων μεταλλικών ερμαριών, όταν οι μετρητές εγκαθίστανται εντός των ηλεκτρικών πινάκων.. Για να είναι δυνατή η εξ αποστάσεως συλλογή των δεδομένων και η ρύθμισή των καταγραφικών από το κεντρικό σημείο ελέγχου, τα καταγραφικά επικοινωνούν προς το κεντρικό σύστημα ελέγχου μέσω του δικτύου Ethernet του κτιρίου ή μέσω ασύρματου δικτύου WiFi, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα στον χώρο εγκατάστασης.

Αισθητήρες φυσικού φωτισμού και παρουσίας.

Η χρήση αισθητήρων φυσικού φωτισμού σε διαδρόμους και κοινόχρηστους χώρους αναμένεται να μειώσει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την άσκοπη χρήση του τεχνητού φωτισμού κατά τις ώρες της ημέρας που ο φυσικός φωτισμός επαρκεί. Αντίστοιχα οφέλη αναμένεται να προκύψουν από τη χρήση αισθητήρων παρουσίας.

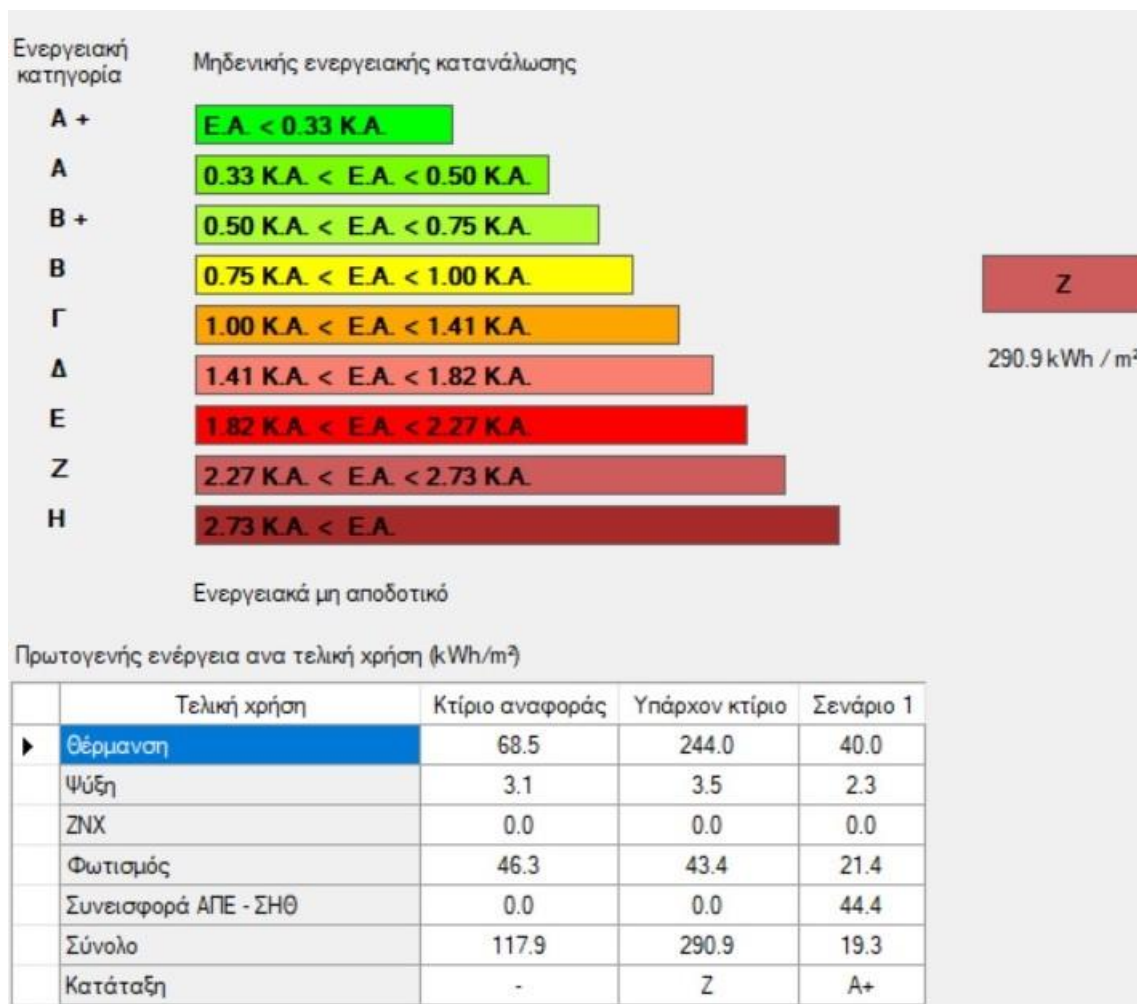
Κεντρικό σύστημα διαχείρισης

Ο τελικός διαχειριστής του συστήματος διαθέτει πρόσβαση στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης, το οποίο θα έχει τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με τα καταγραφικά που θα έχουν εγκατασταθεί στο κτίριο. Για το λόγο αυτό, προβλέπεται κεντρικός server, με κατάλληλο software λογισμικού ενεργειακής παρακολούθησης, hardware και όλο τον απαιτούμενο εξοπλισμό για τη λειτουργία του συστήματος, που θα τοποθετηθεί σε κατάλληλο χώρο εντός του σχολείου. Ο χρήστης θα μπορεί, μέσω υπολογιστή, να μπαίνει στον server σε περιβάλλον web και να έχει πρόσβαση στα ενεργειακά δεδομένα που έχουν καταγραφεί ακόμα και με δυνατότητα ελέγχου σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα θα έχει την δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων, ανάκτησής τους και προβολής τους σε πίνακες ή διαγράμματα ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Θα υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής εξειδικευμένων αναφορών που μπορούν να διαμορφωθούν απόλυτα σύμφωνα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Ακόμη, το σύστημα θα δίνει την δυνατότητα ειδοποιήσεων του χρήστη όταν κάποια ή κάποιες καταναλώσεις ξεπεράσουν ένα προκαθορισμένο όριο. Μέσω προγραμματισμού θα μπορεί ο χρήστης, να ορίσει κάποια φορτία ως μη κρίσιμα και με κατάλληλη μελλοντική προσθήκη εξαρτημάτων (ρελέ), να κλείνει το σύστημα σε μη εργάσιμες μέρες και ώρες ή σύμφωνα με άλλα κριτήρια (μέγιστη ισχύς, εξωτερικές θερμοκρασίες κ.λπ.). Τέλος, ο server θα δίνει την δυνατότητα σύγκρισης μετρήσεων μεταξύ φορτίων, επιβεβαίωσης του ενεργειακού (και οικονομικού) οφέλους όταν εφαρμοστεί κάποιο μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας, δημιουργίας ιστορικής βάσης δεδομένων καθώς και την πρόβλεψη μελλοντικών καταναλώσεων σύμφωνα με τα ήδη αποθηκευμένα δεδομένα με βάση αλγορίθμους που μπορούν να διαμορφωθούν από το χρήστη. Για όλα τα παραπάνω, σημαντικό είναι το λογισμικό να διαθέτει μια δυναμική πλατφόρμα ενεργειακής παρακολούθησης που να απευθύνεται τόσο στον απλό χρήστη όσο και στον εξειδικευμένο τεχνικό. Με τη χρήση του παραπάνω συστήματος BEMS, οποιαδήποτε ενεργειακή σπατάλη εντοπίζεται πολύ εύκολα καθώς το σύστημα καταγράφει τις καταναλώσεις συνεχώς και παντού. Ταυτόχρονα, κάθε αλλαγή της εγκατάστασης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας, μπορεί εύκολα να αξιολογηθεί και να ποσοτικοποιηθεί το όφελός της. Επομένως, με τη χρήση του συστήματος BEMS, η ενεργειακή γνώση του κτιρίου μετατρέπεται σε κανόνες και εντολές διαχείρισης.

Στα πλαίσια της εφαρμογής συστήματος (BEMS) προτείνεται να τοποθετηθεί σε κεντρικό σημείο του σχολείου, πιθανότατα κοντά στην κεντρική είσοδο, σημείο πληροφόρησης του κοινού. Μέσα από οθόνες οπτικής απεικόνισης και γραφήματα θα παρέχεται ενημέρωση στους μαθητές, στο εκπαιδευτικό προσωπικό αλλά και στους επισκέπτες του Δημοτικού Σχολείου Στομίου σχετικά με τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που πραγματοποιήθηκαν, την επιτευχθείσα εξοικονόμηση ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών CO₂ αλλά και την παραγόμενη «πράσινη» ηλεκτρική ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σταθμό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

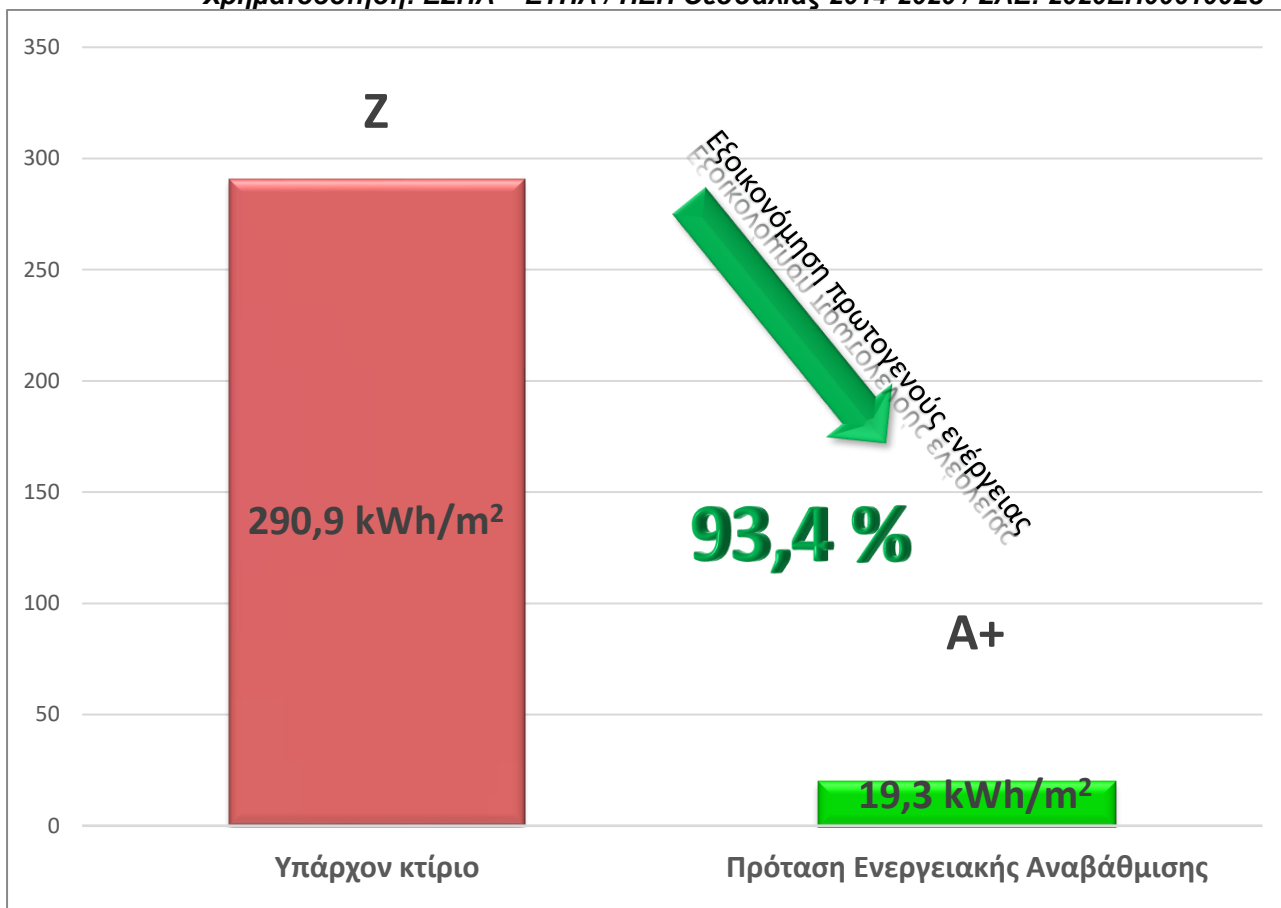
Με τη χρήση του λογισμικού ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ, το σύνολο των προτεινόμενων παρεμβάσεων οδηγεί στην ενεργειακή αναβάθμιση του Δημοτικού Σχολείου Στομίου, κατά επτά κατηγορίες. Αναλυτικότερα, το υφιστάμενο κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία **Z**, με συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας **290.9 kWh/m²**. Με την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων το κτίριο αναμένεται να αναβαθμιστεί στην κατηγορία **A+**, με συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση **19.3 kWh/m²**.



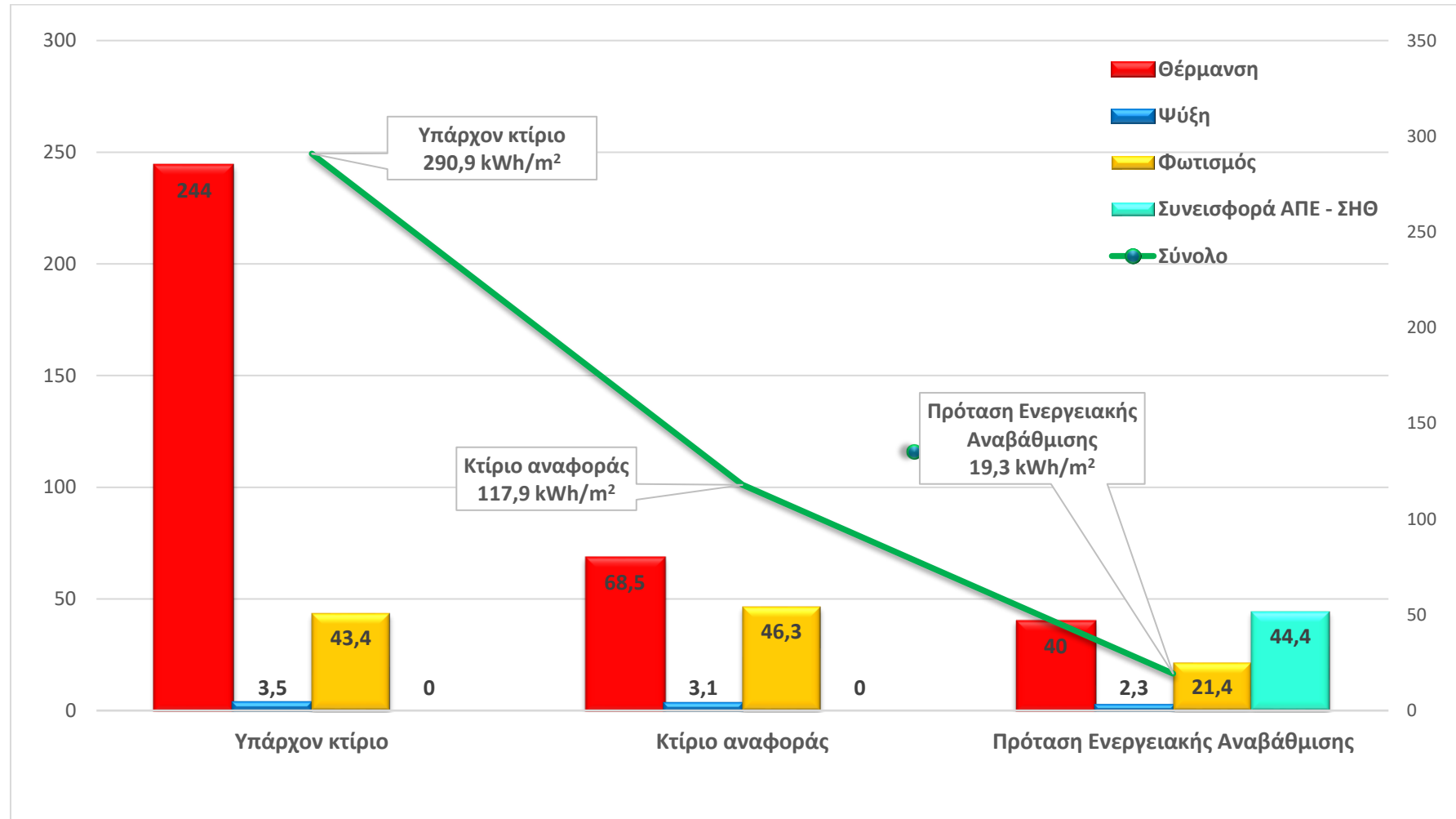
Εικόνα 15: Ενεργειακή Κατάταξη

Στα γραφήματα που ακολουθούν απικονίζεται η εντυπωσιακή εξοικονόμηση ενέργειας, η οποία προκύπτει από την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων.

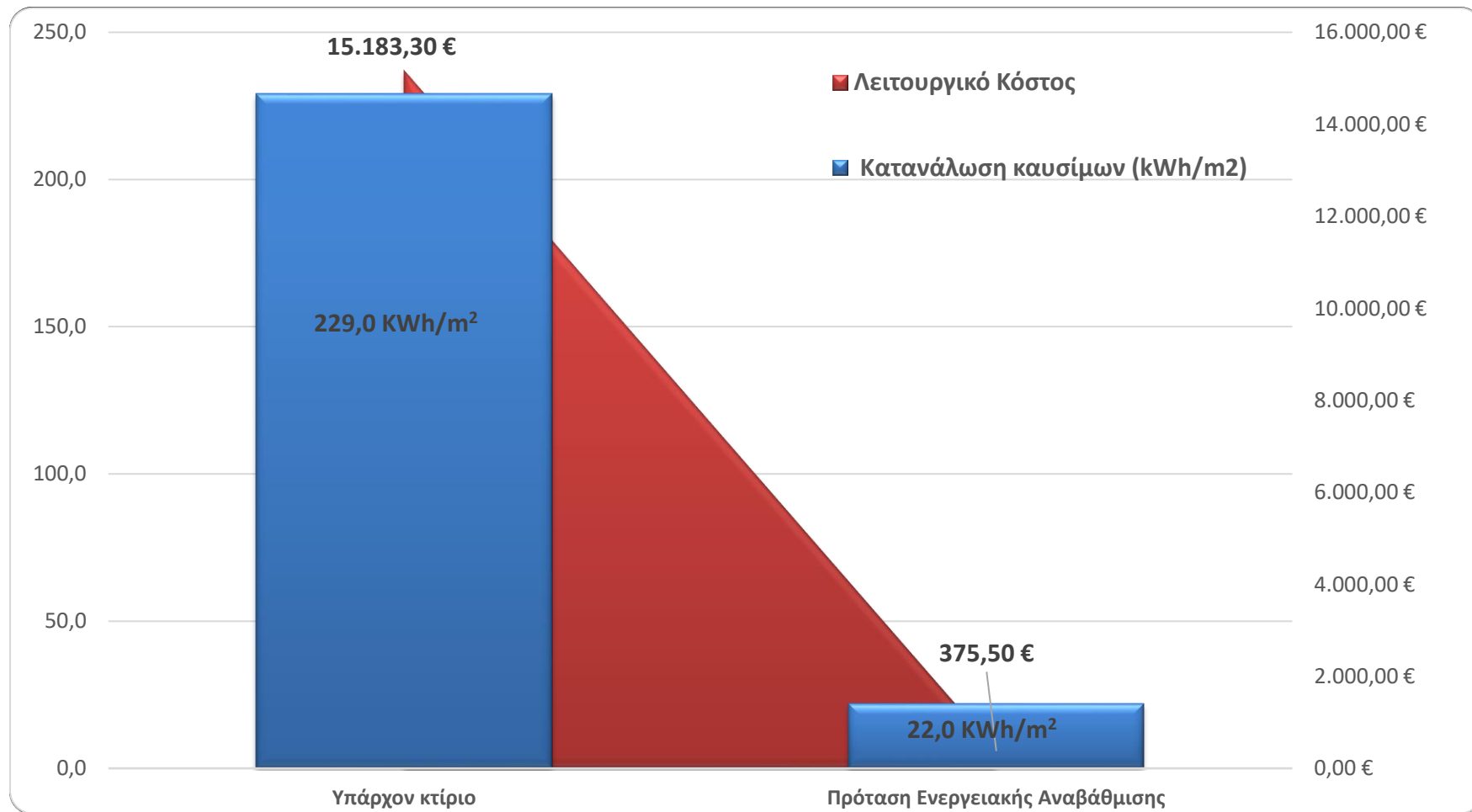
Ενεργειακή Κατάταξη

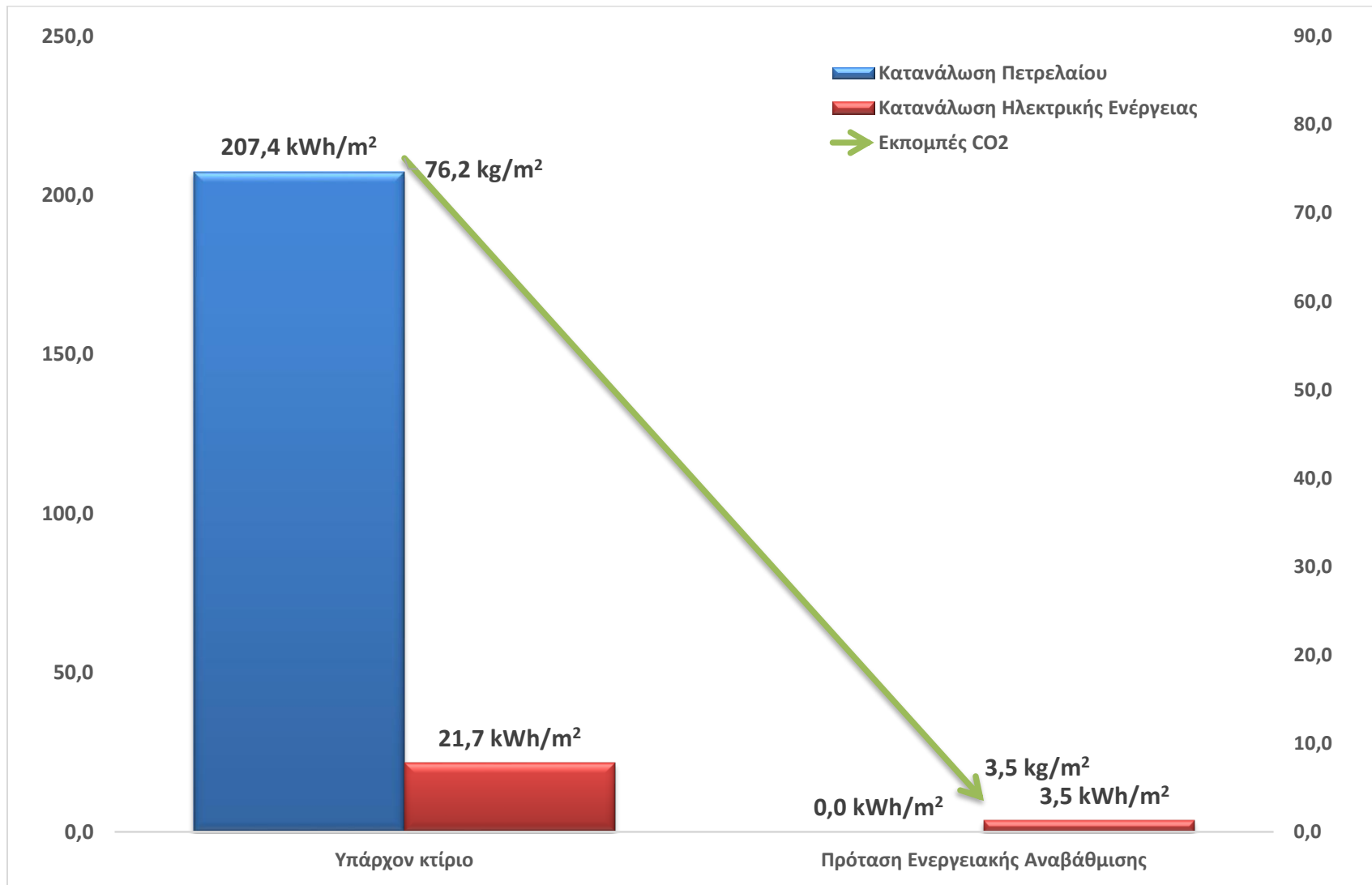


Πρωτογενής Ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m²)



Καταναλώσεις καυσίμων (kWh/m²) σε σχέση με το λειτουργικό κόστος (€)





Η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, σε συνδυασμό με τον εκσυγχρονισμό του συστήματος θέρμανσης μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ποσοστό που ξεπερνά το 95%. Τα ποσοστά εξοικονόμησης είναι εντυπωσιακά, αν ληφθεί υπόψη η χρονολογία κατασκευής του κτιρίου.

Σε γενικές γραμμές, η παρούσα μελέτη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οποιαδήποτε ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, εκτός από τις επεμβάσεις στο κέλυφος, χρειάζεται να περιλαμβάνει την εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικότερων συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού, σε συνδυασμό με τη χρήση διατάξεων αυτοματισμού. Η θερμομόνωση του κτιρίου από μόνη της δεν επαρκεί για την επίτευξη επιθυμητών αποτελεσμάτων σε επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και οικονομικής απόδοσης της επένδυσης.

Από τα γραφήματα που παρουσιάστηκαν, καθίσταται σαφές ότι -πέρα από το αναμενόμενο ενεργειακό και περιβαλλοντικό όφελος - προκύπτουν αξιοσημείωτα οικονομικά οφέλη από τη δραστική μείωση του ενεργειακού κόστους λειτουργίας του σχολικού κτιρίου. Αναντίρρητα, οι ενεργειακές αναβαθμίσεις, όταν αποτελούν προϊόν ολιστικού ενεργειακού σχεδιασμού, δύνανται να προσφέρουν ουσιαστική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του υφιστάμενων κτιρίων και να προσδώσουν χαρακτηριστικά, τα οποία συναντώνται με δυσκολία ακόμη και στα νεόδμητα κτίρια.

Η βελτίωση των συνθηκών άνεσης, μέσα από τις προτεινόμενες παρεμβάσεις, είναι βέβαιο ότι θα συνδράμει στην εξοικείωση των μαθητών, του εκπαιδευτικού προσωπικού αλλά και των επισκεπτών, με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, τη χρήση Α.Π.Ε. και, γενικότερα, με την υιοθέτηση ενεργειακών καταναλωτικών συνηθειών, φιλικών προς το περιβάλλον.

Αγιά, 23/02/2022

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

Ευμορφίας Ντουλούλη

Πολιτικός Μηχανικός

Αθανασία Μπαρτζώκα

Τοπογράφος Μηχανικός