

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος**

Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Ενεργοβόρα Δημόσια Κτίρια και Ενεργειακή Αναβάθμιση
- Η περίπτωση του 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών**

Σταύρος Οικονομόπουλος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σίσσυ Ευθυμιάδου**

Μάιος 2018

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Ενεργοβόρα Δημόσια Κτίρια και Ενεργειακή Αναβάθμιση
- Η περίπτωση του 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών**

Σταύρος Οικονομόπουλος

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σίσσυ Ευθυμιάδου**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικές και Εφαρμοσμένες Επιστήμες του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2018

Περίληψη

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή μελετάει τα ενεργοβόρα δημόσια κτίρια και εστιάζει στην περίπτωση του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών. Αρχικά, παρουσιάζονται ορισμένες πληροφορίες που αφορούν τα δημόσια κτίρια, τα σχολικά κτίρια καθώς και τις ενεργειακές καταναλώσεις που αυτά έχουν. Στη συνέχεια γίνεται περιγραφή του κτιρίου, ενώ αποτυπώνονται τα δεδομένα που προέκυψαν από την ενεργειακή επιθεώρηση στην οποία αυτό υποβλήθηκε. Ακολούθως, παρουσιάζονται οι επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ενσωμάτωσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που υλοποιήθηκαν στο κτίριο του σχολείου.

Επιπλέον, υπολογίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου ύστερα από τις επεμβάσεις που έγιναν και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δεύτερης ενεργειακής επιθεώρησης. Στην συνέχεια, παρατίθεται το ερωτηματολόγιο το οποίο διανεμήθηκε στους δασκάλους και στο διοικητικό προσωπικό του 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών, το οποίο διερευνά το αποτέλεσμα των επεμβάσεων και τις συνήθειες τους που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση. Τέλος, αποτυπώνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο αλλά και τα οικονομικά δεδομένα τόσο πριν την ενεργειακή παρέμβαση, όσο και μετά από αυτήν.

Λέξεις Κλειδιά: *Ενεργοβόρα Δημόσια Κτίρια, Ενεργειακή Αναβάθμιση, Εξοικονόμηση Ενέργειας, Ενεργειακές Καταναλώσεις, Γεωθερμική Ενέργεια*

Abstract

This Master Thesis studies energy-intensive public buildings and focuses on the 5th Primary School of Serres. Initially, some information about public buildings, school buildings, and their energy consumption is presented. The building is then described, while the data from the energy inspection in which it was submitted is captured. Next, there are presented the energy savings and integration of Renewable Energy Sources that took place in the school building.

In addition, the energy consumption of the building is calculated after the interventions that have taken place and the results of the second energy audit are presented. The questionnaire was then distributed to the teachers and the administrative staff of the 5th Primary School of Serres which explores the results of the interventions and their habits related to energy consumption. Finally, the results of the questionnaire and the economic data are recorded both before and after the energy intervention.

Keywords: *Active Public Buildings, Energy Upgrade, Energy Saving, Energy Consumption, Geothermal Energy*

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την Μεταπτυχιακή μου Διατριβή θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στην επιβλέπων καθηγήτριά μου κα. Σίσσυ Ευθυμιάδου για την αμέριστη στήριξη που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της Διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους διδάσκοντες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών για τις γνώσεις και εμπειρίες που μου μετέδωσαν, όπως και τους δασκάλους του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών για τις πληροφορίες και την βοήθεια που μου παρείχαν, μέσω της παροχής δεδομένων που αφορούσαν την ενεργειακή αναβάθμιση του σχολείου. Τέλος, εκφράζω τις ευχαριστίες στην οικογένειά μου για την στήριξη που μου παρείχε και σε αυτό το βήμα των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	7
1 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	9
1.1 Εισαγωγή	9
1.2 Δημόσια κτίρια	10
1.2.1 Τα σχολικά κτίρια	12
1.2.2 Κατηγορίες σχολικών κτιρίων	13
1.3 Ενεργειακή κατάσταση δημόσιων κτιρίων.....	19
1.3.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτιριακός τομέας στην Ελλάδα.....	19
1.3.2 Νομοθετικό πλαίσιο	21
1.4 Ενεργειακή κατανάλωση σχολείων στην Ελλάδα.....	24
1.5 Εξοικονόμηση ενέργειας.....	26
1.5.1 Μόνωση κτιρίου.....	30
1.5.2 Σύστημα θέρμανσης.....	35
1.6 Ιεράρχηση των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτήρια	37
1.7 Επίδραση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στην υγεία των μαθητών	39
1.8 Φωτοβολταϊκά	41
1.9 Καλές πρακτικές σχολείων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης	42
2 Μεθοδολογία	19
2.1 Εισαγωγή – Περιγραφή του κτιρίου.....	19
2.2 Δομικά στοιχεία του κτιρίου	22
2.3 Εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου	23
2.1 Θερμική άνεση	24
2.2 Οπτική άνεση	27
2.4 Ποσοτική έρευνα	28
3 Συμπεράσματα	31
3.1 Εισαγωγή – Γενικές πληροφορίες για την ενεργειακή επιθεώρηση.....	31
3.2 Υπολογισμός των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων πριν τις παρεμβάσεις	36
3.2.1 Θέρμανση	36
3.2.2 Ψύξη	37
3.2.3 Φωτισμός.....	37
3.2.4 Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας.....	38
3.2.5 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου	39

3.2.6	Εκπομπές CO ₂	40
3.3	Επεμβάσεις Αναβάθμισης Εξοικονόμησης Ενέργειας και ενσωμάτωσης ΑΠΕ.....	41
3.3.1	Οφέλη από την ενσωμάτωση ΑΠΕ σε υφιστάμενα σχολικά κτίρια.....	43
3.3.2	Προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος και στο δώμα του κτιρίου.....	45
3.3.3	Αντικατάσταση εξωτερικών κουφωμάτων.....	46
3.3.4	Αντικατάσταση παλαιών φωτιστικών με νέα υψηλής απόδοσης.....	47
3.3.5	Σύζευξη φυσικού φωτισμού.....	48
3.4	Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος θέρμανσης με γεωθερμική αντλία κατακόρυφου εναλλάκτη.....	50
3.4.1	Εδαφική πηγή αντλία θερμότητας.....	50
3.4.2	Αντικατάσταση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης λέβητα-καυστήρα με γεωθερμική αντλία θερμότητας κατακόρυφου εναλλάκτη.....	52
3.4.3	Γεωεναλλάκτης.....	58
3.4.4	Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων με Fan Coils.....	58
3.4.5	Τερματικές μονάδες Fan Coil.....	58
3.4.6	Δίκτυο σωληνώσεων ζεστού νερού.....	59
3.5	Δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση.....	63
3.6	Ερωτηματολόγιο.....	70
3.6.1	Αποτελέσματα ερωτηματολογίου.....	73
3.6.2	Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά τις παρεμβάσεις.....	79
6	Συμπεράσματα προτάσεις.....	82
	Βιβλιογραφία.....	85

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Περιφερειακές Ενότητες ανά κλιματική ζώνη.....	10
Πίνακας 2: Περιγραφή της σκίασης περιμετρικά του κτιρίου	21
Πίνακας 3: Στοιχεία για το κέλυφος του κτιρίου.....	21
Πίνακας 4: Καταγραφή των θερμαντικών σωμάτων του κτιρίου.....	26
Πίνακας 5: Αποτύπωση των φωτιστικών σωμάτων που βρίσκονται στο κτίριο	28
Πίνακας 6: Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου κατά την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.....	37
Πίνακας 7: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για τον φωτισμό.....	38
Πίνακας 8: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση-φωτισμό	39
Πίνακας 9: Μηνιαία και ετήσια συνεισφορά του κτιρίου στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (ποσότητες σε τόνους).....	40
Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα φυσικού φωτισμού	49
Πίνακας 11: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων ύστερα από τις δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης.....	55
Πίνακας 12: Θερμικές απώλειες των χώρων του σχολείου.....	56
Πίνακας 13: Προδιαγραφές θερμομόνωσης δικτύου κεντρικής θέρμανσης	62
Πίνακας 14: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου μετά την προσθήκη θερμομόνωσης	64
Πίνακας 15: Μηνιαία και ετήσια συνεισφορά του κτιρίου στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την ενεργειακή αναβάθμιση	64
Πίνακας 16: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου μετά την αντικατάσταση κουφωμάτων	65
Πίνακας 17: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό	66
Πίνακας 18: Κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενούς ενέργειας που προέρχεται από την θέρμανση και τον φωτισμό.....	67
Πίνακας 19: Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις κτιρίου και πρωτογενούς ενέργεια κτιρίου για το σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία	68
Πίνακας 20: Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις κτιρίου και πρωτογενούς ενέργεια κτιρίου για το σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου και βαθμό απόδοσης 92%.	69
Πίνακας 21. Αρχικός προϋπολογισμός έργου.....	79
Πίνακας 22. Τελικός προϋπολογισμός έργου	80
Πίνακας 23: Κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση-φωτισμό και κόστος ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις	80
Πίνακας 24: Κόστος της παρέμβασης και μείωση του ετήσιου κόστους ενέργειας.....	81

Πίνακας 25: Κόστος της παρέμβασης και μείωση του ετήσιου κόστους ενέργειας.....81

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας θερμαινόμενου χώρου.....	24
Διάγραμμα 2: Φύλο	74
Διάγραμμα 3: Έτη εργασίας στο σχολείο	74
Διάγραμμα 4: Ικανοποίηση από την ενεργειακή αναβάθμιση.....	75
Διάγραμμα 5: Αξιολόγηση παρεμβάσεων.....	76
Διάγραμμα 6: Προφίλ συμπεριφοράς χρηστών.....	77
Διάγραμμα 7: Αντιληπτές χρήσεις ενέργειας	78
Διάγραμμα 8: Διερεύνηση αλλαγής ενεργειακής συμπεριφοράς	79

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Νότια όψη 5 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών.....	19
Εικόνα 2: Ανατολική όψη του 5 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών.....	20
Εικόνα 3: Δορυφορική εικόνα του κτιρίου του 5 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών, Βόρεια- Δυτική όψη	20
Εικόνα 4: Αίθουσα διδασκαλίας Πέμπτης Δημοτικού	22
Εικόνα 5: Τυπικό παράθυρο του κτιρίου που στεγάζει το 5 ^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών ...	23
Εικόνα 6: Λέβητας 5 ^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών	24
Εικόνα 7: Τυπικό θερμαντικό σώμα στο κτήριο	25
Εικόνα 8: Τυπικά φωτιστικά σώματα	28
Εικόνα 9: Κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου αναφοράς	39

Εισαγωγή

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια. Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο εξετάζεται το ζήτημα των δημοσίων χώρων, όπου αρχικά κατηγοριοποιούνται τα κτίρια, ενώ γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στα σχολικά κτίρια. Ακόμη, γίνεται μια προσπάθεια αποτύπωσης της ενεργειακής κατάστασης των δημοσίων κτιρίων, εστιάζοντας στην κατανάλωση ενέργειας αλλά και στην κατανάλωση ενέργειας του κτιριακού τομέα στην Ελλάδα. Επιπρόσθετα, εξετάζεται η ενεργειακή κατανάλωση των σχολείων στην Ελλάδα, ενώ γίνεται αναφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στους τρόπους που αυτή μπορεί να επιτευχθεί στον κτιριακό τομέα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του κτιρίου του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών. Αρχικά, περιγράφεται το κτίριο, ενώ στη συνέχεια αναλύονται τα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Επιπλέον, μελετάται το εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου και παράγοντες που σχετίζονται με αυτό, όπως είναι η θερμική άνεση, η οπτική άνεση, καθώς και η ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Τέλος, περιγράφεται η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών που υπάρχουν εγκατεστημένα στο κτίριο.

Το τρίτο κεφάλαιο πραγματεύεται την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών. Πιο αναλυτικά, αποτυπώνονται οι υπολογισμοί που έχουν γίνει αναφορικά με την θέρμανση, την ψύξη, τον φωτισμό, την συνολική κατανάλωση ενέργειας, την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου, καθώς και τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, πριν από τις παρεμβάσεις.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι επεμβάσεις που έγιναν στο κτίριο του σχολείου και αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και την ενσωμάτωση

Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Πιο αναλυτικά, περιγράφεται η προσθήκη θερμομόνωσης που έγινε στο κέλυφος και στο δώμα του κτιρίου, η αντικατάσταση των εξωτερικών κουφωμάτων, η αντικατάσταση παλαιών φωτιστικών με νέα που διακρίνονται για την υψηλή τους απόδοση και η σύζευξη του φυσικού φωτισμού. Επιπρόσθετα, περιγράφεται η αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος θέρμανσης με γεωθερμική αντλία κατακόρυφου εναλλάκτη, όπου γίνεται αναφορά στην εδαφική πηγή της αντλίας θερμότητας, στον γεωεναλλάκτη, καθώς και στους κατακόρυφους γεωεναλλάκτες. Ακόμη, περιγράφεται η αντικατάσταση των θερμαντικών σωμάτων με Fan Coils, καθώς και η σύνδεση της αντλίας θερμότητας με το υφιστάμενο δίκτυο θέρμανσης.

Το πέμπτο κεφάλαιο εξετάζει την ενεργειακή αναβάθμιση που πραγματοποιήθηκε στο 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας που επιτεύχθηκε. Ειδικότερα, γίνεται υπολογισμός των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων όπως αυτές πραγματοποιούνται μετά τις παρεμβάσεις που έγιναν στο κτίριο, ενώ παρουσιάζεται και η δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο κτίριο. Τέλος παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο που διενεμήθη στους διδάσκοντες και στο διοικητικό προσωπικό, τα αποτελέσματα αυτού και τα οικονομικά δεδομένα των παρεμβάσεων.

Κεφάλαιο 1

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

1.1 Εισαγωγή

Η Ελλάδα είναι μια μεσογειακή χώρα και βρέχεται από την θάλασσα στα ανατολικά, νότια και δυτικά, γεγονός το οποίο επιδρά καθοριστικά στο κλίμα που επικρατεί εντός της χώρας. Πρόκειται ουσιαστικά για εύκρατο μεσογειακό κλίμα, που χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και από θερμά ξηρά καλοκαίρια. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το κλίμα δεν είναι ίδιο σε όλες τις περιοχές της χώρας, αλλά παρουσιάζει διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή.

Λαμβάνοντας υπόψη τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες.

Στον πίνακα 1 κατατάσσονται οι Περιφερειακές Ενότητες ανά κλιματική ζώνη.

Κλιματική ζώνη	Περιφερειακή Ενότητα
Ζώνη Α	Ηράκλειο, Χανιά, Ρέθυμνο, Λασιθί, Κυκλάδες, Δωδεκάνησα, Σάμος, Μεσσηνία, Λακωνία, Αργολίδα, Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Ιθάκη
Ζώνη Β	Κορινθία, Ηλεία, Αχαΐα, Αιτωλοακαρνανία, Φθιώτιδα, Φωκίδα, Βοιωτία, Αττική, Εύβοια, Μαγνησία, Σποράδες, Λέσβος, Χίος, Κέρκυρα, Λευκάδα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Άρτα
Ζώνη Γ	Αρκαδία, Ευρυτανία, Ιωάννινα, Λάρισα, Καρδίτσα, Τρίκαλα, Πιερία, Ημαθία, Πέλλα, Θεσσαλονίκη, Κιλκίς, Χαλκιδική, Σέρρες, Καβάλα, Δράμα, Θάσος, Σαμοθράκη,

	Ξάνθη, Ροδόπη, Έβρος
Ζώνη Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα

Πίνακας 1: Περιφερειακές Ενότητες ανά κλιματική ζώνη

Το κλίμα των περιοχών εντός της κλιματικής ζώνης Α χαρακτηρίζεται γενικά ως εύκρατο μεσογειακό, από το οποίο στους ορεινούς όγκους τείνει να διαφοροποιηθεί παρουσιάζοντας χαρακτηριστικά ηπειρωτικού τύπου. Γενικά, βασικό χαρακτηριστικό του κλίματος είναι η ηπιότητα των κλιματικών μεταβολών, με τα σχολικά κτίρια εντός ζώνης Α να εμφανίζουν αυξημένες ανάγκες για ψύξη και λιγότερες για θέρμανση.

Τα σχολεία που βρίσκονται στη ζώνη Β εμφανίζουν μοιρασμένες τις ανάγκες τους για θέρμανση και ψύξη. Αντίθετα, στις ζώνες Γ και Δ τα σχολικά κτίρια εμφανίζουν αυξημένες ανάγκες για θέρμανση και λιγότερες για ψύξη, αντιμετωπίζοντας σήμερα και τα περισσότερα προβλήματα ως προς την εξεύρεση πόρων για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών (ΚΑΠΕ, 1996).

1.2 Δημόσια κτίρια

Όλα τα κτίρια που χρησιμοποιούνται από το κοινό για κοινωνικές, οικονομικές, εμπορικές, θρησκευτικές, επιστημονικές, εκπαιδευτικές, πολιτιστικές, ψυχαγωγικές ή αθλητικές εκδηλώσεις και δραστηριότητες θεωρούνται δημόσια. Σύμφωνα με την χρήση τους κατηγοριοποιούνται σε κτίρια δημόσιων υπηρεσιών, εγκαταστάσεις άθλησης, εκθεσιακοί χώροι, χώροι διδασκαλίας, εγκαταστάσεις υγείας και πρόνοιας και κτίρια ειδικών χρήσεων όπως ναοί και δικαστήρια. (ΥΠΕΝ)

Τα κτίρια τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως κτίρια του δημοσίου ή του ευρύτερου δημοσίου τομέα, αποτελούν περίπου το 5% των κτιρίων του τριτογενούς τομέα φθάνοντας τις 200.000, ενώ παρουσιάζουν σημαντικά μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην διαφορετική περίοδο κατασκευής τους, αλλά και στις διαφορετικές χρήσεις τις οποίες έχουν κληθεί να καλύψουν κατά καιρούς. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό του δημοσίου τομέα και του ευρύτερου δημοσίου τομέα, όσον αφορά τα κτίρια, είναι το γεγονός

ότι πολλά από αυτά που χρησιμοποιούν είναι νοικιασμένα παρουσιάζοντας διαφορές ως προς την ενεργειακή τους αποδοτικότητα και τα επίπεδα θερμικής άνεσης που παρέχουν στους χρήστες. Ακόμη, ένα χαρακτηριστικό που διαφέρει μεταξύ των διαφόρων κτιρίων του δημοσίου τομέα είναι ο τρόπος λειτουργίας, που διαφοροποιείται ανάλογα με το ωράριο που χρησιμοποιείται το κτίριο, καθώς και ανάλογα με τις διάφορες ανάγκες που υπάρχουν κατά περίπτωση.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες που αναφέρθηκαν καθώς και η ευρύτερη δυσλειτουργία του δημοσίου, συμβάλλουν στην έλλειψη ουσιαστικά στατιστικών που περιγράφουν με λεπτομέρειες την επικρατούσα κατάσταση στα δημόσια κτίρια, καθώς και τις διάφορες τυπολογίες που αυτά εμφανίζουν. Όμως, για να μπορέσουν να αντληθούν αξιόλογα στοιχεία αναφορικά με το κτιριακό δυναμικό του δημοσίου τομέα, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως είναι οι ακόλουθοι:

- Η χρήση, δηλαδή αν τα συγκεκριμένα κτίρια αξιοποιούνται ως γραφεία που στεγάζουν υπηρεσίες του δημοσίου, αν είναι σχολικά κτίρια, αν φιλοξενούν υπηρεσίες υγείας και πρόνοιας. Επίσης, ανάλογα με την χρήση μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε κτίρια για κοινωφελής σκοπούς, όπως είναι τα κτίρια για τον αθλητισμό, τον πολιτισμό κτλ. Επίσης, διακρίνουμε κτίρια που χρησιμοποιούνται για στρατιωτικές εγκαταστάσεις, για φυλακές κτλ.
- Η διαμονή, δηλαδή αν τα κτίρια είναι ιδιόκτητα από το ελληνικό δημόσιο ή αν νοικιάζονται είτε για μικρό είτε για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Η στέγαση, όπου εξετάζεται αν τα δημόσια κτίρια στεγάζουν μία μοναδική υπηρεσία, ή στεγάζουν περισσότερες από μία υπηρεσίες, ή αν πρόκειται για κτίρια πολυκατοικιών και πέρα από τις δημόσιες υπηρεσίες στεγάζουν κατοικίες ή καταστήματα.
- Η παλαιότητα, όπου εξετάζεται η χρονολογία κατασκευής, τα υφιστάμενα συστήματα θέρμανσης αλλά και εγκατεστημένης θερμομόνωσης. Δηλαδή, ουσιαστικά διαπιστώνεται αν έχουν εφαρμοστεί ορισμένοι κανόνες που σχετίζονται με την χρονολογία κατασκευής του κτιρίου.
- Η λειτουργία, η οποία διαφέρει σημαντικά ανά τύπο κτιρίου. Έτσι υπάρχουν κτίρια όπως τα νοσοκομεία, τα αστυνομικά τμήματα και η πυροσβεστική όπου δουλεύουν όλο το 24ωρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επίσης, υπάρχουν ορισμένα κτίρια των οποίων η λειτουργία

παρουσιάζει μεγάλη εποχικότητα, όπως είναι για παράδειγμα τα δασαρχεία που λειτουργούν κατά τους θερινούς μήνες σε αυξημένους ρυθμούς. (DOTSOFT A.E., 2015)

1.2.1 Τα σχολικά κτίρια

Στην Ελλάδα τα δημόσια σχολικά κτίρια ξεπερνούν τις 15.000 και καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Με βάση τα επίσημα στοιχεία του Ελληνικού Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) και του Κέντρου Εκπαιδευτικής Έρευνας (CER), το 38% εξ αυτών είναι νηπιαγωγεία, το 37% είναι δημοτικά σχολεία, το 13% ανήκει στην κατηγορία των γυμνασίων, ενώ το 12% είναι γενικά και επαγγελματικά λύκεια. (Daskalaki & Sermpetzoglou , 2001)

Όσον αφορά τους μαθητές, ο αριθμός τους όπως υπολογίζεται ξεπερνά το 1.600.000, ενώ η συντριπτική πλειοψηφία των σχολικών κτιρίων λειτουργεί κατά τη διάρκεια του πρωινού ωραρίου λειτουργίας, ενώ ορισμένα εξ' αυτών ακολουθούν διευρυμένο ωράριο λειτουργίας. Επιπρόσθετα, στην Αθήνα κυρίως αλλά και σε ορισμένα σχολεία της Θεσσαλονίκης υπάρχουν δύο βάρδιες, πρωινή-απογευματινή, καθώς οι σχολικές αίθουσες δεν επαρκούν για να καλύψουν το σύνολο των αναγκών των μαθητών. Με βάση τα στοιχεία του Υπουργείου Παιδείας υπάρχουν 65.000 αίθουσες διδασκαλίας σε λειτουργία, ενώ οι διαρκείς σχολικές ανάγκες επιβάλλουν την αύξηση του αριθμού των αιθουσών διδασκαλίας κατά ένα ποσοστό της τάξεως του 35%, έτσι ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν οι σχολικές δραστηριότητες. Όπως έχει υπολογιστεί η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κυμαίνεται στις 270.000 MWh. (Κωσταρέλα & Δημούδη , 2006)

Επιπλέον, τα περισσότερα σχολικά κτίρια θεωρούνται απαρχαιωμένα, καθώς έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1964, με την μέση ηλικία των κτιρίων αυτών να υπολογίζεται στα 36,5 χρόνια, ενώ μπορεί να διαπιστωθεί ότι ένα ποσοστό που ξεπερνά το 30% των σχολικών κτιρίων έχει ηλικία που ξεπερνά τα 40 χρόνια. Για τα δημοτικά σχολεία, σχεδόν το 60% έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1975, ενώ ένα ποσοστό σχεδόν 40% του συνόλου των κτιρίων έχει ηλικία μεγαλύτερη από

τα 30 έτη.

Προκειμένου να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες του για θέρμανση, ψύξη, παραγωγή ΖΝΧ και φωτισμού καταναλώνει ενέργεια. Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία από το Ελληνικό Ινστιτούτο Ενεργειακής Ρύθμισης (Hellenic Energy Regulation Institute), ο κεντρικός έλεγχος στον σχεδιασμό των σχολικών κτιρίων παρουσιάζει μια προβληματική όψη. Σε μεγάλο βαθμό η επικρατούσα κατάσταση στο σχολικό απόθεμα κτιρίων μπορεί να κριθεί ως μέτρια, ενεργοβόρα και πολλές φορές ασύμφορη. Πέρα από τα καινούρια σχολικά κτίρια και με εξαίρεση λίγα από τα παλαιά που είναι ανακαινισμένα, η πλειοψηφία των κτηρίων φαίνεται να παρουσιάζει μια εικόνα πρόωρης εγκατάλειψης. Επίσης, χαρακτηριστικά των σχολικών κτιρίων είναι η παλαιότητα των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (H/M) ή η επιλογή ακατάλληλου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, γεγονότα που συντελούν στην μείωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των μονάδων. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η πλειοψηφία των συστημάτων θέρμανσης που είναι εγκατεστημένα σε σχολεία αποτελούνται από κεντρικούς λέβητες με καλοριφέρ, σε ποσοστό που ξεπερνά το 90%. Από την άλλη, σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία ιδιαίτερα χαμηλό είναι το ποσοστό, μη υπερβαίνοντας το 3%, των σχολικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη θέρμανσης, όπως είναι το φυσικό αέριο, ο λιγνίτης, το ξύλο κτλ. (Theodosiou & Ordoumprozanis, 2008) Τέλος, να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και ορισμένες ενδιάμεσες καταστάσεις όπου αξιοποιούνται άλλες πηγές ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση των κλιματιστικών μονάδων που χρησιμοποιείται είτε για θέρμανση, είτε για κλιματισμό, καθώς επίσης και η χρήση ηλεκτρικών σωμάτων θέρμανσης, όπως είναι τα αλογόνα και τα αερόθερμα. (ΚΑΠΕ, 1996)

1.2.2 Κατηγορίες σχολικών κτιρίων

Στην Ελλάδα διαπιστώνουμε ουσιαστικά ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες σχολικών κτιρίων, ανάλογα αφενός με τη δομή τους, αφετέρου δε με το έτος που κατασκευάστηκαν:

- Η πρώτη κατηγορία αφορά τα σχολικά κτίρια που αποτελούν πέτρινες κατασκευές, έχουν ξύλινη στέγη και έχουν κατασκευαστεί πριν από το 1960.
- Η δεύτερη κατηγορία, σχετίζεται με τυπολογίες κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί από μπετό, τούβλα και μεταλλικά κουφώματα τα οποία έχουν κατασκευαστεί μετά από το 1960.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι σχολικές μονάδες που κατασκευάστηκαν πριν από το 1981, δεν είναι μονωμένες τις περισσότερες φορές, ενώ δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στον προσανατολισμό, στον φυσικό φωτισμό, καθώς επίσης και στον αερισμό του κτιρίου. Από την άλλη, κατά την περίοδο ισχύος του Κανονισμού Θερμομόνωσης, δηλαδή την περίοδο 1981-2010, οι σχολικές μονάδες είχαν τυπικές θερμομονώσεις, θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας, όπως και θερμομόνωση οροφών, τα οποία συνιστούν μέρος του κελύφους του κτιρίου. (Δάλλας, 2009)

Μετά το 1962, το ελληνικό κράτος επέδειξε σημαντική διάθεση να προχωρήσει στην κατασκευή εκπαιδευτηρίων, με τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) που ιδρύεται τότε, να προχωράει στην εκπόνηση μελετών πρότυπων σχολικών κτιρίων, τα των οποίων στη συνέχεια είχε την επίβλεψη της κατασκευής τους. Παράλληλα, ιδιωτικά τεχνικά γραφεία ανέλαβαν να εκπονήσουν αρχιτεκτονικές μελέτες για νέα εκπαιδευτήρια που θα κατασκευάζονταν σε ολόκληρη την χώρα.

Ωστόσο, την ίδια περίοδο, τα κτίρια που είτε κατασκευάζονταν, είτε αναμένονταν να κατασκευαστούν δέχθηκαν κριτική από τους γονείς είτε μεμονωμένα, είτε περισσότερο οργανωμένα μέσω των Συλλόγων γονέων και κηδεμόνων, αλλά και ευρύτερα από τις τοπικές κοινωνίες όπου αυτά δημιουργούνταν. Οι σημαντικότερες αντιδράσεις αφορούσαν τα εξής:

- Το γεγονός ότι κατασκευάζονταν σε σημεία τα οποία οι τοπικές κοινωνίες και οι γονείς θεωρούσαν ότι δεν είναι και τα πλέον κατάλληλα.

- Ορισμένα εξ αυτών θεωρούνται μη λειτουργικά εξαιτίας της έλλειψης των χώρων που θα μπορούσαν να ανταποκρίνονται στις σύνθετες ανάγκες των παιδιών.
- Η ύπαρξη κακοτεχνιών.
- Το υψηλό κόστος συντήρησης που προέκυπτε λόγω του τρόπου κατασκευής τους.
- Η δημιουργία γκέτο, όπως έγινε για παράδειγμα το σχολικό συγκρότημα της Γκράβας στην Αθήνα.
- Η ύπαρξη ανακολουθίας με τα διεθνή πρότυπα, όπως ίσχυε για άλλα αντίστοιχα σχολεία.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι ανάγκες για νέα σχολεία και διδακτήρια αυξήθηκαν κατά την διάρκεια των τελευταίων ετών εξαιτίας των νέων απαιτήσεων που διαμορφώθηκαν με το άνοιγμα του σχολείου στο κοινωνικό περιβάλλον. Το άνοιγμα αυτό συντελέστηκε μέσω της εισαγωγής εργαστηρίων εικαστικών στο αναλυτικό πρόγραμμα, μέσω της ενσωμάτωσης των νέων τεχνολογιών, μέσω της κατασκευής και λειτουργίας χώρων εκδηλώσεων, γραφείων των διδασκόντων, βοηθητικών χώρων όπως είναι το κυλικείο, οι αποθήκες εξοπλισμού, οι χώροι συντήρησης και υγιεινής, οι χώροι ψυχαγωγίας, καθώς επίσης και οι χώροι που αφορούν το δημιουργικό παιχνίδι, οι χώροι διαλείμματος, οι εσωτερικοί και εξωτερικοί χώροι, τα γήπεδα που γίνονται οι αθλοπαιδιές κτλ. Ουσιαστικά, τα στοιχεία αυτά που αναφέρθηκαν αποτελούν το ελάχιστο των αναγκαίων προδιαγραφών που υπάρχουν εντός ενός σύγχρονου και ασφαλούς λειτουργικού εκπαιδευτηρίου το οποίο έχει σκοπό να απευθύνεται σε ολόκληρη την ελληνική κοινωνία. (Αξαρχή, Κ., 1995)

Μια τάση που φαίνεται να έκανε την εμφάνισή της τα τελευταία χρόνια σχετίζεται με τα βιοκλιματικά σχολικά κτίρια. Το «πράσινο σχολείο» που να έχει κατασκευαστεί από συστήματα παθητικού ηλιασμού και δροσισμού, το οποίο να είναι ενεργειακά αυτόνομο, χωρίς η δαπάνη ανέγερσης να αποβαίνει υπερβολικά μεγάλη, αλλά και με λογικό κόστος συντήρησης, συνιστά τον στόχο της ελληνικής πολιτείας όπως αυτός εκφράζεται μέσω των Κτιριακών Υποδομών Α.Ε., έτσι ώστε

να επιτευχθεί με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο η ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχόντων σχολικών κτηρίων. (Μέρεση , 2010)

Το 1993, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΑΠΕ) σε συνεργασία με τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) παρουσιάζουν μια μελέτη με θέμα «Τεχνική και οικονομική μελέτη για την αποκατάσταση σχολικών κτιρίων εξοικονόμησης ενέργειας για την βελτίωση των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης», όπου καθιστούν επιτακτική την ανάγκη κατασκευής σχολικών κτιρίων φιλικών προς το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε η καταγραφή και η ταξινόμηση των διαφόρων κατηγοριών και τύπων σχολικών κτιρίων και των χαρακτηριστικών τους τα οποία επηρεάζουν την ενεργειακή τους συμπεριφορά και τις συνθήκες άνεσης εντός του σχολικού κτιρίου. Στα πλαίσια αυτής της μελέτης συγκεντρώθηκε υλικό από όλες βαθμίδες εκπαίδευσης σε πολλές περιοχές της χώρας. Οι περί λειτουργίας των Δημόσιων Σχολείων δεν διαφοροποιούν τις τυπολογίες. Πολλά είναι τα κοινά στοιχεία μεταξύ διαφορετικών τυπολογιών, ως προς την κατασκευή αλλά και τις αναλογίες των αιθουσών. Η διάταξη μπορεί να είναι γραμμική ή σε σχήμα Γ, ή σε κάποιες περιπτώσεις σε σχήμα Π, ενώ είναι κατεξοχήν συμπαγείς με τις αίθουσες διδασκαλίας να βρίσκονται γύρω έναν κεντρικό εσωτερικό χώρο. Τα κτίσματα δεν ξεπερνούν τους τρεις ορόφους, με το σύνολο των αιθουσών να βρίσκεται τοποθετημένο στη νότια πλευρά. (Δάλλας, 2009)

Προκειμένου να μπορέσει να εφαρμοστεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στα σχολικά κτίρια, θα πρέπει να γίνει ο σωστός σχεδιασμός εξ αρχής. Σύμφωνα με νέες μελέτες που αφορούν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και την εφαρμογή του στο σχολικό περιβάλλον, οι νέες τάσεις εστιάζουν στην εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και εξαερισμού, σε όσον το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό. Όμως, πέρα από τα καινούργια κτίρια, σημαντικό πρόβλημα συνιστούν τα υφιστάμενα σχολικά κτίρια, εξαιτίας του γεγονότος ύπαρξης πολλών τυπολογιών κτιρίων, της διαφορετικής παλαιότητα αυτών, του διαφορετικού τρόπου δόμησης. Έτσι για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού για λόγους διευκόλυνσης μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες των υφιστάμενων σχολείων. (Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων , 2008)

Κατηγορία 1η: Τα κτίρια που είναι κατασκευασμένα έως και το 1950

Πρόκειται όπως είδαμε και προηγουμένως για κτίρια ως επί το πλείστον νεοκλασικά, πέτρινα ή κατασκευασμένα την εποχή του μεσοπολέμου, τα οποία είναι συμπαγή και έχουν χοντρές τοιχοποιίες. Τα κτίρια αυτά έχουν κατασκευαστεί από πέτρα ή από τούβλο, έχοντας ζωνάρια, πλάκες από μπετόν, στέγες από μπετόν, είτε στέγες που δεν έχουν μόνωση. Όσον αφορά τα κουφώματα, αυτά είναι σιδερένια και παρουσιάζουν κακή προσαρμογή, ενώ έχουν μονούς υαλοπίνακες.

Κατηγορία 2η: Κτίρια που είναι κατασκευασμένα από το 1950 έως το 1980

Τα κτίρια αυτά έχουν μικρότερο πάχος σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία που αναφέρθηκε προηγουμένως, τα κουφώματα είναι και αυτά σιδερένια, ενώ δεν υπάρχει μόνωση, ούτε στην τοιχοποιία, αλλά ούτε και στην στέγη. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ειδική κατηγορία της περιόδου αυτής αποτελούν τα σχολεία που κατασκευάστηκαν από τη ΜΟΜΑ, τα οποία ήταν προκατασκευασμένα, έχοντας ιδιαίτερα μεγάλη θερμική αδράνεια που οφείλεται στο μπετόν πάχους 50 εκ.

Τα σχολικά κτίρια αυτά, τόσο της πρώτης όσο και της δεύτερης κατηγορίας, είχαν τις περισσότερες φορές γραμμική διάταξη, στην μία πλευρά βρισκόταν ο διάδρομος, και στην άλλη πλευρά βρισκόταν οι σχολικές αίθουσες σε παράταξη. Στα κτίρια αυτά είναι αναγκαία η θερμική άνεση κατά την διάρκεια των πρωινών ωρών, ενώ θα πρέπει να διατηρείται ένα επίπεδο θερμότητας και κατά τη διάρκεια της νύχτας έως τις πρώτες πρωινές ώρες. (Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων, 2008)

Κατηγορία 3η: Κτίρια που έχουν κατασκευαστεί μετά το 1980

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα κτίρια τα οποία όταν χτίστηκαν ίσχυε ο κανονισμός θερμομόνωσης, τα οποία αντιμετωπίζουν τα ακόλουθα προβλήματα:

- Η θερμομόνωση που υπάρχει στα εν λόγω κτίρια φαίνεται να καλύπτει μόνο το 30% περίπου του κελύφους, ενώ στην υπόλοιπη επιφάνεια του κτιρίου διαπιστώνονται θερμογέφυρες, Οι θερμογέφυρες αυτές

σηματίζονται στα διαζώματα, στις πλάκες, στους δοκούς, τα υποστηλώματα, καθώς επίσης και στα προστατευτικά στέγαστρα των κουφωμάτων.

Οι διαφανείς επιφάνειες των συγκεκριμένων κτιρίων είναι ιδιαίτερα μεγάλες και επιβαρύνουν σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, ιδίως όταν είναι επικεντρωμένες προς βόρεια κατεύθυνση. (Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων , 2008)

Παρεμβάσεις για προσέγγιση του βιοκλιματικού σχεδιασμού

Προκειμένου τα κτίρια αυτά να μπορέσουν να προσεγγίσουν όσο το δυνατόν καλύτερα την έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, έχουν γίνει ή θα πρέπει να γίνουν ορισμένες παρεμβάσεις οι οποίες επικεντρώνονται ως επί το πλείστον στα ακόλουθα:

- Εφόσον υπάρχουν υπαίθριοι διάδρομοι, τότε αυτοί θα πρέπει να κλείσουν, έτσι ώστε να υπάρξει άντληση των θερμικών κερδών.
- Όσον αφορά την μόνωση τοιχοποιίας έχει δοθεί έμφαση στα σχολικά κτίρια που κατασκευαστήκαν μεταξύ του 1950 και του 1980 και έχουν χαμηλό πάχος τοιχοποιίας. Στα κτίρια που κατασκευάστηκαν προγενέστερα, το μεγάλο πάχος της τοιχοποιίας συμβάλλει στο να καθυστερούν οι απώλειες και έτσι η κύρια οδός διαφυγής είναι η στέγη των κτιρίων.
- Η μόνωση στέγης συμβάλλει στην μείωση του θερμικού φορτίου κατά 7% περίπου για την Γ' κλιματική ζώνη, κατά 4% για την Β' κλιματική ζώνη, καθώς και κατά 6% για την Α' κλιματική ζώνη.
- Σε όσα σχολεία οι διάδρομοι είναι νότιοι γίνεται προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων, έτσι ώστε να μετατραπούν σε ηλιακούς χώρους, είτε σε όλο τους το μήκος, είτε σε ένα τμήμα αυτών. Αξιοσημείωτη είναι η μείωση των θερμικών φορτίων που επιτυγχάνεται η οποία για την ζώνη Γ' προσεγγίζει το 30%, ενώ για την ζώνη Β' είναι λίγο πάνω από το 8%.
- Μέσω του δροσισμού που γίνεται με αερισμού, επέρχεται μείωση του θερμικού φορτίου στην ζώνη Β' κατά 63% έως και 81%, ενώ για την ζώνη Γ' η μείωση αυτή μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 55% και 79%.

- Μέσω του σκιασμού, επέρχεται μείωση του θερμικού φορτίου στην ζώνη B κατά 20%, ενώ για την ζώνη Α' η μείωση αυτή μπορεί να κυμανθεί μεταξύ 12% και 37%. (Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων , 2008)

1.3 Ενεργειακή κατάσταση δημόσιων κτιρίων

Είναι γεγονός ότι η κατανάλωση ενέργειας συνδέεται με όλες σχεδόν τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Όμως η ενεργειακή κατανάλωση συνδέεται άρρηκτα με την οικολογική ισορροπία του πλανήτη, καθώς οι επιπτώσεις της παραγωγής ενέργειας είναι εμφανείς σε καθημερινό επίπεδο προκαλώντας ρύπανση και υποβάθμιση του περιβάλλοντος. (ΚΑΠΕ , 2014) Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερα τα αναπτυγμένα κράτη στρέφονται στην παραγωγή ενέργειας η οποία θα έχει μικρότερο περιβαλλοντικό κόστος.

Αυτό συμβαίνει καθώς το ενεργειακό πρόβλημα έχει πλέον αναδειχθεί σε παγκόσμιο επίπεδο. Η σημαντικότερη κατανάλωση ενέργειας προέρχεται από τα κτήρια, με ποσοστό περίπου 40%, ύστερα ακολουθούν οι μεταφορές με ένα ποσοστό της τάξεως του 33% και μετά οι βιομηχανίες με ποσοστό 26%. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι περίπου το 33% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από κατοικίες, εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, προκειμένου να καλύψουν ανάγκες τους όπως είναι η θέρμανση, η ψύξη, ο κλιματισμός, ο φωτισμός, καθώς και το ζεστό νερό χρήσης. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο στα αστικά κέντρα που συγκεντρώνεται το 80% του συνολικού πληθυσμού, η ενεργειακή κατανάλωση είναι περίπου 75%. Ακόμη, η παραγωγή ενέργειας είναι υπεύθυνη για το 94% περίπου των ρύπων του διοξειδίου του άνθρακα, εκ των οποίων το 45% προέρχεται από τον κτηριακό τομέα. (Αξαρχλή , Κ., 2009)

1.3.1 Κατανάλωση ενέργειας και κτιριακός τομέας στην Ελλάδα

Σε Ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο, ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το 40% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, ή ισοδύναμα 8 Mtoe. Η κατανάλωση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή αέριων ρύπων, κυρίως CO₂,

σε ένα μεγάλο βαθμό ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην απογραφή του 2011 η ΕΛΣΤΑΤ προχώρησε στην δημοσιοποίηση του αριθμού των κτιρίων της χώρας, ενώ κατέγραψε μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως είναι ο αριθμός των ορόφων που τα αποτελούν, τα υλικά κατασκευής, ο φορέας ιδιοκτησίας κτλ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της απογράφης, ο αριθμός των κτιρίων της Ελλάδας ανήλθε σε 4.105.637 κτίρια, από τα οποία τα 783.752 (19.1%) κτίρια βρίσκονται εντός της Περιφέρειας Αττικής και τα 297.914 κτίρια (7,3%) βρίσκονται στη Περιφέρεια Κρήτης. Με βάση τα στοιχεία που δημοσιεύτηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ το κτιριακό απόθεμα είναι κτίρια κατοικιών σε ποσοστό που αγγίζει το 80%, ενώ το 20% περίπου είναι κτίρια του τριτογενούς τομέας.

Από τον συνολικό αριθμό των κτιρίων περίπου μόνο το 10% διαθέτει πλήρη μόνωση, το 20% διαθέτει ελλιπή μόνωση, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι το 70% δεν διαθέτει καθόλου μόνωση. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι από το σύνολο των κτιρίων, μόλις το 5,1% διαθέτει μόνωση στους εξωτερικούς τοίχους, καθώς μόλις το 6,7% χτίστηκε μετά το 1981 όπου εφαρμόστηκε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ). Το 2,1% διαθέτει διπλά τζάμια, το 30,4% των κτιρίων έχει μόνωση δώματος, το 12,7% διαθέτει μόνωση πυλωτής, ενώ μόλις το 4,2% έχει μόνωση σωληνώσεων στις εγκαταστάσεις θέρμανσης. (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2015)

Στην Ελλάδα τα περισσότερα ενεργοβόρα κτίρια είναι τα κολυμβητήρια και τα νοσοκομεία, ενώ ακολουθούν τα ξενοδοχεία, οι αεροσταθμοί, τα γραφεία, τα εμπορικά καταστήματα, οι μονοκατοικίες, οι πολυκατοικίες, τα σχολεία και τα γυμναστήρια. Προκειμένου να γίνει η σχετική κατάταξη λαμβάνονται υπόψη στοιχεία όπως είναι η περίοδος λειτουργίας, οι ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις, οι εσωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος χώρου κτλ. (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, 2011)

1.3.2 Νομοθετικό πλαίσιο

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που σχετίζεται με την ενεργειακή απόδοση των δημοσίων κτιρίων και ευρύτερα με των κτιρίων, είναι η έλλειψη για μεγάλο χρονικό διάστημα του κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου. Ουσιαστικά, έως και σήμερα, η νομοθεσία διαμορφώνεται μέσω μιας αποσπασματικής μεταφοράς Ευρωπαϊκών Οδηγιών, χωρίς να υπάρχει η κατάλληλη επεξεργασία και η βέλτιστη προσαρμογή τόσο σε οικονομικούς, όσο και σε περιβαλλοντικούς όρους.

Η πρώτη νομοθετική πρωτοβουλία τοποθετείται χρονικά σαράντα χρόνια πριν, το 1979, όπου εφαρμόστηκε για πρώτη φορά ο κανονισμός που αφορούσε την θερμομόνωση των κτιρίων, όπως αυτός αποτυπώθηκε και στο σχετικό ΦΕΚ 362/4-7-1979. Έπειτα, ύστερα από μια περίοδο αδράνειας που διήρκεσε σχεδόν είκοσι χρόνια, το 1998 έγινε εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 93/76/ΕΟΚ στο ΦΕΚ 880/19-8-1998 (αποφ. 21475/4707). Ο νόμος αυτός προέβλεπε την λήψη μέτρων προκειμένου να υπάρξει μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, όπως επίσης και προσδιορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Όμως, ο νόμος αυτός καταργήθηκε με το ΦΕΚ 407/Β/9.4.2010 (Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/2010-ΚΕΝΑΚ), ο οποίος είναι ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, που τροποποιήθηκε τελικά με τον Ν. 4342/2015 (ΦΕΚ 143/Α/9.11.2015). Με βάση των συγκεκριμένο νόμο γίνεται πλέον η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, η οποία στηρίζεται στις ελάχιστες απαιτήσεις, όπου γίνεται υπολογισμός των ελάχιστων καταναλώσεων πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση, δηλαδή για την θέρμανση, την ψύξη, τον κλιματισμό και τον φωτισμό). Αφού ολοκληρωθεί η μελέτη της ενεργειακής απόδοσης, εκδίδεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ), το οποίο και κατατάσσει ενεργειακό το κτίριο στην αντίστοιχη κατηγορία, ενώ με βάση αυτή την κατάταξη, προχωρά και η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου. Επιπρόσθετα, με βάση την αναθεωρημένη νομοθεσία γίνονται και οι κατάλληλες επιθεωρήσεις στους λέβητες, όπως επίσης και στις εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού.

Οι επιθεωρήσεις κτιρίων πριν από την εφαρμογή του συγκεκριμένου νόμου γίνονταν από τον Ν. 3661/2008, όπως συνέβαινε και με τις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Επίσης, με τον Ν. 4122/2013 προβλέπονται οι απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων στην Ελλάδα, καθώς και η έκδοση πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης των εκθέσεων συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού. Επίσης, με τον ίδιο νόμο προσδιορίστηκε και η κατάρτιση του Μητρώου Ενεργειακών Επιθεωρητών καθώς και η διαδικασία της επιβολής κυρώσεων σε περίπτωση που παραβιάζονταν ή δεν εφαρμόζονταν οι εν λόγω διατάξεις. (Ν. 4122/2013, 2013)

Το 2017 και συγκεκριμένα στις 12/7/2017 έγινε αντικατάσταση της Υ.Α. Δ6/Β/οικ. 5825/2010-KENAK αντικαταστάθηκε με τον νέο ΚΕΝΑΚ αρ. 2367/12-7-2017 (αρ. απ. ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581/12-7-2017).

Όσον αφορά τον δημόσιο τομέα, στον οποίο επικεντρώνεται και η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή, ήδη με το ΦΕΚ 1122/17-6-08 περιγράφονταν μέτρα που αφορούσαν την ενεργειακή απόδοση και την εξοικονόμηση ενέργειας στον δημόσιο τομέα και στον ευρύτερο δημόσιο τομέα. Με βάση τον συγκεκριμένο νόμο, προχώρησε και η εκπόνηση του 1^{ου} Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (ΣΔΕΑ), το οποίο και αφορούσε την περίοδο 2008-2016. Το Σχέδιο αυτό περιελάμβανε μέτρα και δράσεις που αφορούσαν όλους τους τομείς της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Σύμφωνα με αυτό το σχέδιο η εξοικονόμηση της ενέργειας υπολογίζεται με βάση τα μακροοικονομικά μοντέλα, ενώ μεταφράζεται ο εθνικός ενδεικτικός ποσοτικός στόχος της εξοικονόμησης ενέργειας με βάση τις μεσοπρόθεσμες ενεργειακές ανάγκες και απαιτήσεις που έχει η χώρα.

Το 2011 προχώρησε η εκπόνηση του δεύτερου Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης (2008-2016), το οποίο ενσωμάτωνε ουσιαστικά την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/32/ΕΚ που αφορούσε την ενεργειακή απόδοση όπως και τον Ν. 3855/2010 (ΦΕΚ Α 95). Επιπλέον, στο δεύτερο Σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης ενσωματωνόταν η μεθοδολογία της Υ.Α. Δ6/7094/2011 «Πλαίσιο μεθοδολογίας

μέτρησης και επαλήθευσης της ενέργειας που εξοικονομείται για την επίτευξη του ενδεικτικού εθνικού στόχου εξοικονόμησης ενέργειας στην τελική χρήση – Κατάλογος ενδεικτικών επιλέξιμων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης- Ενεργειακό περιεχόμενο καυσίμων για τελική χρήση», έχοντας ως στόχο την παρακολούθηση της πορείας επίτευξης του εθνικού στόχου για την εξοικονόμηση ενέργειας που είχε τεθεί για το 2016.

Το 2014, στα πλαίσια της Οδηγίας 2012/27/Ε, προχώρησε η εκπόνηση του 3^{ου} Εθνικού Σχεδίου Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης. Το εν λόγω σχέδιο αρχικά περιέγραφε τις υλοποιούμενες δράσεις που αφορούν την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, μέσω της εφαρμογής των κατάλληλων πολιτικών, των μέτρων και των μηχανισμών της αγοράς όπως και δράσεων που σχετίζονται με την έρευνα και ανάπτυξη. Με βάση το συγκεκριμένο πλαίσιο διαμορφώνεται και η στρατηγική που αφορά τον Εθνικό στόχο για εξοικονόμηση ενέργειας έως το 2020.

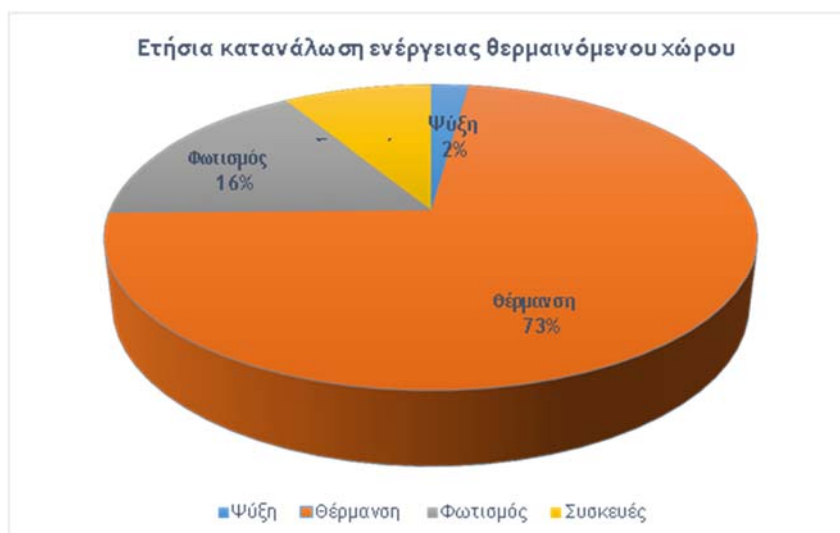
Αναφορικά με τα κτίρια του δημοσίου τομέα εφαρμόζεται τα εξής:

- Το άρθρο 9 του Ν. 4122/2013, ο οποίος εναρμονίζεται με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2010/31/EU, σύμφωνα με την οποία τα νέα κτίρια στα οποία στεγάζονται υπηρεσίες του δημοσίου, καθώς και του ευρύτερου δημοσίου τομέα θα πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης.
- Το άρθρο 7, του Ν. 4342/2015, το οποίο εναρμονίζεται με την Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2012/27/EU, σύμφωνα με το οποίο σε ετήσια βάση θα πρέπει να γίνεται ανακαίνιση του 3% της συνολικής επιφάνειας που έχουν τα κτίρια της κεντρικής Δημόσιας Διοίκησης. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στην εν λόγω διάταξη συμπεριλαμβάνονται μόνο τα κτίρια που είναι ιδιοκτησία του Ελληνικού Δημοσίου. Επιπλέον, με ευθύνη των αρμοδίων Δημάρχων και Περιφερειάρχων, για τα κτίρια που υπάγονται στις αρμοδιότητές τους, εκπονείται σχέδιο ενεργειακής απόδοσης, καθιερώνεται ένα σύστημα ενεργειακής διαχείρισης, καθώς και εφαρμόζονται σχέδια που αφορούν την ενεργειακή απόδοση, όπως είναι για παράδειγμα χρηματοδοτικά εργαλεία, ανάπτυξη ενεργειακών υπηρεσιών κτλ. (Ν. 4342/2015, 2015)

Με βάση το ΦΕΚ 1122/2008, ελήφθησαν μέτρα που αφορούσαν την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στον δημόσιο τομέα αλλά και στο ευρύτερο δημόσιο τομέα. Τέλος, να επισημάνουμε ότι εφαρμόζονται οι δράσεις του ΕΣΔΕΑ, οι οποίες επικεντρώνονται στην εφαρμογή του συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με βάση το πρότυπο ISO 5001 που αφορά τέσσερα κτίρια του Ελληνικού Δημοσίου, στην ενεργειακή αναβάθμιση 270 Δημοσίων Κτιρίων, καθώς και στην ανάπτυξη και διάδοση ευφών συστημάτων μέτρησης της ενεργειακής απόδοσης. (ΦΕΚ 1122/17-6-2008, 2008)

1.4 Ενεργειακή κατανάλωση σχολείων στην Ελλάδα

Το ΚΑΠΕ σε συνεργασία με τον ΟΣΚ παρακολούθησε και κατέγραψε την ενεργειακή συμπεριφορά των σχολείων της χώρας. Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται ότι είναι περίπου 92 kWh/m² θερμαινόμενου χώρου, ενώ πολύ συχνά η τιμή μπορεί να αυξηθεί φτάνοντας τα 200 kWh/m². Από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν, τα 92 kWh/m² θερμαινόμενου χώρου κατανέμεται ως εξής (Τεχνική Οδηγία TOTEE 2701-1/2010):



Διάγραμμα 1: Ετήσια κατανάλωση ενέργειας θερμαινόμενου χώρου

Τα προβλήματα τα οποία συμβάλλουν στην αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας

στα σχολεία είναι τα ακόλουθα:

- Ανεξαρτήτως περιόδου, υπάρχει άνιση κατανομή του φωτός εντός των αιθουσών. Συνεπώς, δημιουργούνται έντονα προβλήματα θάμβωσης και ανάκλασης. Επίσης, στο βάθος των αιθουσών δεν διασφαλίζεται επάρκεια φωτός κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Κατά την διάρκεια του χειμώνα, οι μαθητές κρυώνουν ενώ η ποιότητα του αέρα δεν θεωρείται καλή.
- Τους ανοιξιάτικους μήνες, παρατηρείται υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων.
- Υπάρχει αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε σχέση με το επίπεδο άνεσης που επιτυγχάνεται εντός της σχολικής αίθουσας.
- Διαπιστώνεται ακατάλληλος σχεδιασμός αλλά και προσανατολισμός του κτιριακού κελύφους και έτσι υπάρχει ελλιπής ηλιασμός τους χειμερινούς μήνες, υπερθέρμανση το καλοκαίρι, καθώς και ευρύτερα δυσμενείς συνθήκες φωτισμού.
- Τα ανοίγματα επειδή έχουν ακατάλληλο σχεδιασμό γίνεται ανισοκατανομή του φωτός εντός της σχολικής αίθουσας.
- Ο ανεξέλεγκτος αερισμός που παρατηρείται έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει υπερβολική κατανάλωση καυσίμου καθώς και να επικρατούν συνθήκες ψύχους.
- Λόγω της ύπαρξης χαραμάδων και ανοιγμάτων, υπάρχουν μεγάλες θερμικές απώλειες καθώς και ρεύματα εντός των αιθουσών.
- Η ύπαρξη μεγάλων απωλειών από το κέλυφος έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανσης και έτσι να επιδεινώνονται οι συνθήκες άνεσης κατά τους χειμερινούς μήνες.
- Λόγω του κακού σχεδιασμού και της πλημμελούς συντήρησης τα συστήματα θέρμανσης δεν έχουν αποδοτική λειτουργία.
- Απουσιάζουν ή είναι ελάχιστα τα συστήματα σκίασης και αερισμού και έτσι επικρατεί υπερθέρμανση καθώς και αίσθημα θερμικής δυσφορίας από τις αρχές της άνοιξης έως και μεγάλο μέρος του φθινοπώρου, ανάλογα βέβαια και με την κλιματική ζώνη που βρισκόμαστε.
- Η έλλειψη ορθολογικής λειτουργίας των εγκαταστάσεων της κεντρικής θέρμανσης που έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται σπατάλη ενέργειας,

χωρίς να μπορούν να υπάρξουν οι κατάλληλες συνθήκες άνεσης.
(Αξαρχλή, Κ., 1995)

1.5 Εξοικονόμηση ενέργειας

«Ως εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να οριστεί η προσπάθεια για την μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται αλλά χωρίς αυτό να συνδέεται με την στέρηση ενέργειας ούτε και με την υποβάθμιση των παραγόμενων προϊόντων και υπηρεσιών για τα οποία και χρησιμοποιείται η ενέργεια». Μέσω της μείωσης της ενέργειας που καταναλώνεται στα κτίρια μειώνονται οι ανάγκες παραγωγής ενέργειας και συνεπώς μειώνονται οι εκπομπές αέριων ρύπων CO₂ που δημιουργούνται από την παραγωγική διαδικασία. Για κάθε κιλοβατώρα (kWh) που εξοικονομείται, εκπέμπεται ένα κιλό (kg) λιγότερο CO₂ στην ατμόσφαιρα.

Γενικά η αναγκαία ποσότητα ενέργειας για τα κτίρια είναι ιδιαίτερα μεγάλη, ενώ τα κτίρια παρουσιάζουν ετήσια ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης, καθώς και για άλλες εγκατεστημένες συσκευές ή διάφορα μηχανήματα. Ουσιαστικά, μπορούμε να πούμε ότι τα κτίρια διαθέτουν ιδιαίτερα μεγάλο δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας και παραμένουν από τους τομείς όπου μπορεί να υπάρξει σημαντική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και άρα να υπάρξουν και χαμηλότεροι λογαριασμοί ενεργειακής κατανάλωσης, μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αλλά και μικρότερες εισαγωγές συμβατικών καυσίμων για την κάλυψη των ενεργειακών αυτών αναγκών. (ΚΑΠΕ, 2014)

Τα τελευταία χρόνια η ΕΕ ενθαρρύνει την ορθολογική χρήση της ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό με την έκδοση νέων νομοθετικών πλαισίων. Η ενσωμάτωση αυτών των νέων κανόνων και διαδικασιών που αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, γίνεται με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, την ενσωμάτωση παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων, τον φυσικό δροσισμό, τη χρήση πιο αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, την εφαρμογή υψηλής τεχνολογίας για τον έλεγχο των συστημάτων και την σωστή

συντήρηση. Όσο περισσότερο γίνεται κατανοητό ότι η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, τόσο ευρύτερα γίνεται αποδεκτό ότι η ενεργειακή αναβάθμιση θα έπρεπε, μεταξύ άλλων, να αποτελεί βασικός κανόνας πολιτικής.

Η μείωση της κατανάλωσης ρυπογόνων ορυκτών καυσίμων για θέρμανση ψύξη, κλιματισμό, φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους νέων και υφιστάμενων κτιρίων επιτυγχάνεται μέσω:

- Ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό του κελύφους κυρίως σε νέα κτίρια (βιοκλιματικός σχεδιασμός)
- Χρήση αποδοτικών δομικών υλικών
- Χρήση αποδοτικών ηλεκτρομηχανολογικών (H/M) εγκαταστάσεων
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

Ειδικότερα, η ορθολογική χρήση των ΑΠΕ μέσα στα επόμενα χρόνια αναμένεται να αποδώσει αρκετά και σημαντικά οφέλη στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Ο κλάδος των ΑΠΕ αναμένεται να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας και να οδηγήσει στη δημιουργία νέων προϊόντων και υπηρεσιών.

Χρησιμοποιώντας παράλληλα την σύγχρονη τεχνολογία καθώς και τα νέα υλικά που αναπτύσσονται διαρκώς, σε συνδυασμό με την βέλτιστη χρήση των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης, η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου μπορεί να μειωθεί ακόμα και έως 50%. Έτσι, δύναται να βελτιωθούν οι συνθήκες διαβίωσης και να μειωθεί σημαντικά η κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς το κόστος. (ΚΑΠΕ, 2014)

Παθητικά Συστήματα

Τα παθητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων είναι δομικά στοιχεία τα οποία βρίσκονται σε ένα κτίριο. Ο τρόπος λειτουργίας των παθητικών συστημάτων είναι χωρίς να απαιτούνται

μηχανολογικά εξαρτήματα ή κάποια πρόσθετη παροχή ενέργειας καθώς μπορούν και θερμαίνουν ή δροσίζουν το κτίριο με φυσικό τρόπο.

Τα συστήματα αυτά μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες που είναι οι εξής:

- Τα παθητικά συστήματα θέρμανσης.
- Οι τεχνικές φυσικού δροσισμού.
- Οι τεχνικές φυσικού φωτισμού (ΚΑΠΕ, 1996)

Ενεργητικά Συστήματα

Μια ιδιαίτερα σημαντική μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο είναι τα ενεργητικά συστήματα. Τα ενεργητικά συστήματα χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για την θέρμανση ή την ψύξη των κτιρίων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή φυσικές πηγές ψύξης. Στο κομμάτι των ενεργητικών συστημάτων ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης, τα φωτοβολταϊκά κλπ. Η υιοθέτηση ενεργητικών τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να συμβάλει στη τελική αύξηση του συνολικού κόστους της κατασκευής του κτιρίου, το οποίο πρόσθετο κόστος όμως αποσβένεται από την περιορισμένη χρήση μονάδων συμβατικής θέρμανσης, κλιματιστικών μονάδων κλπ. (Αξαρχή, Κ., 2009)

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

«Με τον όρο βιοκλιματικό σχεδιασμό ή βιοκλιματική αρχιτεκτονική, γίνεται αναφορά στη διαδικασία σχεδιασμού κτιρίων και χώρων (εσωτερικών, εξωτερικών-υπαίθριων) κατά την οποία, αξιοποιείται το μικροκλίμα στο οποίο εντάσσεται το κτίριο με στόχο να κατασκευαστεί ένα κτίριο που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των ενοίκων για οπτική και θερμική άνεση με παράλληλη μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και κατά συνέπεια περιορισμένη επίδραση στο περιβάλλον. Στον βιοκλιματικό σχεδιασμό, ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα παθητικά συστήματα, τα οποία ενσωματώνονται στο κτίριο στοχεύοντας στην αξιοποίηση των διαθέσιμων περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων». (Πανάρας, 2015)

Οι βιοκλιματικές κατασκευές είναι χτισμένες με τέτοιο τρόπο που, κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών, η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες ελαχιστοποιείται, ενώ μεγιστοποιούνται τα ηλιακά κέρδη. Από την άλλη, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, οι βιοκλιματικές κατασκευές σκιάζονται από τον ήλιο και χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές ψύξης, οι οποίες να χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτελεί ένας εκ των πιο σημαντικών παραγόντων για την οικολογική δόμηση, που εστιάζει στον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που αφορούν μια κτιριακή μονάδα εξετάζοντας τα ακόλουθα:

- Την μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος όπως επίσης και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (όπως είναι για παράδειγμα η αύξηση της θερμοκρασίας, η συγκέντρωση των αέριων ρύπων καθώς και η δυσκολία στην κυκλοφορία αέρα).
- Τον σχεδιασμό των κτιρίων.
- Την επιλογή των δομικών υλικών, αφού εξεταστούν παράμετροι όπως είναι οι θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες, καθώς και η τοξικολογική τους δράση. (Πανάρας , 2015)

Χρησιμοποιώντας την βιοκλιματική αρχιτεκτονική προκύπτουν οφέλη, τα οποία κατανέμονται σε: ενεργειακά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά. Ειδικότερα, με την εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς το κέλυφος του κτιρίου είναι βελτιωμένο όπως επίσης και η συμπεριφορά των δομικών στοιχείων. Επιπλέον, δημιουργείται θερμική και οπτική άνεση, μειώνοντας τις απαιτήσεις για ρύθμιση του θερμοστάτη (σε χαμηλότερες θερμοκρασίες τον χειμώνα και σε υψηλότερες το καλοκαίρι). Τέλος, με την διατήρηση της θερμοκρασίας του εσωτερικού αέρα σε υψηλά επίπεδα τον χειμώνα και αντίστοιχα σε χαμηλά το καλοκαίρι, μειώνεται το φορτίο που είναι αναγκαίο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών από βοηθητικά υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού που υπάρχουν στο κτίριο. Όσον αφορά τα οικονομικά οφέλη, με την εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού, μειώνεται το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης μηχανολογικού εξοπλισμού, όπως επίσης και το

κόστος καυσίμου για την θέρμανση και ψύξη καθώς οι καταναλώσεις πλέον θα είναι μικρότερες. Στο περιβαλλοντικό κομμάτι, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών CO₂, NO_x, όπως επίσης και στην αιθαλομίχλη. Τέλος, η συμβολή του βιοκλιματικού σχεδιασμού από κοινωνικής απόψεως δεν μπορεί να παραβλεφθεί, καθώς ενισχύει την βελτίωση της ποιότητας ζωής σε συνδυασμό με όλα τα υπόλοιπα οφέλη που αναφέρθηκαν. (ΚΑΠΕ , 2002)

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε υφιστάμενα κτίρια

Η βελτίωση της συνολικής ενεργειακής απόδοσης ενός υφιστάμενου κτιρίου περιλαμβάνει μεγάλες και μικρές επεμβάσεις, με πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά. Για παράδειγμα, σε ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης ένας λέβητας πετρελαίου με υψηλό βαθμό απόδοσης μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματικός, αλλά δεν παύει να καταναλώνει ορυκτά καύσιμα. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης με βιομάζα κάνουν χρήση ΑΠΕ, αλλά συνήθως αυτό δεν είναι αρκετό στη θέρμανση μεγάλων χώρων. Από την άλλη η γεωθερμία μπορεί να αποτελεί μια καθαρή λύση, χωρίς δηλαδή την παραγωγή αέριων ρύπων, εντούτοις το αρχικό κόστος εγκατάστασης της είναι ασύμφορο. (Παπαδόπουλος & Αξαρχή , 2015)

Η ιδανική ίσως λύση είναι ο συνδυασμός και η εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων τεχνολογιών που θα λειτουργήσουν με ορούς οικονομίας καυσίμου και βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης. Οι λύσεις για την εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων μέσω ενεργειακής αναβάθμισης αξιολογούνται και αναλύονται παρακάτω.

1.5.1 Μόνωση κτιρίου

Σε ένα κτίριο στο οποίο δεν υπάρχει επαρκής μόνωσης, η ζέστη περνάει μέσα από το κέλυφος του κτιρίου, αυξάνοντας τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη τους θερινούς μήνες και τις ανάγκες για θέρμανση κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Επομένως, η κατάλληλη μόνωση είναι απαραίτητη προκειμένου να μειωθούν οι ενεργειακές απώλειες του κτιρίου. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η

μόνωση αποτελεί τον πιο οικονομικό τρόπο για την βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων ανεξάρτητα από την περιοχή και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκονται. Όταν ένα κτίριο διαθέτει θερμομόνωση η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να μειωθεί ακόμα και ως 40%. Ειδικότερα, τα οφέλη που προκύπτουν από μια καλή θερμομόνωση είναι τα ακόλουθα:

- Μείωση του κόστους θέρμανσης εξαιτίας του περιορισμού των θερμικών απωλειών από το κέλυφος του κτιρίου προς το περιβάλλον, με αποτέλεσμα τις μειωμένες ανάγκες για θέρμανση και κατ' επέκταση την μικρότερη κατανάλωση καυσίμου.
- Δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης, με τους τοίχους του κτιρίου να διατηρούν θερμοκρασία αντίστοιχη με την θερμοκρασία του αέρα, με αποτέλεσμα την αποφυγή της δημιουργίας ψυχρών ρευμάτων.
- Αποφυγή υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων εξαιτίας της εξωτερικής θερμομόνωσης, η οποία επιτρέπει στους τοίχους να διατηρούν υψηλότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία δρόσου αποτρέποντας την εμφάνιση υγρασίας στις εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων.
- Μείωση του σχηματισμού υγρασίας στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων του κτιρίου εξαιτίας της εξωτερικής θερμομόνωσης, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την διατήρηση υψηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό των τοίχων αποφεύγοντας τους υδρατμούς.
- Προστασία από τους θορύβους εξαιτίας των θερμομονωτικών υλικών που χρησιμοποιούνται με ηχοαπορροφητικές ιδιότητες προσφέροντας ηχοπροστασία.
- Προστασία του περιβάλλοντος αφού μειώνεται γενικότερα η κατανάλωση ενέργειας και ελαττώνονται παράλληλα οι εκπομπές αέριων ρύπων. (Παπαδόπουλος & Αξαρχλή, 2015)

Όσον αφορά τα υλικά θερμομόνωσης κυρίως χρησιμοποιούνται ορυκτά ή οργανικά προϊόντα, ελαφρόπετρα, υαλοβάμβακας, φελλός, βερμικουλίτης, πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, PVC, θερμομονωτικά τούβλα, κυψελωτό σκυρόδεμα, περλίτης κτλ. (Αξαρχλή, Κ., 1995)

Οι βασικές ιδιότητες των δομικών υλικών είναι οι εξής :

- «Ο συντελεστής θερμοπερατότητας U δηλώνει την ποσότητα θερμότητας που περνάει σε χρόνο ενός δευτερολέπτου από τις απέναντι πλευρές κύβου πλευράς ενός μέτρου όταν η διαφορά μεταξύ των δυο επιφανειών του στοιχείου είναι 1°K . Ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, την περιεκτικότητα του υλικού και το πάχος του».
- «Ο βαθμός διαπερατότητας του αέρα διαμέσου των δομικών στοιχείων εξαρτάται από το είδος κατασκευής, την επιφάνεια των ανοιγμάτων και το τρόπο συναρμογής των κουφωμάτων».
«Η ειδική θερμότητα c των δομικών στοιχείων του κτιρίου συμβάλει στο περιορισμό του ρυθμού μεταβολής της θερμοπερατότητας των στοιχείων. Όταν οι τοίχοι και οι οροφές έχουν μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, τότε η θερμότητα που συγκεντρώνουν ενόσω λειτουργεί η θέρμανση, αποβάλλεται όταν αυτή σταματήσει με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων. Το αντίθετο συμβαίνει το καλοκαίρι όταν οι χώροι ψύχονται. Ανάλογα με τη θέση της μόνωσης, στην εξωτερική ή εσωτερική επιφάνεια, οι τοίχοι και οι οροφές ενεργούν ως συσσωρευτές θερμότητας ή ως φράγμα προστασίας».
- Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας και ειδικής θερμότητας των υλικών, όπως αυτές έχουν καθοριστεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) και αφορούν την θερμική αγωγιμότητα, την ειδική θερμότητα και την πυκνότητα. (ΚΑΠΕ, 1996)

Θερμομόνωση εξωτερικής τοιχοποιίας: Μια από τις πιο διαδεδομένες θερμομονώσεις είναι αυτή όπου το κτίριο επενδύεται με φύλλα θερμομονωτικού υλικού το οποίο σοβατίζεται με ένα ειδικό ελαστικό πολύ ισχυρό στεγανό επίχρισμα. Οι βασικοί τρόποι θερμομόνωσης εξωτερικής τοιχοποιίας είναι στην εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια, στον πυρήνα και υπάρχουν περιπτώσεις που γίνεται η χρήση θερμομονωτικών τούβλων.

Θερμομόνωση εσωτερικής τοιχοποιίας: Η εσωτερική θερμομόνωση των τοίχων είναι φθηνότερη από την εξωτερική, αλλά μειώνει τον ωφέλιμο χώρο στο εσωτερικό. Συνήθως, η εσωτερική μόνωση προτείνεται στους βορεινούς τοίχους. Η διαδικασία περιλαμβάνει την επικόλληση μονωτικών πινάκων, οι οποίοι κατόπιν σοβαντίζονται. Η εσωτερική θερμομόνωση αν και έχει άμεση απόδοση θέρμανσης- ψύξης, δημιουργεί αερογέφυρες σε σημεία υπάρχουν συναρμογές εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ως θερμογέφυρες μπορούν να οριστούν τα σημεία εκείνα που βρίσκονται στο εσωτερικό κέλυφος του κτιρίου, στα οποία η θερμική αντίσταση των δομικών στοιχείων εμφανίζεται σημαντικά διαφοροποιημένη σε σχέση με την θερμική αντίσταση στο υπόλοιπο περίβλημα. (Παπαδόπουλος & Αξαρχή, 2015)

Θερμομόνωση κουφωμάτων: Τα κουφώματα επιτρέπουν την πρόσβαση και την είσοδο φωτός και αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Στα ανοίγματα στα οποία θα γίνει η τοποθέτηση των κουφωμάτων, όταν δεν μονωθούν κατάλληλα, τότε αυτά μπορεί να αποτελέσουν σημεία θερμικών απωλειών. Η θερμότητα μπορεί να χάνεται μέσα από τα πλαίσια των κουφωμάτων ακόμα και αν το κέλυφος του κτιρίου είναι σωστά μονωμένο και ο παγωμένος αέρας να διαπερνά μέσα από τα διάκενα. Οπότε, για να μειωθούν οι θερμικές απώλειες από τα τζάμια ή τα πλαίσια των κουφωμάτων είναι σημαντικό να βελτιωθεί η στεγανότητα των ανοιγμάτων.

Τα κουφώματα διακρίνονται σε ξύλινα, μεταλλικά, αλουμίνιο και συνθετικά πλαστικά. Οι τυπολογίες κουφωμάτων ποικίλουν, επάλληλα, συρόμενα εσωτερικά σε τοίχο ή εξωτερικά, ανοιγόμενα, περιστρεφόμενα σε οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα.

Μια από τις πιο σημαντικές παραβάσεις στα κουφώματα ενός κτιρίου αφορά την αντικατάσταση των μονών υαλοπινάκων με νέους βελτιωμένους ειδικούς υαλοπίνακες και ενεργειακά πιο αποδοτικούς. Επιπλέον, τα παράθυρα θα πρέπει να είναι αεροστεγανά ώστε να μην επιτρέπουν τη διαφυγή θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον. Μια πολύ σημαντική επέμβαση εξοικονόμησης ενέργειας στα παράθυρα των κτιρίων, αποτελεί η αντικατάστασή τους με νέα διπλά τζάμια.

Το κενό που δημιουργείται μεταξύ των διπλών τζαμιών προσφέρει την επιθυμητή θερμομόνωση και συνιστάται σε περιοχές με εύκρατο κλίμα.

Εκτός από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, η αντικατάσταση των παραθύρων με διπλά τζάμια έχει και άλλα πλεονεκτήματα όπως: μείωση της ακτινοβολίας προς τους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, καθώς παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία πλησιέστερη με αυτή των άλλων επιφανειών του χώρου και περιορίζουν τα ρεύματα του αέρα κοντά στο παράθυρο με αποτέλεσμα να προσφέρουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης, αποτρέπουν τη συμπύκνωση υδρατμών το χειμώνα στην επιφάνειά τους και τέλος μειώνουν το θόρυβο.

Σημαντικός δείκτης της θερμομονωτικής ικανότητας ενός υαλοπίνακα είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας, συνήθως συμβολίζεται με U , έχει μονάδες μέτρησης $W/m^2 K$ και μαθηματικά εκφράζεται με τον τύπο $U=1/R$, όπου R είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης. Άλλες ιδιότητες που αφορούν τη θερμική και την οπτική άνεση και επηρεάζουν τη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά ενός υαλοπίνακα είναι η αεροπερατότητα, η φωτοδιαπερατότητα και ο συντελεστής εκπομπής.

Ανάλογα με τη χρήση του και το μέγεθος του κτιρίου, στην αγορά υπάρχουν πολλοί τύποι υαλοπινάκων και κουφωμάτων. Πριν την αγορά τους, ο κατασκευαστής θα πρέπει να έχει ενημερώσει τουλάχιστον για τον συντελεστή θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα. (Μπαλαράς & Γαγλία, 2009)

Θερμομόνωση οροφής: Ανάμεσα στις εξωτερικές επιφάνειες, η μόνωση της οροφής ενός κτιρίου είναι σχετικά απλή και οικονομική. Σημαντικό μέρος της θερμότητας χάνεται από την οροφή του κτιρίου. Το υλικό θερμομόνωσης μπορεί να τοποθετηθεί σε κεκλιμένες ή επίπεδες οροφές.

Όταν η οροφή είναι επίπεδη, ο τρόπος μόνωσης της είναι ο εξωτερικός και αποτελείται από την εφαρμογή υδατοστεγών μονωτικών υλικών, τοποθετημένων κατά σειρά, τα οποία προστατεύουν το κτίριο από τις καιρικές συνθήκες. Σε άλλες

περιπτώσεις, τοποθετούνται κατάλληλοι πίνακες μονωτικού υλικού στο εσωτερικό της οροφής του κτιρίου, το πάχος των οποίων εξαρτάται από την θερμομόνωση. Όταν η οροφή είναι κεκλιμένη, ο τρόπος μόνωσης είναι εξωτερικός ή εσωτερικός. Η θερμομόνωση τοποθετείται κάτω από τα κεραμίδια ή τις πλάκες επικάλυψης της οροφής, και καλύπτεται με συνδυασμό πλέγματος και επιχρίσματος ή με γυψοσανίδα.

Θερμομόνωση δαπέδων: Σε ένα κτίριο το δάπεδο πρέπει να είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε μαζί με την κατασκευή στήριξης, να παρέχει σταθερότητα, προστασία θερμική και πυροπροστασία. Η θερμομόνωση μπορεί να εφαρμοστεί είτε πάνω ή κάτω από την πλακά του δαπέδου με σχετικά εύκολο τρόπο, επιλέγοντας φθηνά υλικά.

1.5.2 Σύστημα θέρμανσης

Το σύστημα θέρμανσης παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας ενός κτιρίου, αφού έχει το μεγαλύτερο και πιο άμεσο αποτέλεσμα στην διαμόρφωση αποδεκτών προτύπων διαβίωσης και εργασίας. Η θέρμανση των χώρων ή/και η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης γίνεται μέσω ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης εγκατεστημένη στο κτίριο. Το κεντρικό αυτό σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο αλληλοσυνδεμένων συσκευών και οργάνων, από ένα σύστημα παραγωγής θερμότητας (λέβητας), τον καυστήρα, τον κυκλοφορητή, την δεξαμενή καυσίμων, τις διατάξεις ασφαλείας, το σύστημα διανομής θερμότητας (σωλήνες, θερμαινόμενα σώματα κ.α.) και το σύστημα ελέγχου.

Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ενός θερμαντικού μέσου, το οποίο μπορεί να είναι νερό, ατμός ή αέρας. Οι παράμετροι που συνθέτουν μια επιτυχημένη εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης είναι τρεις, η επαρκής θέρμανση, η ασφαλή και η οικονομική λειτουργία της. Για την επίτευξη των παραπάνω απαιτείται η σύνταξη ειδικής μελέτης που να περιλαμβάνει μια σειρά από χαρακτηριστικά όπως, τεχνικά χαρακτηριστικά και μέγεθος του εξοπλισμού, υπολογισμό θερμικών απαιτήσεων, κατάλληλο

σχεδιασμό δικτύων σωληνώσεων και διάταξης του εξοπλισμού, καθώς και τη λειτουργική σύνδεση και ρύθμιση των διαφόρων στοιχείων. (ΚΑΠΕ, 1996)

Ένα ιδανικό σύστημα θέρμανσης θα έπρεπε να περιέχει λύσεις, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα, χρήση λέβητα καύσης βιομάζας και κατασκευή αποθήκης ζεστού νερού χρήσης. Αν ένα σύστημα θέρμανσης σχεδιαστεί και κατασκευαστεί κατάλληλα, τότε η χρήση των ΑΠΕ ευνοείται η αποθήκευση της παραγόμενης θερμότητας σε δεξαμενές αποθήκευσης και μετέπειτα χρήση της αποθηκευμένης θερμότητας ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν. Αυτό σημαίνει μείωση της κατανάλωσης συμβατικών καυσίμων. Άρα, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια, το ζεστό νερό που χρησιμοποιείται στο σύστημα θέρμανσης παράγεται από ηλιακά συστήματα. Αντίστοιχα, αν λειτουργούν οι διατάξεις βιομάζας, το σύστημα δίνει προτεραιότητα στη θερμότητα που παράγεται από αυτές τις πηγές. Επιπλέον, αισθητήρες και θερμοστάτες φροντίζουν ώστε η συνολική ροή θερμότητας προς τους θερμαινόμενους χώρους να είναι ανάλογη της εξωτερικής θερμοκρασίας και των απαιτήσεων των χρηστών.

Στη συνέχεια αναλύονται οι διαθέσιμες τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του κόστους θέρμανσης ενός κτιρίου.

- Χαρακτηριστικά του λέβητα: Ο λέβητας αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης αφού όλη η θερμότητα που παράγεται προσδίδεται στο μέσο και έτσι το θερμαίνει. Ο λέβητας ουσιαστικά είναι μια δεξαμενή που λειτουργεί υπό πίεση μεταβιβάζοντας θερμότητα στο θερμαντικό μέσο. Ο τύπος του λέβητα που χρησιμοποιείται σε μια εγκατάσταση προσδιορίζεται από την απαιτούμενη θερμοκρασία και την πίεση του ατμού ή του νερού που παράγεται. Σε έναν λέβητα θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή της ισχύος καθώς και στον βαθμό απόδοσης του λέβητα. Όμως θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η υψηλή απόδοση είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της κατανάλωσης καυσίμου καθώς και για την εκπομπή των αερίων ρύπων. Η διαστασιολόγηση του επιλεγόμενου λέβητα θα πρέπει να γίνεται μετά από συγκεκριμένη μελέτη όπου θα αποτυπώνονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου. Ένας λέβητας με μεγάλη ισχύ είναι πολύ

σύνηθες να οδηγήσει σε μειωμένη απόδοση του συστήματος θέρμανσης και έτσι η κατανάλωση παρουσιάζει αύξηση. Αντί για την εγκατάσταση ενός μεγάλου λέβητα συνήθως επιλέγεται η εγκατάσταση δύο μικρότερων έτσι ώστε να λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και έχοντας χαμηλή απόδοση. Έτσι μεσομακροπρόθεσμα εξοικονομείται το κόστος της αρχικής εγκατάστασης του εξοπλισμού. Αξιοσημείωτο είναι ότι με μία μείωση της τάξης της θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό μπορεί να υπάρξει μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 6% περίπου. Η συνηθέστερη μορφή λέβητα που χρησιμοποιείται είναι ο κυψελωτός λέβητας (φλογοσωληνών), όπου τα καυσαέρια διέρχονται μέσω της συστοιχίας σωλήνων που προσαρμόζονται στο κύριο σώμα του λέβητα. Ο λέβητας ανάλογα με το υλικό κατασκευής του μπορεί να είναι χυτοσίδηρος ή χαλύβδινος. Ο χυτοσίδηρος παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση, ενώ χρησιμοποιεί μικρότερες ποσότητες νερού κατά την λειτουργία του. Ο δεύτερος έχει μικρότερο βάρος, αντέχει περισσότερο τις πιέσεις καθώς και τις θερμοκρασιακές αυξομειώσεις. (ΚΑΠΕ, 1996)

1.6 Ιεράρχηση των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσια κτήρια

Οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα δημόσιο κτήριο, αλλά και ευρύτερα σε κάθε κτήριο μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

Στην πρώτη κατηγορία, βρίσκονται οι ελάχιστονες παρεμβάσεις, όπου θεωρούνται κατά γενική ομολογία περιορισμένης έκτασης και σχετίζονται με μέτρα τα οποία δεν απαιτούν πρόσθετη χρηματοδότηση ή έξτρα πηγές κεφαλαίου. Οι παρεμβάσεις αυτές επικεντρώνονται κυρίως στην ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως και σε παρεμβάσεις που έχουν χαμηλό κόστος. Συνήθως, η χρηματοδότηση των παρεμβάσεων αυτών γίνεται μέσω του ετήσιου προϋπολογισμού, ο οποίος σχετίζεται με την διαχείριση του κτηρίου, ενώ το κόστος αυτό συνήθως είναι τόσο μικρό έτσι ώστε αποπληρώνεται εντός της ίδιας χρονιάς, με τον μέγιστο δυνατό

χρόνο να φθάνει τα τρία έτη. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι παρεμβάσεις αυτές και το κατά πόσο θα είναι επιτυχημένες σχετίζεται με το ανθρώπινο δυναμικό, είτε αυτοί είναι εργαζόμενοι, είτε είναι πελάτες. Ουσιαστικά, οι παρεμβάσεις αυτού του είδους επικεντρώνονται στην αλλαγή της συμπεριφοράς, στην περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, στην αλλαγή της υφιστάμενης κουλτούρας που αφορά την ενεργειακή κατανάλωση. Οι επεμβάσεις αυτές μπορούν να έχουν άμεσα αποτελέσματα, ενώ δεν φαίνεται να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου. Ιδιαίτερα επωφελής θεωρούνται οι επεμβάσεις αυτές σε σχολεία, καθώς πέρα από το άμεσο πρακτικό αποτέλεσμα, συμβάλλουν στη διαμόρφωση μιας νέας κουλτούρας που θέτει στο επίκεντρο την εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων και η οποία αναμένεται να εφαρμοστεί από τα παιδιά σε μελλοντικούς χρόνους. (DOTSOFT A.E., 2015)

Η δεύτερη κατηγορία παρεμβάσεων αφορά τις μείζονες ή βέλτιστες, οι οποίες περιέχουν παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, είτε μέσω κτιριακών είτε μέσω ηλεκτρομηχανολογικών εργασιών, είτε σε συνδυασμό αυτό. Οι παρεμβάσεις αυτές θεωρούνται έντασης κεφαλαίου, καθώς απαιτούν σημαντικά αρχικά κόστη προκειμένου να εφαρμοστούν επιτυχώς, ενώ η περίοδος στην οποία μπορούν να αποπληρωθούν θεωρείται μεσο-μακροπρόθεσμη, δηλαδή διαρκεί έως και έξι έτη. Οι προτάσεις για τις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα κτίριο θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μια σειρά από δεδομένα και παραμέτρους, στις οποίες συγκαταλέγονται και οι συνθήκες εργασίας των εργαζομένων. Προκειμένου η λύση που θα επιλεγεί θα είναι η βέλτιστη δυνατή, απαιτείται στο αρχικό στάδιο πριν την παρέμβαση η σύνταξη της ανάλογης τεchnο-οικονομικής μελέτης.

Τέλος, η τρίτη κατηγορία των πιθανών παρεμβάσεων που μπορούν να γίνουν στα δημόσια κτίρια είναι οι ενδεικτικές οικοδομικές και ηλεκτρομηχανολογικές παρεμβάσεις οι οποίες πολλές φορές μπορούν να συνδυαστούν με την εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπάγονται η αντικατάσταση των λαμπτήρων του κτηρίου, με άλλους εξοικονόμησης ενέργειας, με τους πλέον συνήθεις να είναι οι λαμπτήρες Led, η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων στα υαλοστάσια του κτιρίου, καθώς επίσης και η αντικατάσταση του παλαιού και χαμηλής ενεργειακής αποδοτικότητας εξοπλισμού, με νέο εξοπλισμό

που θα χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση. Επιπλέον, στην ίδια κατηγορία μπορεί να ενταχθεί η προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτιρίου, η εγκατάσταση των ηλιακών συλλεκτών προκειμένου να παράγεται ζεστό νερό χρήσης, τεχνολογία ιδιαίτερα σημαντική σε δημόσια κτήρια όπως είναι τα νοσοκομεία για παράδειγμα. Ακόμη, περιλαμβάνεται η χρήση αυτοματισμών που σχετίζονται με το σύστημα θέρμανσης και κλιματισμού, αλλά και με την ρύθμιση της συντήρησής τους, όπως και βελτίωση του συντελεστή ισχύος της ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και εγκατάσταση και λειτουργία συστημάτων διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας (BEMS). Τέλος, στις ενδεικτικές παρεμβάσεις μπορεί να περιλαμβάνονται η αξιοποίηση της βιομάζας, ιδίως σε περιοχές όπου υπάρχει η κατάλληλη εφοδιαστική αλυσίδα, ή η χρήση του φυσικού αερίου, όπου φυσικά υπάρχει δίκτυο, ή η αξιοποίηση του δικτύου της τηλεθέρμανσης, όπου υπάρχει αυτή η δυνατότητα, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην πόλη των Σερρών που εξετάζουμε, ή η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν είτε για αυτοπαραγωγή, είτε για την πώληση της πλεονάζουσας ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρισμού, εφόσον υπάρχει το αντίστοιχο θεσμικό πλαίσιο, ή η χρήση αντλιών θερμότητας με χρήση γεωεναλλάκτη για θέρμανση και ψύξη των χώρων ή συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας, που αποτελεί μια ιδιαίτερα πετυχημένη πρακτική σε δημόσια κτίρια όπως είναι για παράδειγμα τα νοσοκομεία. (DOTSOFT A.E., 2015)

1.7 Επίδραση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος στην υγεία των μαθητών

Είναι γεγονός ότι η επίδραση του εσωτερικού περιβάλλοντος στην υγεία των χρηστών των κτιρίων έχει μελετηθεί εδώ και αρκετά χρόνια, ενώ όσον αφορά τα σχολικά κτίρια, οι μαθητές που βρίσκονται σε καλές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, φαίνεται να έχουν και υψηλότερες επιδόσεις. Τα προβλήματα που μπορούν να προκύψουν εξαιτίας της χαμηλής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, μπορεί να σχετίζεται άμεσα κυρίως με την ποιότητα εσωτερικού αέρα, όπως επίσης και με την θερμική άνεση, αλλά και με την οπτική και ακουστική άνεση. (Schneider , 2002)

Ειδικότερα, όσον αφορά την θερμική άνεση, τα προβλήματα που προκύπτουν στα σχολικά κτίρια σχετίζονται αφενός με την θερμική ανισορροπία που διαπιστώνεται κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών εξαιτίας της εισόδου ψυχρού αέρα από τα κουφώματα και την δημιουργία τοπικής θερμικής ασυμμετρίας κοντά σε αυτά. Αφετέρου δε, τα προβλήματα θερμικής άνεσης συνδέονται με την υπερθέρμανση των σχολικών αιθουσών, κατά την αρχή και την λήξη της σχολικής περιόδου, λόγω των υψηλών εξωτερικών θερμοκρασιών. (Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων , 2008) Εξαιτίας αυτών των συνθηκών, οι μαθητές παρουσιάζουν αδυναμία συγκέντρωσης καθώς και χαμηλές επιδόσεις, ενώ λόγω της αυξημένης υγρασίας, υπάρχει εντονότερη η αίσθηση του ψύχους, αλλά και της ζέστης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καταστάσεις του Συνδρόμου Άρρωστου Κτιρίου.

Αναφορικά με την οπτική άνεση, αυτή επιδρά στο σχολικό περιβάλλον τόσο στην υγεία των ματιών, όσο και στην ανάπτυξη των ίδιων των μαθητών. (Bellia , 2010) Όμως, η ποιότητα του φωτισμού στην σχολική τάξη σχετίζεται άμεσα με τον συνδυασμό του φυσικού και του τεχνητού φωτισμού. Έτσι, η διαχείριση του φωτός καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη, εφόσον δεν υπάρχουν τα κατάλληλα «εργαλεία», όπως είναι για παράδειγμα τα σκιάστρα, οι περσίδες, τα στοιχεία έμμεσου φωτισμού κτλ, ενώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ούτε οι εκπαιδευτικοί διαθέτουν την κατάλληλη κατάρτιση έτσι ώστε να μπορέσουν να διαχειριστούν με αποδοτικό τρόπο τον φωτισμό. Ως ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα το οποίο προκύπτει λόγω της κακής χρήσης του φωτός εντός της σχολικής αίθουσας, είναι το πρόβλημα της θάμβωσης, όπου προκαλούνται ενοχλήσεις στους μαθητές κατά την ανάγνωση αλλά και κατά την γραφή, ενώ δυσκολεύεται σε μεγάλο βαθμό η οπτική τους επαφή με τον πίνακα. Επιπλέον, λόγω του συνδυασμού τεχνητού και φυσικού φωτισμού, δημιουργούνται διαφορές στην ένταση του φωτός εντός της αίθουσας. (Bellia , 2010)

Η ακουστική άνεση σε ένα κτίριο έχει να κάνει κυρίως με εξωγενείς παράγοντες, και λιγότερο με τους παράγοντες που βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου και επιδρούν. Οι μαθητές μπορούν να επηρεαστούν από τον θόρυβο είτε παθολογικά,

όπου τους δημιουργεί προσωρινή είτε μόνιμη βλάβη, είτε υπερένταση και υπέρταση, είτε προβλήματα τα οποία αφορούν τον ύπνο, είτε λειτουργικά, όπου δεν έχουν τη δυνατότητα να συγκεντρωθούν με τους προσοχή τους να αποσπάται διαρκώς, είτε ψυχολογικά, όπου εμφανίζεται εκνευρισμός και μείωση των επιδόσεών τους. (Bellia , 2010)

1.8 Φωτοβολταϊκά

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνιστά μια ιδιαίτερα διαδεδομένη και διαρκώς εξελισσόμενη τεχνολογία. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να διακριθούν σε διασυνδεδεμένα τα οποία συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς σε αυτόνομα, όπου ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε συσσωρευτές. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα αυτόνομα συστήματα έχουν τη δυνατότητα να συνδυάζονται και με άλλες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι για παράδειγμα η ανεμογεννήτριες ή τα μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.

Στην περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων η περίσσεια της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας πωλείται στην εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (τουλάχιστον μέχρι πριν εφαρμοστεί και στην Ελλάδα το net-metering). Από την άλλη, στα αυτόνομα συστήματα καθίσταται αναγκαία η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές, μέσω των οποίων μπορούν να εξυπηρετηθούν οι ανάγκες του κτιρίου κατά τις ώρες ζήτησης, όταν δεν υπάρχει επαρκή ή δεν υπάρχει καθόλου ηλιακή ακτινοβολία. Στις περιπτώσεις των αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται θεωρούνται ως ειδικού τύπου, έτσι ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στους διαδοχικούς κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης, ενώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται μεταξύ πέντε και οκτώ ετών. (Παταργιάς & Μπενετάτου , 2011)

Τόσο στα διασυνδεδεμένα, όσο και στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά, καθίσταται αναγκαία η ύπαρξη ενός αντίστροφέα ισχύος (inverter) μέσω του οποίου υπάρχει

η δυνατότητα το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά να μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει τις κτηριακές καταναλώσεις. Η ισχύς του αντιστροφέα ισχύος θα πρέπει να κυμαίνεται στο 80-90% της συνολικής εγκαταστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών, έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργεί στη μέγιστη δυνατή ισχύ, παρέχοντας την μέγιστη απόδοση.

Οι συστοιχίες φωτοβολταϊκών αποτελούνται από φωτοβολταϊκά πλαίσια, τα οποία συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους. Τα ευρέως χρησιμοποιούμενα φωτοβολταϊκά έχουν ισχύ που κυμαίνεται από 50 W έως 200 W, ενώ είναι κατασκευασμένα από μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό ή άμορφο πυρίτιο υλικό φιλικό προς το περιβάλλον. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 5-15%. Για την βέλτιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων συνίσταται η τοποθέτηση με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο 30ο, καθώς και να αποφεύγεται η σκίαση του χώρου τοποθέτησής τους. (Χατζηβασιλειάδη , 2010)

1.9 Καλές πρακτικές σχολείων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης

Νηπιαγωγείο στο Heumaden – Γερμανία

Η συγκεκριμένη περιοχή βρίσκεται κοντά στη Στουτγάρδη στη Γερμανία. Το σχολείο είναι επιμήκης, έχοντας έναν κεντρικό διάδρομο, ενώ οι τάξεις αναπτύσσονται εκατέρωθεν του διαδρόμου. Το σχολείο έχει κατασκευαστεί από ξύλο ερυθρελάτης, που παράγεται στην ευρύτερη περιοχή, ενώ γίνεται ενεργητική χρήση της ηλιακής ενέργειας, μέσω της τοποθέτησης ηλιακών συλλεκτών που αξιοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης. Επίσης, για την μείωση της κατανάλωσης νερού, έχει προβλεφθεί σύστημα το οποίο καταφέρνει και ανακτά τα νερά της βροχής. Τέλος, να επισημάνουμε ότι το θερμομονωτικό υλικό που αξιοποιήθηκε κατά την κατασκευή του έργου είναι ίνες κυτταρίνης. (Muller-Gauzin , 2003)

Το σχολικό συγκρότημα του Αγίου Δημητρίου Αττικής

Πρόκειται για ένα γνωστό σχολικό συγκρότημα κυρίως λόγω του σχήματος που διαθέτει, καθώς όταν κατασκευάστηκε δεν στηρίχθηκε στα πρότυπα που έχει θέσει ο ΟΣΚ. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το συγκεκριμένο κτίριο δεν ακολούθησε την τυπική γραμματική διάταξη που πρότεινε τότε ο ΟΣΚ, αλλά πρότεινε μια κυκλική διάταξη των αιθουσών διδασκαλίας.

Τα τελευταία χρόνια, προκειμένου να ανταποκριθεί το σχολείο στις σύγχρονες απαιτήσεις αλλά και στην μείωση του λειτουργικού κόστους, προχώρησε σε μια σειρά από παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας. Οι παρεμβάσεις αυτές είχαν ως στόχο την ενίσχυση του κτιριακού κελύφους, την αναδιαμόρφωση χώρων και τοίχων, την αντικατάσταση κουφωμάτων με νέας τεχνολογίας κουφώματα, την αναβάθμιση των συμβατικών συστημάτων θέρμανσης με νέα συστήματα που θα έχουν μεγαλύτερη απόδοση. (Κωνσταντόπουλος, 2013)

Η περίπτωση του 1ου Γυμνασίου Πυλαίας

Ο Δήμος Πυλαίας-Χορτιάτη, προχώρησε σε ιδιαίτερα σημαντική μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, μέσω της ενσωμάτωσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς και μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας. Οι παρεμβάσεις που έγιναν επικεντρώθηκαν στην αντικατάσταση των κουφωμάτων, στην βελτίωση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, στις παρεμβάσεις του αύλειου χώρου στο σχολείο. Πέρα από αυτές τις παρεμβάσεις ο Δήμος προχώρησε στην εγκατάσταση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μέσω του γεωθερμικού συστήματος θέρμανσης - ψύξης, καθώς και στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στη στέγη του σχολείου υιοθετώντας μάλιστα την μέθοδο της αυτοπαραγωγής. Επιπρόσθετα, στο κτίριο του 1ου Γυμνασίου Πυλαίας, εγκαταστάθηκε σύστημα που ασχολείται με την διαχείριση της ενέργειας του κτιρίου (BEMS). Προκειμένου να αξιολογηθούν οι παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στο σχολείο, έγινε δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση, ενώ το κτίριο από την κατηγορία Γ Ενεργειακής Απόδοσης, μπορεί να

πας στην κατηγορία Β. (Δήμος Πυλαίας-Χορτιάτη , 2018)

Κεφαλαίο 2

Μεθοδολογία

2.1 Εισαγωγή – Περιγραφή του κτιρίου

Το κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών βρίσκεται στην οδό Δημητρίου Μαρούλη στις Σέρρες, έχοντας γεωγραφικές συντεταγμένες 41°05'45''B και 23°33'59''A. Το κτήριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών κατασκευάστηκε το 1983, με βάση τα σχέδια που διαμόρφωσε ο Οργανισμός Σχολικών Κτηρίων (Ο.Σ.Κ.). Από το 1995 το σχολείο μεταβιβάστηκε στον Δήμο Σερρών με την Φ.6/179/22-5-1995 διαπιστωτική απόφαση και έχει δηλωθεί στο Κτηματολόγιο λαμβάνοντας τον αντίστοιχο αριθμό ΚΑΕΚ.

Πρόκειται για ένα διώροφο κτίριο με τις κατόψεις του ισογείου και του πρώτου ορόφου να παρουσιάζουν ομοιότητες. Η ανάπτυξη του κτιρίου γίνεται στον άξονα Ανατολή-Δύση, ενώ ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι Νοτιοανατολικός, ενώ μόνο από την μία πλευρά του γειτνιάζει με άλλο κτίριο, τον Ιερό Ναό Αγίου Γεωργίου, από την βόρεια πλευρά. (Δήμος Σερρών, 2013)

Η εικόνα 1, παρουσιάζει την νότια όψη του κτιρίου.



Εικόνα 1: Νότια όψη 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών

Η εικόνα 2 παρουσιάζει την ανατολική όψη του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών.



Εικόνα 2: Ανατολική όψη του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών

Η εικόνα 3 παρουσιάζει το κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών.



Εικόνα 3: Δορυφορική εικόνα του κτιρίου του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών, Βόρεια-Δυτική όψη

Στην περιοχή που βρίσκεται το 5^ο Δημοτικό Σχολείο επικρατεί χαμηλή δόμηση και έτσι δεν επικρατεί σκίαση σε μεγάλο βαθμό του κτιρίου.

Στον πίνακα 2 αποτυπώνεται η σκίαση που επικρατεί περιμετρικά του κτιρίου.

Όψη κτιρίου	A(είσοδος)	B	Γ	Δ
Προσανατολισμός	Νότιος	Ανατολικός	Βόρειος	Δυτικός
Φυσικά σκίαστρα	-	-	-	-
Τεχνητά σκίαστρα	Πρόβολοι 80 εκ. πάνω από τα παράθυρα	Πρόβολοι 80 εκ. πάνω από τα παράθυρα	Πρόβολοι 80 εκ. πάνω από τα παράθυρα	Πρόβολοι 80 εκ. πάνω από τα παράθυρα
Παρατηρήσεις	-	-	Τοίχιο αντιστήριξης σε απόσταση 6 μέτρων από την πλευρά και ύψους 4,5 μέτρων	-

Πίνακας 2: Περιγραφή της σκίασης περιμετρικά του κτιρίου

Το κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών στεγάζει δέκα αίθουσες διδασκαλίας και επιπλέον έχει αίθουσα που λειτουργεί ως βιβλιοθήκη, αίθουσα ηλεκτρονικών υπολογιστών, αίθουσα ένταξης, γραφεία δασκάλων όπως επίσης και άλλους βοηθητικούς χώρους. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η περίοδος λειτουργίας του σχολείου είναι από τον Σεπτέμβριο μέχρι και τον Μάιο και το ωράριο λειτουργίας είναι 9 το πρωί έως και τις τέσσερις το μεσημέρι. Όσον αφορά το ανθρώπινο δυναμικό το οποίο βρίσκεται στο σχολείο, αυτό αποτελείται από 170 παιδιά και 20 δασκάλους, ενώ ο μέγιστος αριθμός των μαθητών που είναι σε θέση να δεχτεί το σχολείο είναι 220 μαθητές.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται ορισμένα στοιχεία που αφορούν το κέλυφος του κτιρίου.

	Συνολικό Εμβαδό θερμαινόμενων χώρων (τ.μ.)	Μέσο ύψος (m)	Εκτεθειμένες εξωτερικές όψεις	Επιφάνεια ανοιγμάτων (τ.μ.)	Ανοίγματα %	Όγκος m ³
Ειδικά Στοιχεία Κτιρίου	1150,00	3	504	171,23	34	3.450

Πίνακας 3: Στοιχεία για το κέλυφος του κτιρίου

Η εικόνα 4 παρουσιάζει την αίθουσα διδασκαλίας της Πέμπτης Δημοτικού.



Εικόνα 4: Αίθουσα διδασκαλίας Πέμπτης Δημοτικού

2.2 Δομικά στοιχεία του κτιρίου

Από πλευράς θερμοχωρητικότητας, το σχολείο μπορεί να χαρακτηριστεί ως μεσαίας χωρητικότητας καθώς έχει εξωτερική τοιχοποιία από μπετόν πάχους περίπου 15 εκατοστών και ένα μέρος των όψεων του κτιρίου καλύπτεται από υαλοστάσια. Όσον αφορά την στέγη του κτιρίου έχει κεραμοσκεπή η οποία δεν έχει μόνωση, ενώ το δάπεδο του ισογείου του κτιρίου είναι επίσης χωρίς μόνωσης και έχει επίστρωση μωσαϊκού. Τέλος, σχετικά με την συντήρηση του κτιρίου, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέτρια, ενώ οι παρεμβάσεις που έγιναν στο κτίριο δεν είχαν ιδιαίτερα μεγάλη συμβολή στην βελτίωση του κελύφους του κτιρίου και για τον λόγο αυτό διαπιστώνονται φθορές στην τοιχοποιία. (Δήμος Σερρών , 2013)

Κατά την ενεργειακή επιθεώρηση που πραγματοποιήθηκε στο 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών, χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι συντελεστές θερμοπερατότητας (U-Value):

- Τοιχοποιία (από μπετόν 15cm χωρίς μόνωση): $3,522\text{W/m}^2\text{°C}$

- Στέγη (κεραμοσκεπή χωρίς μόνωση): $1,037 \text{ W/m}^2\text{C}$
- Δάπεδο (μωσαϊκό χωρίς μόνωση): $1,051 \text{ W/m}^2\text{C}$

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει προηγουμένως, τα ανοίγματα αντιπροσωπεύουν ένα ποσοστό της τάξεως του 34% των εξωτερικών επιφανειών και αυτά καλύπτονται από υαλοπετάσματα. Τα παράθυρα είναι κατασκευασμένα από μεταλλικό πλαίσιο αλουμινίου και έχουν διπλό υαλοπίνακα. Η κατάσταση των παραθύρων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέτρια, καθώς δεν γίνονται συντηρήσεις ενώ στην πλειοψηφία τους έχουν χαμηλή αεροστεγανότητα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) ο οποίος χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς που αφορούν τα ανοίγματα με διπλό υαλοπίνακα και μεταλλικό πλαίσιο είναι $U=4.50 \text{ W/m}^2\text{C}$. Λαμβάνοντας υπόψη την TOTEE 20701-1, ο συντελεστής διείσδυσης αέρα για τα κουφώματα είναι $6,8\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ και ο συντελεστής των θερμικών ηλιακών απολαβών των διπλών υαλοπινάκων είναι ίσος με $g_{gl}=0.68$. (Δήμος Σερρών , 2013)

Η εικόνα 5, παρουσιάζει ένα τυπικό παράθυρο του κτιρίου.



Εικόνα 5: Τυπικό παράθυρο του κτιρίου που στεγάζει το 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών

2.3 Εσωτερικό περιβάλλον του κτιρίου

Μεγάλη σημασία δίνετε στην ποιότητα του εσωτερικού χώρου του κτιρίου και κυρίως στην θερμική και οπτική άνεση του εσωτερικού περιβάλλοντος.

2.1 Θερμική άνεση

Θέρμανση

Η κεντρική θέρμανση του κτιρίου γίνεται με λέβητα και καυστήρα πετρελαίου, με την ονομαστική ισχύ του λέβητα να ανέρχεται σε 125.000kcal/h. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο λέβητας είναι κατασκευής του 1983, όντας εγκαταστημένος στο σχολείο για χρονικό διάστημα περίπου 30 ετών. Ο λέβητας έχει χαμηλή απόδοση αφενός λόγω παλαιότητας, αφετέρου δε λόγω πλημμελούς συντήρησης. Τα καυσαέρια απομακρύνονται από τον λέβητα μέσω καπναγωγού κυκλικής διατομής Φ200 ο οποίος καταλήγει σε καπνοδόχο με την ίδια διατομή. Όσον αφορά τον βαθμό απόδοσης του λέβητα, λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχουν στοιχεία και λόγω της παλαιότητάς του αυτό θεωρήθηκε 0,80 στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης που ακολούθησε όπως και στα πλαίσια της παρούσας διατριβής.

Η εικόνα 6 παρουσιάζει τον λέβητα που ήταν εγκατεστημένος στο 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών.



Εικόνα 6: Λέβητας 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών

Όσον αφορά το δίκτυο διανομής του συστήματος θέρμανσης, αυτό ξεκινά από το λεβητοστάσιο, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο ισόγειο του κτιρίου και εν συνεχεία η θερμότητα διανέμεται στα θερμαντικά σώματα μέσω της χρήσης δισωλήνιου

συστήματος. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι δεν υπάρχουν σωλήνες χωρίς μόνωση σε χώρους που δεν θερμαίνονται και έτσι δεν υπολογίζονται απώλειες τέτοιου είδους. Τέλος, όσον αφορά την διανομή του ζεστού νερού, αυτή επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης κυκλοφορητή WIL0, του οποίου η ονομαστική ισχύς φθάνει τα 205W. (Δήμος Σερρών , 2013)

Τα θερμαντικά σώματα που χρησιμοποιούνται στο σχολικό κτίριο που εξετάζουμε είναι τύπου AKAN, παλαιάς κατασκευής και καλυμμένα με βαφή, τα οποία είναι εγκαταστημένα στο σχολείο από την δημιουργία του, δηλαδή περίπου ίδιας ηλικίας με τον λέβητα. Ο τρόπος λειτουργίας τους είναι με εκπομπή, ενώ έχουν τοποθετηθεί σε θέσεις τέτοιες να μπορεί να γίνεται φυσική μεταφορά του θερμού αέρα. Τέλος, να επισημάνουμε ότι η απόδοση των σωμάτων θεωρείται ως ικανοποιητική φθάνοντας περίπου στο 0,90.

Η εικόνα 7 παρουσιάζει ένα τυπικό θερμαντικό σώμα στο κτήριο του σχολείου.



Εικόνα 7: Τυπικό θερμαντικό σώμα στο κτήριο

Στον πίνακα 4 αποτυπώνονται τα θερμαντικά σώματα τα οποία είναι εγκαταστημένα στο κτήριο.

Επίπεδο	Χώρος	Αριθμός	Τύπος	Εκτιμώμενη απόδοση (kcal/h)
Ισόγειο	Είσοδος	1	AKAN IV 905/30	5100
Ισόγειο	Γραφείο	1	AKAN IV 905/20	3400
Ισόγειο	δασκάλων	1	AKAN IV 905/5	850
Ισόγειο	Γραφείο	1	AKAN 505/6	505
Ισόγειο	Διευθύντριας	1	AKAN IV 505/16	1760
Ισόγειο	Αίθουσα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών	1	AKAN IV 505/30	3300
Ισόγειο	Τάξη Δ2	1	AKAN IV 505/32	3520
Ισόγειο	Αίθουσα εκδηλώσεων	2	AKAN IV 905/18	3060
Ισόγειο		2	AKAN IV 905/21	3570
Ισόγειο	Χωλ 1	1	AKAN IV 905/11	1870
Ισόγειο		1	AKAN IV 905/15	2550
Ισόγειο	Κυλικείο	1	AKAN IV 905/10	1700
Ισόγειο	Βιβλιοθήκη	1	PANEL 33/1200/600	3450
Ισόγειο	Τάξη ΣΤ'	1	AKAN IV 505/18	1980
Όροφος	Αίθουσα ένταξης	1	AKAN IV 905/29	4930
Όροφος	Τάξη Ε'	2	AKAN IV 505/35	3850
Όροφος	Τάξη Δ1	2	AKAN IV 505/34	3190
Όροφος	Τάξη Β2	1	AKAN IV 905/28	4760
Όροφος	Τάξη Β1	2	AKAN IV 905/33	5610
Όροφος	Τάξη Α1	2	AKAN IV 905/36	6120
Όροφος	Τάξη Γ	1	AKAN IV 905/29	6120
Όροφος		1	AKAN IV 905/35	4930
Όροφος		1	PANEL33/1200/600	3450
Όροφος	Τάξη Α	2	AKAN IV 505/21	2310
Όροφος		1	PANEL 33/1000/600	2870
Όροφος	Τάξη ΣΤ'	3	AKAN IV 505/30	3300
Όροφος	Χώρος Διαλείμματος	2	AKAN IV 505/25	2750
Σύνολο	-	37		127.865

Πίνακας 4: Καταγραφή των θερμαντικών σωμάτων του κτιρίου

Λαμβάνοντας υπόψη τον πίνακα που παρατέθηκε αναφορικά με την εγκατεστημένη ισχύ των σωμάτων, αυτή ξεπερνά την ονομαστική ισχύ του λέβητα φτάνοντας στις 127.865 kcal/h. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη και τον βαθμό απόδοσης του λέβητα, λόγω παλαιότητας όπως έχει αναφερθεί ήδη, η απόδοσή του είναι σημαντικά μικρότερη από την ισχύ των σωμάτων που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ουσιαστικά, από αυτό

προκύπτει ότι ο λέβητας στην κατάσταση που βρίσκεται δεν είναι σε θέση να καλύψει τις θερμικές ανάγκες που έχει το σχολείο. (Δήμος Σερρών , 2013)

Κλιματισμός

Ο κλιματισμός στο σχολείο λειτουργεί μέσω τοπικών κλιματιστικών διαιρούμενου τύπου τα οποία υπάρχουν ένα στο γραφείο των δασκάλων και ένα στο γραφείο της διευθύντριας. Παρόλο που οι συσκευές αυτές κλιματισμού έχουν εγκατασταθεί σχετικά πρόσφατα δεν χρησιμοποιούνται οπότε δεν λαμβάνονται υπόψη και για τους αντίστοιχους υπολογισμούς θερμικής άνεσης. (Δήμος Σερρών , 2013)

2.2 Οπτική άνεση

Όσον αφορά τον φυσικό φωτισμό, το κτίριο όπως έχουμε ήδη αναφέρει βρίσκεται σε μια περιοχή όπου γύρω του έχει κτίρια χαμηλού ύψους και συνεπώς οι όψεις του κτιρίου σκιάζονται σε μικρό βαθμό. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο φωτισμός επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου.

Αναφορικά με τον τεχνητό φωτισμό στο κτήριο χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίοι βρίσκονται μάλιστα σε σχετικά καλή κατάσταση. Όμως, θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο φυσικός φωτισμός θεωρείται επαρκής για να μπορεί να εξασφαλίσει την αναγκαία στάθμη φωτισμού για τις ανάγκες του κτιρίου. Συνεπώς, δεν καθίσταται αναγκαία η χρήση τεχνητού φωτισμού σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου.

Η εικόνα 8 παρουσιάζει τα τυπικά φωτιστικά σώματα του κτιρίου.



Εικόνα 8: Τυπικά φωτιστικά σώματα

Ο πίνακας 5 αποτυπώνει τα φωτιστικά σώματα τα οποία είναι εγκατεστημένα στο κτίριο.

Επίπεδο	Χώρος	Αριθμός	Λαμπτήρες	Ισχύς (Watt)	Τύπος	Κάλυμμα	Ανακλαστήρας
Ισόγειο	Είσοδος	7	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
		3	100 Watt	100	Πυρακτώσεως	Όχι	Όχι
Ισόγειο	Γραφείο δασκάλων	8	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Γραφείο διευθύντριας	6	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Αίθουσα Η/Υ	6	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Τάξη Δ2	6	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Αίθουσα εκδηλώσεων	36	2x36 Watt	72		Όχι	Όχι
Ισόγειο	Χωλ 1	8	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
		3	100 Watt	100	Πυρακτώσεως	Όχι	Όχι
Ισόγειο	Κυλικείο	3	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Βιβλιοθήκη	6	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Ισόγειο	Τάξη ΣΤ'	6	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Αίθουσα ένταξης	2	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Ε'	12	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Δ1	12	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Β2	2	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Β1	12	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Α1	12	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Γ	12	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη Α	4	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Τάξη ΣΤ'	9	2x36 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
Όροφος	Χώρος Διαλείμματος	14	4x18 Watt	72	Φθορισμού	Ναι	Όχι
		189					

Πίνακας 5: Αποτύπωση των φωτιστικών σωμάτων που βρίσκονται στο κτίριο

2.4 Ποσοτική έρευνα

Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής αναβάθμισης του σχολείου έγινε με τη σύνταξη ενός ερωτηματολογίου το οποίο μοιράστηκε στους διδάσκοντες με στόχο την συλλογή στοιχείων από πρωτογενείς πηγές.

Τα ερωτηματολόγια χωρίστηκαν σε έξι (6) ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει τα προσωπικά στοιχεία των ερωτηθέντων όπως γίνεται συνήθως σε όλα τα

ερωτηματολόγια. Οι ερωτήσεις αφορούν την ηλικία, το φύλο, την ιδιότητα και τα έτη εργασίας στο σχολείο. Οι πρώτες τρεις ερωτήσεις γίνονται καθαρά για στατιστικούς λόγους ενώ η τελευταία που αφορά τα έτη υπηρεσίας στο συγκεκριμένο σχολείο γίνεται για να αποκλειστούν όσοι ερωτηθέντες έχουν λιγότερα από τρία (3) έτη υπηρεσίας λόγω του ότι οι εργασίες τελείωσαν το 2015.

Το δεύτερο σκέλος των ερωτήσεων αφορά την ικανοποίηση από την ενεργειακή αναβάθμιση και πιο συγκεκριμένα το πόσο ικανοποιημένοι είναι οι ερωτηθέντες από την επιλογή των επεμβάσεων και την ποιότητα των υλικών. Έτσι θα αξιολογηθούν στο σύνολό τους οι επεμβάσεις και η ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Στη συνέχεια στην τρίτη ενότητα ζητείτε να αξιολογηθεί κάθε παρέμβαση ξεχωριστά για το εσωτερικό περιβάλλον του σχολείου, την θερμομόνωση, τα φωτιστικά, το κεντρικό σύστημα θέρμανσης και την αντικατάσταση των θερμομαντικών σωμάτων. Τα αποτελέσματα μας δίνουν πληροφορίες αναλυτικά για κάθε παρέμβαση που έγινε στο κτίριο.

Στην τέταρτη ενότητα ερωτήσεων ερευνάτε το προφίλ των ερωτηθέντων σε σχέση με την ενεργειακή τους συμπεριφορά στο χώρο του σχολείου. Οι ερωτήσεις αφορούν την καλή ή όχι λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και το φωτισμό. Δηλαδή πόσο συχνά αφήνουν τις συσκευές και τον φωτισμό ανοικτό καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Επίσης ερευνάτε η ρύθμιση του θερμοστάτη κατά τους θερμούς και ψυχρούς μήνες με μέση τιμή τους 23° C.

Το πέμπτο μέρος των ερωτήσεων ερευνά την αντίληψη χρήσης ενέργειας όπως ο φωτισμός, η θέρμανση, ο κλιματισμός και οι ηλεκτρικές συσκευές έτσι ώστε να διερευνηθεί κατά πόσο γνωρίζουν οι ερωτηθέντες την συνεισφορά του κάθε μίας από αυτές τις χρήσεις στις ενεργειακές δαπάνες του σχολείου.

Τέλος στην τελευταία ενότητα ερωτήσεων γίνεται διερεύνηση του πόσο δεκτικοί είναι οι συμμετέχοντες, στο ερωτηματολόγιο, στην ενημέρωση από ειδικούς σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και στην υιοθέτηση συμβουλών χαμηλού κόστους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον. Επίσης ερευνάτε το πόσο σημαντική

θεωρούν την προσωπική τους δέσμευση καθώς και το πόσο σημαντικό θεωρούν τον ρόλο των μαθητών στην εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον.

Κεφάλαιο 3

Συμπεράσματα

3.1 Εισαγωγή - Γενικές πληροφορίες για την ενεργειακή επιθεώρηση

Η ενεργειακή επιθεώρηση στο κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών έγινε με βάση τον ΚΕΝΑΚ που ίσχυε από το 2010 χωρίς σε αυτόν να έχουν ενσωματωθεί οι πιο πρόσφατες αλλαγές που έγιναν στον ΚΕΝΑΚ το 2017.

Αρχικά, θα πρέπει να αναφερθούμε στο θεσμικό πλαίσιο που διέπει τις ενεργειακές επιθεωρήσεις των κτιρίων με τα κυριότερα ζητήματα να ρυθμίζονται ως εξής:

- Με τον Νόμο 3661/2008 «Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ Α' 89).
- Με τον Νόμο 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις που αφορούν θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής»(ΦΕΚ Α'85).
- Με το Προεδρικό Διάταγμα ΠΔ 100/2010 «Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού» (ΦΕΚ Α' 177).
- Με το Προεδρικό Διάταγμα 72/2010 «Συγκρότηση, διοικητική και οργανωτική δομή και στελέχωση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ.) – ΦΕΚ Α' 132
- Με την εφαρμογή της Κοινής Υπουργικής Απόφασης Αριθμ. Δ6/Β/ οικ. 5825/2010 «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.ΕΝ.Α.Κ.) (ΦΕΚ Β'407). Με βάση την συγκεκριμένη Κοινή Υπουργική απόφαση προσδιορίστηκε η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης ενός κτιρίου, καθορίστηκαν οι ελάχιστες απαιτήσεις που αφορούν

την ενεργειακή απόδοση και οι κατηγορίες που αφορούν την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων. Επιπρόσθετα, προσδιορίστηκαν οι ελάχιστες προδιαγραφές που αφορούν τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους, όπως επίσης και οι προδιαγραφές των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των νέων κτιρίων που βρίσκονται στο στάδιο της μελέτης, όπως και αυτά που είναι ριζικά ανακαινισμένα. Επιπλέον, ορίστηκε το περιεχόμενο της μελέτης που αφορά την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, η μορφή το Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης του Κτιρίου, όπως και τα στοιχεία που αυτό περιλαμβάνει. Τέλος, προσδιορίστηκε η διαδικασία που αφορά τις ενεργειακές επιθεωρήσεις των κτιρίων, αλλά και η διαδικασία των επιθεωρήσεων των λεβήτων και των εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

- Με την Υπουργική Απόφαση Αριθμ. Οικ. 17178/2010 «Έγκριση και εφαρμογή των Τεχνικών Οδηγιών ΤΕΕ για την Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων» (ΦΕΚ Β' 1387).

Επιπλέον, για την διεξαγωγή των ενεργειακών επιθεωρήσεων και για την πλήρη εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ, ίσχυαν υποχρεωτικά (πριν αυτές αναθεωρηθούν το 2017) οι ακόλουθες Τεχνικές Οδηγίες ΤΕΕ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.):

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 με τίτλο «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010 με τίτλο «Θερμοφυσικές ιδιότητες των δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων».
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 που έχει τίτλο «Κλιματική δεδομένα Ελληνικών Περιοχών».
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010 με τίτλο «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού». (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

Προετοιμασία Ενεργειακής Επιθεώρησης

Αντίθετα με τις κατοικίες όπου συνήθως δεν απαιτείται η προετοιμασία για την ενεργειακή επιθεώρηση, σε μεγαλύτερα και πιο σύνθετα κτίρια όπως είναι και το 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών που εξετάζουμε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, ο ενεργειακός επιθεωρητής θα πρέπει να συλλέξει δεδομένα και τεχνικές προδιαγραφές τόσο για το κτίριο, όσο και για τις εγκαταστάσεις που βρίσκονται εντός αυτού, έτσι ώστε να έχει μια σαφή εικόνα πριν από την διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης.

Επιπλέον, πριν την διεξαγωγή της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου απαιτούνται να υπάρχουν τα ακόλουθα και να διαβιβαστούν, όταν αυτά ζητηθούν στον ενεργειακό επιθεωρητή:

- Διαθέσιμες μελέτες, σχέδια και δεδομένα που αφορούν τις εγκαταστάσεις του κτιρίου, όπως είναι για παράδειγμα η αρχιτεκτονική μελέτη, η μελέτη θερμομόνωσης, η διαστασιολόγηση των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, τα αρχιτεκτονικά σχέδια, τα σχέδια των ηλεκτρομηχανικών εγκαταστάσεων κτλ.
- Διαθέσιμες μετρήσεις, εφόσον αυτές υπάρχουν, που μπορεί για παράδειγμα να αφορούν την κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση και προκύπτουν είτε μέσω των συστημάτων ελέγχου, είτε από λογαριασμούς ρεύματος κτλ.
- Πιθανές πληροφορίες που έχουν όσοι εργάζονται ή ζούνε εντός του κτιρίου. Για παράδειγμα, μπορεί οι δάσκαλοι και οι μαθητές στην περίπτωση που εξετάζουμε να έχουν εντοπίσει τα προβλήματα λειτουργίας που σχετίζονται με την χαμηλή ενεργειακή απόδοση και επισημαίνοντας τα να κάνουν πιο εύκολο το έργο του ενεργειακού επιθεωρητή.
- Τυχόν σχέδια, εφόσον υπάρχουν, τα οποία αφορούν την ανακαίνιση ή την επέκταση των κτιριακών εγκαταστάσεων στα οποία συμπεριλαμβάνεται και η εγκατάσταση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η συμπαραγωγή καθώς και οι τεχνολογίες υψηλής απόδοσης. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

Κατά την διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης ο ενεργειακός επιθεωρητής επισκέπτεται επί τόπου το κτίριο και διασταυρώνει τα στοιχεία που ήδη διαθέτει για το κτίριο, καθώς και διαπιστώνει τις τυχόν αποκλίσεις που παρουσιάζονται. Επιπλέον,

κατά την διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης ο ενεργειακής επιθεωρητής συμπληρώνει τα τυποποιημένα έντυπα ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου τα οποία προσδιορίζονται στην αντίστοιχη Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-4/2010. Στα συγκεκριμένα έντυπα παρουσιάζονται όλα τα αναγκαία δεδομένα που αφορούν τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Ορισμένα από τα δεδομένα που καταγράφονται στα έντυπα της ενεργειακής επιθεώρησης προέρχονται από το διαθέσιμο υλικό καθώς και από τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν κατά την διάρκεια της προετοιμασίας της επιθεώρησης. Πιο αναλυτικά, λαμβάνονται πληροφορίες από τα αρχιτεκτονικά και από τα ηλεκτρομηχανολογικά σχέδια του κτιρίου, από τις αντίστοιχες αρχιτεκτονικές μελέτες, από τις μελέτες θέρμανσης, τις μελέτες κλιματισμού, τις μελέτες θερμομόνωσης κτλ. Επιπρόσθετα, πληροφορίες για την συμπλήρωση των εντύπων της ενεργειακής επιθεώρησης μπορούν να λαμβάνονται από τα δελτία αποστολής, καθώς και από τα πιστοποιητικά που αφορούν τις τεχνικές προδιαγραφές των δομικών υλικών και των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων, εφόσον πάντοτε αυτά είναι διαθέσιμα. Ακόμη, πληροφορίες αντλούνται από το αρχείο συντήρησης του κτιρίου, εφόσον αυτό είναι υπαρκτό. Τέλος, πληροφορίες μπορούν να αντληθούν από το διαθέσιμο σύστημα ελέγχου ή και από το σύστημα διαχείρισης και λειτουργίας του κτιρίου, εφόσον αυτό υπάρχει (BEMS). (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

Επεξεργασία των δεδομένων του κτιρίου-Βήματα συμπλήρωσης εντύπου ενεργειακής επιθεώρησης

Ο ενεργειακός επιθεωρητής αφού πληροφορηθεί τα δεδομένα προχωρά στην επεξεργασία τους και συμπληρώνει και το αντίστοιχο έντυπο. Τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθηθούν προκειμένου να συμπληρωθεί το έντυπο της ενεργειακής επιθεώρησης είναι τα ακόλουθα:

- Ο αναγκαίος διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες.
- Ο προσδιορισμός των εσωτερικών συνθηκών που επικρατούν στο κτίριο, καθώς και ο προσδιορισμός των εσωτερικών θερμικών ζωνών. Στις εσωτερικές συνθήκες λαμβάνονται υπόψη η θερμοκρασία, η υγρασία, ο αερισμός του κτιρίου κτλ.
- Ο προσδιορισμός των εσωτερικών κερδών που προκύπτουν εντός του κτιρίου, όπως είναι τα άτομα, τα μηχανήματα, οι συσκευές κτλ. τα οποία

διαφοροποιούνται ανάλογα με την χρήση του κτιρίου ή ανάλογα με την θερμική ζώνη.

- Η καταγραφή-αποτύπωση της γεωμετρίας που έχει το κτίριο, καθώς και η επαλήθευση της πραγματικής γεωμετρίας με αυτή που αποτυπώνεται στα σχέδια.
- Ο προσδιορισμός της ποιότητας κατασκευής, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός των θερμοφυσικών ιδιοτήτων και των τεχνικών χαρακτηριστικών που έχουν τα δομικά στοιχεία του κτιρίου.
- Ο υπολογισμός της αεροστεγανότητας των ανοιγμάτων, η οποία διαφέρει μεταξύ των ανοιγμάτων που έχει το κτίριο.
- Η αποτύπωση των συστημάτων και των δομικών στοιχείων που αφορούν την σκίαση, όπως επίσης και η αποτύπωση της μορφολογίας των τεχνητών εμποδίων που υπάρχουν στον περιβάλλοντα χώρο του προς επιθεώρηση κτιρίου.
- Η καταγραφή και αποτύπωση του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου.
- Η καταγραφή και αποτύπωση του συστήματος ψύξης του κτιρίου.
- Η καταγραφή και αποτύπωση του συστήματος που αφορά την ύγρανση του κτιρίου.
- Η καταγραφή του συστήματος που αφορά τον μηχανικό αερισμό του κτιρίου.
- Η καταγραφή του συστήματος που παράγει ζεστό νερό χρήσης.
- Η καταγραφή του συστήματος φωτισμού.
- Η αποτύπωση των υφιστάμενων διατάξεων ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου (BEMS).
- Η αποτύπωση των συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν στο κτίριο, όπως είναι για παράδειγμα τα ηλιοθερμικά συστήματα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η γεωθερμία κτλ. τα οποία δύναται να λειτουργούν συμπληρωματικά για την θέρμανση, την ψύξη καθώς και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στο κτίριο.
- Η καταγραφή και ανάλυση των επεμβάσεων που θα πρέπει να γίνουν στο κτίριο, είτε αυτές είναι προγραμματισμένες, είτε όχι, προκειμένου να υπάρξει ενεργειακή αναβάθμιση. (Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2011)

3.2 Υπολογισμός των ετήσιων ενεργειακών καταναλώσεων πριν τις παρεμβάσεις

Οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου υπολογίστηκαν και προσομοιώθηκαν με την χρήση του λογισμικού T.E.E. KENAK. Έτσι, υπολογίστηκαν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου, η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση καθώς και οι ενεργειακές καταναλώσεις που αφορούν τον φωτισμό.

3.2.1 Θέρμανση

Αρχικά, πριν την μελέτη της κατανάλωσης του κτιρίου για θέρμανση θα εξετάσουμε τις θερμικές απώλειες που παρουσιάζει το σχολείο. Οι θερμικές αυτές απώλειες μπορούν να υπολογιστούν για μια συγκεκριμένη μέση εξωτερική θερμοκρασία και για την περίοδο θέρμανσης που διαρκεί από τις 15 Οκτωβρίου έως και τις 30 Απριλίου για την περιοχή των Σερρών λαμβάνοντας υπόψη τα όσα παρατίθενται στην ΤΟΤΕΕ 20701-3. Ακόμη, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία για την περίοδο θέρμανσης που αναφέραμε και κατά την διάρκεια των ωρών χρήσης του σχολείου θεωρείται ίση με 20°C. (Δήμος Σερρών , 2013)

Προκειμένου να μπορούν να υπολογιστούν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση θα πρέπει να υπολογιστούν οι συνολικές απώλειες του κτιρίου ως προς περιβάλλον μέσω της μεταφοράς θερμότητας και του αερισμού. Επίσης, θα πρέπει να αφαιρεθούν τα θερμικά κέρδη τα οποία προέρχονται από την ηλιακή ακτινοβολία, από τους χρήστες του κτιρίου, από τις συσκευές που υπάρχουν στο εσωτερικό αυτού, ενώ αυτά πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή χρήσης του κτιρίου, που αποτελεί παράγοντα μείωσης των θερμικών κερδών και αποτυπώνει την δυναμική συμπεριφορά που έχει το κτίριο. Το θερμικό φορτίο που προκύπτει από τους συγκεκριμένους υπολογισμούς, πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή διακοπτόμενης λειτουργίας, εφόσον το σχολείο δεν θερμαίνεται διαρκώς, αλλά τις ώρες που έχουν αναφέρει και παραπάνω. (Δήμος Σερρών , 2013)

Ο πίνακας 6 αποτυπώνει τις συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις που έχει το κτίριο κατά την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης.

Μήνας	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Θέρμανση						
	(kWh/m²)			MWh		
Ιαν.	20.7	29.1	32.0	23.805	33.465	36.8
Φεβ.	12.5	17.6	19.4	14.375	20.24	22.31
Μαρ.	5.0	7.0	7.8	5.75	8.05	8.97
Απρ.	1.4	1.9	2.2	1.61	2.185	2.53
Μαι.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ιουν.	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
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Σεπ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Οκτ.	0.4	0.6	1.4	0.46	0.69	1.61
Νοε.	6.8	9.5	10.5	7.82	10.925	12.075
Δεκ.	19.1	26.7	29.4	21.965	30.705	33.81
Συν.	65.9	92.4	102.7	75.785	106.26	118.11

Πίνακας 6: Συνολικές ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου κατά την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης

3.2.2 Ψύξη

Όπως έχουμε ήδη τονίσει και προηγουμένως, παρόλο που υπάρχουν δύο κλιματιστικές εγκαταστάσεις στο σχολείο, στα γραφεία των δασκάλων και του διευθυντή, αυτά δεν λειτουργούν. Επίσης, θεωρώντας ότι το σχολείο παραμένει κλειστό κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, δηλαδή από 1^η Ιουνίου έως και 31^η Αυγούστου, τα ψυκτικά φορτία, κατά την διάρκεια της ενεργειακής επιθεώρησης θεωρούνται μηδενικά. (Δήμος Σερρών, 2013)

3.2.3 Φωτισμός

Όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στο κτίριο οι περισσότεροι λαμπτήρες είναι φθορισμού με την συνολική τους ισχύ να

φθάνει τα 16,60 Kw. Οι περισσότεροι από τους συγκεκριμένους λαμπτήρες παραμένουν αναμμένοι για χρονικό διάστημα το οποίο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του ωραρίου λειτουργίας του κτιρίου. Λαμβάνοντας υπόψη την ΤΟΤΕΕ 20701-1 ο χρόνος λειτουργίας των φωτιστικών μπορεί να εκτιμηθεί σε 1560 ώρες σε ετήσια βάση.

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει την κατανάλωση της τελικής και της πρωτογενούς ενέργειας για τον φωτισμό.

Μήνας	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Φωτισμός				
	(kWh/m²)		MWh	
Ιαν.	2.4	7.0	2.76	8.05
Φεβ.	2.4	7.0	2.76	8.05
Μαρ.	2.4	7.0	2.76	8.05
Απρ.	2.4	7.0	2.76	8.05
Μαι.	2.4	7.0	2.76	8.05
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.	2.4	7.0	2.76	8.05
Οκτ.	2.4	7.0	2.76	8.05
Νοε.	2.4	7.0	2.76	8.05
Δεκ.	2.4	7.0	2.76	8.05
Συν.	21.7	63.0	24.95	72.45

Πίνακας 7: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για τον φωτισμό

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα του πίνακα η ετήσια κατανάλωση ενέργειας υπολογίζεται σε 24.95MWh.

3.2.4 Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας

Ο πίνακας 8 παρουσιάζει την τελική κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών για τους τομείς της θέρμανσης και του φωτισμού, όπως επίσης και την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο και τις ποσότητες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

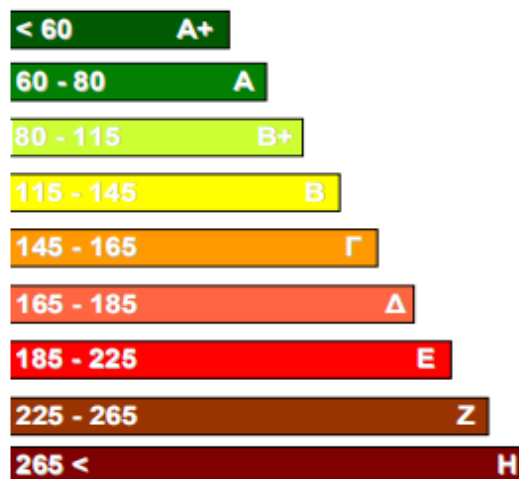
Μήνας	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Θέρμανση-Φωτισμός				
	(kWh/m²)		MWh	
Ιαν.	31.50	39.00	36.23	44.85
Φεβ.	20.00	26.40	23.00	30.36
Μαρ.	9.40	14.80	10.81	17.02

Απρ.	4.30	9.20	4.95	10.58
Μαι.	2.40	7.00	2.76	8.05
Ιουν.	0.00	0.00	0.00	0.00
Ιουλ.	0.00	0.00	0.00	0.00
Αυγ.	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτ.	2.40	7.00	2.76	8.05
Οκτ.	3.00	8.40	3.45	9.66
Νοε.	11.90	17.50	13.69	20.13
Δεκ.	29.10	36.40	33.49	41.86
Συν.	114.00	165.70	131.10	190.56

Πίνακας 8: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση-φωτισμό

3.2.5 Ενεργειακή κατάταξη κτιρίου

Η εικόνα 9 παρουσιάζει τις κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου αναφοράς.



Εικόνα 9: Κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης του κτιρίου αναφοράς

Όσον αφορά το κτίριο αναφοράς, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι καταλαμβάνει πάντοτε την κατηγορία Β' στην ενεργειακή κατάταξη. Σχετικά με τις άλλες κατηγορίες, αυτές προσδιορίζονται ως ποσοστό επί της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Η κατάταξη του κτιρίου στην αντίστοιχη κατηγορία γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας σε kWh/m². (Γαγλία, 2009)

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που παρατέθηκαν παραπάνω για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό και τα δεδομένα που αφορούν το κτίριο αναφοράς, το 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών, μπορεί να καταταχθεί στην ενεργειακή κλάση Δ.

3.2.6 Εκπομπές CO₂

Εξαιτίας της κατανάλωσης ενέργειας στο κτίριο εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες ρύπων, όπου στα πλαίσια της ενεργειακής επιθεώρησης εξετάζονται οι εκπομπές των ποσοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Για το πετρέλαιο ο συντελεστής εκπομπών CO₂ είναι 0,264 εκπεμπόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO₂/kWh), ενώ για τον ηλεκτρισμό ο συντελεστής αυτός ανέρχεται σε 0,989 εκλυόμενους ρύπους ανά μονάδα ενέργειας (kg CO₂/kWh). (Δήμος Σερρών , 2013)

Ο πίνακας 9 παρουσιάζει την μηνιαία καθώς και την ετήσια συνεισφορά του κτιρίου στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα.

	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Σύνολο
Εκπομπές CO ₂	12.00	8.07	4.85	3.30	2.70	0.00	0.00	0.00	2.73	2.90	5.60	11.00	52.62

Πίνακας 9: Μηνιαία και ετήσια συνεισφορά του κτιρίου στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα (ποσότητες σε τόνους)

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από τον πίνακα 9, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα σε ετήσια βάση που σχετίζονται με την λειτουργία του κτιρίου ανέρχονται σε 52,62 τόνους.

Συμπερασματικά από την ενεργειακή επιθεώρηση μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το κτίριο του σχολείου παρουσιάζει σημαντικές θερμικές απώλειες, γεγονός που οφείλεται στην απουσία μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία. Επίσης, θερμικές απώλειες υπάρχουν και εξαιτίας της έλλειψης μόνωσης στην στέγη. Πέρα από την τοιχοποιία και την στέγη, θερμικές απώλειες διαπιστώνονται και εξαιτίας της κακής κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα ανοίγματα, καθώς αντιμετωπίζουν προβλήματα τόσο θερμομόνωσης, όσο και αεροστεγανότητας.

Αναφορικά με τα θερμαντικά σώματα του σχολείου, θα μπορούσαμε να πούμε ότι βρίσκονται σε καλή κατάσταση, ωστόσο αν εξετάσουμε ολιστικά το σύστημα θέρμανσης του σχολείου μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι δεν βρίσκεται σε ιδιαίτερα καλή κατάσταση, καθώς υπάρχει ουσιαστική αδυναμία ελέγχου των ωρών τις οποίες

λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης και έτσι οδηγούμαστε σε δαπάνη περισσότερης ενέργειας από την αναγκαία για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης του σχολείου. Τέλος, στον φωτισμό συμβαίνει ένα παράδοξο και παρά το γεγονός ότι υπάρχει σημαντικός φυσικός φωτισμός στο κτίριο, ο φωτισμός του κτιρίου γίνεται ως επί το πλείστον με την χρήση τεχνητού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

3.3 Επεμβάσεις Αναβάθμισης Εξοικονόμησης Ενέργειας και ενσωμάτωσης ΑΠΕ

Τα τελευταία χρόνια τόσο σε Ευρωπαϊκό, όσο και σε εθνικό επίπεδο εκπονούνται σημαντικά προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης δημοσίων κτιρίων, στα οποία περιλαμβάνονται και τα δημόσια σχολεία, αλλά και ιδιωτικών κτιρίων, τόσο του τριτογενούς τομέα, όσο και κατοικιών.

Τα προγράμματα αυτά αποσκοπούν στα ακόλουθα:

- Στην μείωση της ρύπανσης, κυρίως μέσω του περιορισμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου αλλά και μέσω της κατανάλωσης των συμβατικών μορφών ενέργειας.
- Στην ενίσχυση της ελκυστικότητας και στην βελτίωση της ποιότητας του αστικού περιβάλλοντος.
- Στην βελτίωση και αναβάθμιση της υγείας και της ασφάλειας που βιώνει ο πολίτης.
- Στην αύξηση της αποτελεσματικότητας καθώς και της οικονομικής αποδοτικότητας.

Στόχος αυτών των δράσεων, πέρα από τα άμεσα οφέλη, που αφορούν την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στις επιλεγμένες χρήσεις, αποτελεί και η διάδοση των πρακτικών αυτών στους φορείς και στους δημότες, έτσι ώστε να υπάρξουν και μεσομακροπρόθεσμα οφέλη τα οποία θα σχετίζονται και με την νοοτροπία και τις συνήθειες των ανθρώπων. Προκειμένου όμως να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας σε υφιστάμενη κτίρια, κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου, καθίσταται αναγκαίος ο περιορισμός των θερμικών απωλειών του κτιρίου, καθώς επίσης και η αύξηση των θερμικών ηλιακών οφελών. Από την άλλη, κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου,

στόχος είναι να υπάρξει ελαχιστοποίηση των θερμικών ηλιακών οφελών καθώς και επίτευξη του φυσικού δροσισμού ή αερισμού του κτιρίου, έτσι ώστε να μην παρατηρούνται φαινόμενα υπερθέρμανσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Όμως, όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην περίπτωση του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών, δεν λαμβάνουμε υπόψη την περίπτωση της ψύξης, καθώς κατά την διάρκεια των θερινών μηνών το σχολείο δεν λειτουργεί. (Παπαδόπουλος Α. , 2015)

Κατά την διαδικασία ενεργειακής αναβάθμισης των υφιστάμενων κτιρίων, οι κυριότεροι στόχοι που τίθενται είναι οι ακόλουθοι:

- Η μείωση των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας από τα δομικά στοιχεία, μέσω της προσθήκη αναδρομικής μόνωσης στα συμπαγή στοιχεία, καθώς και η βελτίωση ή αντικατάσταση των κουφωμάτων, έτσι ώστε τα νέα κουφώματα να διαθέτουν έναν καλύτερο συντελεστή θερμοπερατότητας.
- Η αύξηση του φυσικού αερισμού-δροσισμού, που μπορεί να γίνει μέσω της σωστής χρήσης των ανοιγμάτων για τα οποία είναι πιθανόν να χρειαστούν νέα κουφώματα, τα οποία θα περιέχουν τα κατάλληλα ανοιγόμενα-ανακλινόμενα τμήματα.
- Η μείωση των θερμικών απωλειών αερισμού με τη δημιουργία ανεμοφρακτών, τη βελτίωση της αεροστεγανότητας των ανοιγμάτων, καθώς και την μείωση των οπών-οδών διαφυγής της θερμότητας, όπως είναι για παράδειγμα οι καμινάδες.
- Την αύξηση της θερμικής προσόδου από την ήλιο για την χειμερινή περίοδο με την αύξηση των νότιων ανοιγμάτων, την προσθήκη παθητικών συστημάτων ή και την χρήση ανακλαστικών επιφανειών, όπως επίσης και την μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που συμβαίνει κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου με την πρόβλεψη της κατάλληλης ηλιοπροστασίας.
- Η κατάλληλη διαμόρφωση του άμεσου περιβάλλοντα χώρου, έχοντας ως στόχο την αντιμετώπιση του ανέμου, ανάλογα με την εποχή, κάτι που έχει ως συνέπεια την μείωση των θερμικών απωλειών ή την αύξηση του φυσικού δροσισμού, όπως γίνεται για παράδειγμα μέσω της δεντροφύτευσης.
- Η δημιουργία φυτεμένου δώματος, όπου αυτό είναι εφικτό, προκειμένου να υπάρχει θερμική προστασία και θερμική μόνωση του κτιρίου καθώς και

ευρύτερη αναβάθμιση του μικροκλίματος στην περιοχή που βρίσκεται το κτίριο.

- Η χρήση οικολογικών δαπέδων για την αντικατάσταση των παλαιών, τόσο στο εσωτερικό, όσο και στον εξωτερικό χώρο.
- Η αντικατάσταση των καυστήρων-λεβήτων με αντλίες θερμότητας που μπορούν να χαρακτηριστούν ως υψηλής απόδοσης.
- Η αντικατάσταση των κλιματιστικών μηχανημάτων που είναι παλαιάς τεχνολογίας με νέα κλιματιστικά που εφαρμόζουν τεχνολογία inverter.
- Η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με φωτιστικά που θεωρούνται χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
- Η αντικατάσταση των αναλογικών στραγγαλιστικών διατάξεων που υπάρχουν στα φωτιστικά σώματα, με νέα ηλεκτρονικά φωτιστικά σώματα τύπου ballasts, έχοντας ως στόχο την μείωση των ηλεκτρικών φορτίων φωτισμού.
- Η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού και κίνησης, προκειμένου να γίνεται χρήση του τεχνητού φωτισμού, μόνο όταν αυτό καθίσταται αναγκαίο καθώς και για να μειωθούν τα ηλεκτρικά φορτία φωτισμού.
- Η τοποθέτηση ηλεκτρονικού συστήματος ενεργειακής και περιβαλλοντικής διαχείρισης κτιρίων (building management system).
- Η χρήση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Η διαχείριση όμβριων υδάτων για το πότισμα των χώρων φύτευσης. (Γεωργιάδου , Ανδρεδάκη-Χρονάκη , & Ζήσης , 1996)

3.3.1 Οφέλη από την ενσωμάτωση ΑΠΕ σε υφιστάμενα σχολικά κτίρια

Μέσω της εφαρμογής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε υφιστάμενα σχολικά κτίρια, μπορεί να επιτευχθεί μείωση και ορισμένες φορές ακόμα και πλήρης αποφυγή της χρήσης συμβατικών καυσίμων, όπως είναι για παράδειγμα το πετρέλαιο, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των συγκεκριμένων κτιρίων. Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι μέσω της εγκατάστασης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας μπορεί να γίνει με αποτελεσματικό τρόπο παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα σημαντικότερα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε σχολεία είναι τα ακόλουθα:

- Η αναμενόμενη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η οποία συμβάλλει στην αντιμετώπιση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής καθώς και στην βελτίωση της ποιότητας του αέρα της ατμόσφαιρας. Έτσι, μπορεί να υπάρχει ως συνέπεια ελάττωση των προβλημάτων υγείας που οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Παράλληλα, η μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας συμβάλλει στην βελτίωση της προστασίας της ποιότητας του εδάφους και των υδάτων, καθώς μέσω των βροχοπτώσεων οι ρύποι οδηγούνται στο έδαφος και στη συνέχεια οδηγούνται στα επιφανειακά και στα υπόγεια ύδατα.
- Η μείωση της εξόρυξης των ορυκτών καυσίμων, η οποία όπως είναι γνωστό προκαλεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα στις περιοχές που συμβαίνει, όπως είναι η αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος, η ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς και η μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα.
- Η εξοικονόμηση πολύτιμων φυσικών πόρων.
- Η εξοικονόμηση οικονομικών πόρων, όπου ουσιαστικά οι πόροι που αναμένεται να εξοικονομηθούν να διατεθούν προκειμένου να υλοποιηθούν περιβαλλοντικές και κοινωνικές δράσεις. (Ευαγγελινός , Ζαχαρόπουλος , Μπουγατιώτη , & Οικονόμου , 2009)

Η ενσωμάτωση των ΑΠΕ στα σχολικά κτίρια και ιδίως στα κτίρια πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχει ως αποτέλεσμα να διαμορφώνεται ένα νέο εργαλείο μάθησης και διαμόρφωσης της περιβαλλοντικής συνείδησης. Όλοι οι εμπλεκόμενοι του σχολικού περιβάλλοντος όπως είναι οι εκπαιδευτικοί, οι μαθητές και οι γονείς έχουν τη δυνατότητα να εκπαιδευτούν σε νέες τεχνολογίες που αναμένεται να είναι ακόμα πιο διαδεδομένες κατά την διάρκεια των επομένων ετών. Παράλληλα, όλοι αυτοί έχουν τη δυνατότητα να μάθουν τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας περιορίζοντας την σπατάλη και συνειδητοποιώντας ότι οι πράξεις τους αναμένεται να έχουν επιπτώσεις στους ίδιους, στη φύση καθώς και σε άλλους ανθρώπους. Επιπρόσθετα, υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης της κριτικής ικανότητας, καθώς τα παιδιά θα μπορούν να συγκρίνουν τις διαφορετικές μορφές ενέργειας εκφράζοντας αντίστοιχα την άποψή τους για την καθεμία.

Επίσης, οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν με συλλογικό τρόπο και να αναζητούν λύσεις που στηρίζονται στη συνεργασία, ενώ μπορούν και να συνδυάζουν γνώσεις που άπτονται διαφορετικών επιστημονικών πεδίων που έχουν διδαχθεί όπως είναι για παράδειγμα η Φυσική, τα Μαθηματικά, η Γλώσσα, η Ιστορία, η Γεωγραφία κτλ. Ουσιαστικά, το σχολείο μπορεί να λειτουργήσει ως το παράδειγμα για την γειτονιά, το χωριό, για το αστικό περιβάλλον, όπου προωθεί την χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για ηλεκτρισμό αλλά και για θέρμανση. Έτσι, μπορούν με περισσότερη ευκολία να αναπτυχθούν και συμπράξεις προκειμένου να γίνει περαιτέρω διάδοση των ΑΠΕ και για να ενισχυθεί η εξοικονόμηση ενέργειας. (Μέρεση , 2010)

3.3.2 Προσθήκη θερμομόνωσης στο κέλυφος και στο δώμα του κτιρίου

Όσον αφορά την προσθήκη θερμομόνωσης που έγινε στο κέλυφος και στο δώμα του κτιρίου θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στο μη βατό δώμα προβλέφθηκε προσθήκη θερμομόνωσης με πλάκες πετροβάμβακα με το πάχος τους να είναι 15mm. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε έχει πιστοποιηθεί με βάση το πρότυπο EN 131623 και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του δεν ξεπερνά τα 0,035W/mK. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η θερμομόνωση ακολουθεί τις προδιαγραφές που ορίζονται από τον ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-03-06-02-01:2009-Θερμομονώσεις δωματίων και περιλαμβάνει την τοποθέτηση φράγματος υδρατμών από ασφαλική μεμβράνη οξειδωμένης ασφάλτου, καθώς και από στεγανωτική στρώση από ελαστομερή μεμβράνη που είναι οπλισμένη με πολυεστερικό πλέγμα και επικάλυψη ορυκτών ψηφίδων. (Δήμος Σερρών , 2013),

Αναφορικά με την εξωτερική θερμομόνωση του κελύφους, αυτή υλοποιήθηκε μέσω της χρήσης αυτοσβενύμενης γραφιτούχας διογκωμένης πολυστερίνης EPS 80 με την πυκνότητα αυτής να κυμαίνεται μεταξύ 18-20kg/m³ και ο συντελεστής αγωγιμότητας λ να μην ξεπερνά τα 0,032W/mK. Ακόμη, θα πρέπει να τονίσουμε ότι η θερμομόνωση εναρμονίζεται με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-03-06-02-02:2009 που αφορούν την θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων.

Μετά την προσθήκη της θερμομόνωσης ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-Value), παρουσίασε μείωση, ιδιαίτερα σημαντική και έτσι από 1.037 W/m²C έφθασε πλέον στην τιμή των 0,196 W/m²C. (Δήμος Σερρών , 2013)

3.3.3 Αντικατάσταση εξωτερικών κουφωμάτων

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα παράθυρα έχουν κουφώματα αλουμινίου, διπλό υαλοπίνακα και μικρή αεροστεγανότητα. Έτσι, αντικαθίσταται με διπλούς υαλοπίνακες που έχουν διάκενο αέρα 16mm και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας καθώς επίσης και μικρής αεροστεγανότητας. Έτσι, ο συντελεστής των θερμικών απωλειών (U-value), παρουσιάζει μείωση από 4,50 W/m²C σε 2,80 W/m²C, με τον συντελεστή διείσδυσης αέρα να παρουσιάζει και αυτός μείωση και έτσι από 6,8 είναι πλέον 6,2 γεγονός που σημαίνει ότι έχει μειωθεί η διείσδυση του αέρα, και συνεπώς και απαιτούμενες ενεργειακές δαπάνες για θέρμανση. (Δήμος Σερρών , 2013)

Τα κουφώματα που χρησιμοποιούνται έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Το βάθος προφίλ κάσας είναι 70mm
- Το πλάτος όψης της κάσας ανέρχεται σε 85mm
- Το βάθος προφίλ του φύλλου είναι 70mm
- Το πλάτος της όψης φύλλου ανέρχεται σε 76mm
- Το φύλλο και η κάσσα ενισχύονται με την χρήση θερμογαλβανισμένου ατσαλιού, το πάχος του οποίου κυμαίνεται μεταξύ 1,5-2mm.
- μηχανισμός που χρησιμοποιείται είναι τύπου GU 90kg ή 200kg της κατηγορίας συρόμενου/ανακλινόμενου.
- Το υλικό κατασκευής τους είναι ανακυκλώσιμο σε ποσοστό 100%, ενώ χρησιμοποιούνται φιλικόι προς το περιβάλλον σταθεροποιητές.
- Οι ομάδες φόρτισης ακολουθούν την τυποποίηση κατά DIN EN 12207/12208/12210 (Δήμος Σερρών , 2013)

Όσον αφορά τα άλλα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Η θερμομόνωση των κουφωμάτων είναι: $U_f \leq 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ηχομόνωση έως και $R_w = 42$, κατά DIN EN ISO 140-3
- Αντιδιαρρηκτική προστασία μέχρι και WK2 με βάση το DIN V ENV 1627
- Ανεμοπερατότητα κατά DIN EN 12207, κατηγορίας 5.
- Υδατοπερατότητα κατά DIN EN 12208, κατηγορίας 3A.
- Ανθεκτικότητα σε ανεμοπίεση με βάση το DIN EN 12210: Κατηγορία C5/B5
- Λειτουργικότητα στον χρόνο με βάση το DIN EN 12400, κατηγορίας 2.

Τέλος, να επισημάνουμε ότι όλα τα κουφώματα και προφανώς και αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στο 5ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών, πρέπει να τηρούν τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-03-08-04-00:2009-Κουφώματα από συνθετικά υλικά καθώς και ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-03-08-07-02: 2009, που αφορά τους διπλούς υαλοπίνακες με ενδιάμεσο κενό. (Δήμος Σερρών, 2013)

3.3.4 Αντικατάσταση παλαιών φωτιστικών με νέα υψηλής απόδοσης

Τα εγκατεστημένα φωτιστικά σώματα λειτουργούν χρησιμοποιώντας λαμπτήρες T8 και ηλεκτρομαγνητικό ballast, έχοντας έτσι αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Προκειμένου να υπάρξει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας στις εγκαταστάσεις φωτισμού εσωτερικών χώρων, όπως είναι το σχολείο που εξετάζουμε, μέσω της χρήσης λαμπτήρων φθορισμού θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρονικά ballast αντί για την χρήση συμβατικών που είναι ηλεκτρομαγνητικά. Επίσης, ενδείκνυται να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες T5 αντί για λαμπτήρες T8, ενώ προτείνεται επίσης να εγκατασταθούν αυτοματισμοί που έχουν τοπική εμβέλεια, όπως είναι οι αισθητήρες παρουσίας, οι αισθητήρες φωτισμού, οι ρυθμιστές του φωτισμού, καθώς επίσης και οι χρονοδιακόπτες. Χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά ballast εν αντιθέσει με τα συμβατικά ηλεκτρομαγνητικά, μπορεί να υπάρξει εξοικονόμηση ενέργειας που φθάνει ακόμα και το 25%. Η μειωμένη αυτή κατανάλωση, σχετίζεται με την βελτιωμένη απόδοση του λαμπτήρα, με την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας που παρατηρείται στον

λαμπτήρα, καθώς επίσης και με τις μικρότερες απώλειες ενέργειας που εμφανίζονται στο ballast. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ένας λαμπτήρας T5 και ballast, έχει αυξημένη απόδοση σε σχέση με ένα λαμπτήρα T8. Επομένως, λαμβάνοντας υπόψη ότι η απόδοση των προτεινόμενων λαμπτήρων είναι αυξημένη κατά 21%, γίνεται αντικατάσταση των φωτιστικών του σχολείου με νέα, διπλά παραβολικά, 2x36W με λαμπτήρες T5 και ηλεκτρονικό ballast. Με βάση την αντίστοιχη φωτοτεχνική μελέτη προσδιορίστηκαν 147 φωτιστικά με την συνολική τους ισχύ να είναι 10KW. (Δήμος Σερρών, 2013)

Φωτιστικό σώμα αιθουσών διδασκαλίας

Το συγκεκριμένο σώμα είναι κατάλληλο για να τοποθετηθεί στην οροφή και έχει τη δυνατότητα να δεχθεί από έναν έως και τέσσερις λαμπτήρες φθορισμού τύπου T8. Αναφορικά με την τροφοδοσία του είναι 230VaC απευθείας σύνδεσης στο δίκτυο, ενώ το περίβλημά του είναι κατασκευασμένο από χαλυβδοέλασμα. Το φωτιστικό είναι βαμμένο με πολυεστερική πούδρα, σταθεροποιημένη ως προς την ακτινοβολία UV για να υπάρξει αποφυγή του κιτρινίσματος. Επιπλέον, ο βαθμός προστασίας του σε είσοδο αντικειμένων, σκόνης και νερού είναι IP20, ενώ είναι κατάλληλο για να τοποθετηθεί σε επιφάνειες υλικών που το σημείο ανάφλεξής τους είναι μεγαλύτερο από τους 200οC. Τέλος, να αναφέρουμε ότι το προϊόν έχει παραχθεί από γνωστό κατασκευαστή και διαθέτει την κατάλληλη πιστοποίηση CE. (Δήμος Σερρών, 2013)

3.3.5 Σύζευξη φυσικού φωτισμού

Εφόσον στο σχολείο υπάρχει φυσικός φωτισμός, πολλές φορές, δεν υπάρχει η ανάγκη χρήσης τεχνητού φωτισμού. Στις αίθουσες διδασκαλίας δίνεται η δυνατότητα χειροκίνητο ελέγχου του τεχνητού φωτισμού, μέσα από την ύπαρξη των αντίστοιχων διακοπών φωτισμού, οι οποίοι μπορούν και ελέγχουν τα φωτιστικά σώματα σε ομάδες. Στις μεγαλύτερες αίθουσες του κτιρίου, η διείσδυση του φυσικού φωτισμού επιδρά διαφορετικά στις ζώνες της αίθουσας, καθώς για παράδειγμα η πρώτη ζώνη που βρίσκεται κοντά στα παράθυρα δεν χρειάζεται φωτισμό, η δεύτερη χρειάζεται λιγότερο κτλ.

Έτσι, προκειμένου να μπορέσει να υπάρξει διαφορετικός φωτισμός σε κάθε ζώνη, προβλέφθηκε η δυνατότητα χρήσης ενός συστήματος το οποίο αποτελείται από αισθητήρες φωτεινότητας, με τον καθένα από αυτούς να εγκαθίσταται πάνω σε ένα φωτιστικό σώμα το οποίο βρίσκεται σε κάθε ζώνη και οι οποίοι ενεργούν σε όλα τα φωτιστικά της ζώνης που θα ελέγχουν, στα οποία υπάρχει dimmable electronic ballasts. Προκειμένου να υπάρξει έλεγχος των φωτιστικών κάθε ζώνης, χρησιμοποιείται καλώδιο τύπου A05VV-U 2G1.5, μέσω του οποίου συνδέονται μεταξύ τους τα φωτιστικά της κάθε ζώνης. Έτσι, η ένταση φωτισμού ρυθμίζεται και ταιριάζει απόλυτα με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες του κάθε χώρου, δίνοντας την μέγιστη δυνατή ομοιομορφία φωτισμού με την μικρότερη κατανάλωση. (Δήμος Σερρών , 2013)

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι ο αισθητήρας φυσικού φωτός 1-10V, είναι κατάλληλος για να τοποθετηθεί στην οροφή ή σε ένα φωτιστικό σώμα. Στην περίπτωση που εξετάζουμε, φέρει δύο αγωγούς που συνδέονται στις επαφές (+) και (-) του DIMMABLE BALLAST. Ο εν λόγω αισθητήρας είναι σε θέση να ελέγχει έως και 100 DIMMABLE BALLAST 1-10V, με την μέγιστη απόσταση να φθάνει τα 100 μέτρα από τα πιο μακρινά ballast που είναι σε θέση να ελέγξει.

Ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορούν τον αισθητήρα του φυσικού φωτισμού παρουσιάζονται στον πίνακα 10.

Μέγιστο ύψος τοποθέτησης	3,50m
Περιοχή δράσης	ø7,00m
Προτεινόμενη ελάχιστη απόσταση από το πλησιέστερο παράθυρο	Σχηματισμός γωνία 40° από το παράθυρο
Θερμοκρασία λειτουργίας	0° C έως +45°C
Εύρος λειτουργίας	15-800lux
Σήμα εξόδου	1-10v
Βαθμός προστασίας	IP20

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα φυσικού φωτισμού

3.4 Αντικατάσταση συμβατικού συστήματος θέρμανσης με γεωθερμική αντλία κατακόρυφου εναλλάκτη

Για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης του σχολείου αντικαταστάθηκε το συμβατικό σύστημα καυστήρα-λέβητα πετρελαίου με εδαφική πηγή αντλίας θερμότητας. Το παλαιό σύστημα παρέμεινε ως έχει σε κατάσταση αναμονής για να λειτουργήσει σε περίπτωση ανάγκης.

3.4.1 Εδαφική πηγή αντλία θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας είναι οι συσκευές που διοχετεύουν τη θερμότητα αντίθετα από την διεύθυνση που θα ακολουθούσε με φυσικό τρόπο, δηλαδή ουσιαστικά την εξαναγκάζουν να κατευθυνθεί από ένα ψυχρό μέσο προς ένα θερμότερο μέσο. Θα πρέπει να επισημάνουμε, ότι οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν όπως λειτουργεί κάθε ψυκτική συσκευή, δηλαδή ένα ψυγείο, ένας καταψύκτης κτλ., ωστόσο με τη διαφορά ότι η λειτουργία τους θεωρείται αντιστρέψιμη, δηλαδή η ικανότητά τους να μπορούν να παρέχουν τόσο ψύξη όσο και θέρμανση στον χώρο.

Μια αντλία θερμότητας αποτελείται από τα εξής βασικά μέρη:

- Τον συμπυκνωτή
- Τον εξατμιστή
- Την βαλβίδα εκτόνωσης/στραγγαλιστική
- Την πηγή ενέργειας

Κατά την λειτουργία των αντλιών θερμότητας, εφαρμόζεται ο κύκλος συμπίεσης του ατμού για να μεταφερθεί η θερμότητα από τον έναν χώρο στον άλλο. Σε περίπτωση που εξετάζουμε την θέρμανση χώρων, ο κύκλος ξεκινά καθώς το ψυκτικό ρευστό της αντλίας διέρχεται μέσα από την πηγή απόληψης της θερμότητας που είναι ο εξατμιστήρας και εν συνεχεία απορροφά την απαραίτητη θερμότητα από την πηγή απόληψης θερμότητας, που μπορεί για παράδειγμα να είναι το έδαφος, το υπόγειο ή επιφανειακό νερό, ο εξωτερικός αέρας κτλ. Το ψυκτικό ρευστό της αντλίας εξατμίζεται

ως αέριο, καθώς αυτό απορροφά θερμότητα. Στη συνέχεια, σε αέρια μορφή το ψυκτικό περνά στον συμπιεστή, όπου εκεί συμπιέζεται φθάνοντας τους 80°C, ενώ το θερμό αέριο κυκλοφορεί μέσα από έναν εναλλάκτη ψυκτικού-αέρα ή νερού και στον συμπυκνωτή αποδίδεται η διακινούμενη θερμότητα στον χώρο. Τη στιγμή που το ρευστό της αντλίας χάνει τη θερμότητα του έχει μετατρέπεται και πάλι σε υγρό. Το ψυχρό και έχοντας την υγρή μορφή ψυκτικό ρευστό, πέρνα μέσα από τη στραγγαλιστική βαλβίδα και ξεκινά και πάλι η ίδια διαδικασία. Σχεδόν με παρόμοιο τρόπο μπορούμε να πούμε ότι λειτουργεί η αντλία θερμότητας, για να μπορέσει να αφαιρεθεί θερμότητα από τον χώρο. Ουσιαστικά, οι γεωθερμικές αντλίες αντλούν θερμότητα από το έδαφος και την απάγουν από το κτίριο, ενώ διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο λειτουργίας μιας κανονικής αντλίας εξαιτίας της ύπαρξης του γεωεναλλάκτη. (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004)

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορεί να χωριστούν ως εξής:

- Αντλίες νερού-νερού, όπου χρησιμοποιούν νερό και ως πηγή/αποδέκτη θερμότητας, καθώς και ως φορέα της θερμότητας. Στον συγκεκριμένο τύπο αντλίας, η αντιστροφή του κύκλου μπορεί να γίνει είτε απευθείας στο κύκλωμα του ψυκτικού μέσου, είτε στα κυκλώματα του νερού.
- Αντλίες εδάφους – νερού, οι οποίες χρησιμοποιούν το έδαφος ως πηγή και αποδέκτη θερμότητας, με την θερμότητα να μεταφέρεται είτε μέσα από αντιπηκτικό αλατούχο διάλυμα, είτε μέσα από νερό, τα οποία κυκλοφορούν εντός σωληνώσεων που βρίσκονται θαμμένες στο έδαφος.

Οι γεωθερμικές αντλίες που βρίσκουν ευρύτερη χρήση είναι οι αντλίες θερμότητας εδάφους-νερού, ενώ ορισμένες άλλες εφαρμογές σχετίζονται με τον επιφανειακό υδάτινο αποδέκτη, όπως είναι η λίμνη, η θάλασσα και το ποτάμι. Οι γεωθερμικές αντλίες αυτές βρίσκουν εφαρμογή, τόσο για την παροχή θέρμανσης και ψύξης στα κτίρια, όσο και για την παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης σε όλη τη διάρκεια του έτους. (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004)

Η θερμική ή ψυκτική ικανότητα που έχει μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μετράται λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή ενεργειακής απόδοσης (COP-Coefficient of

Performance), που μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται προς την ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση ή ψύξη του κτιρίου. Επίσης, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ο εποχιακός συντελεστής απόδοσης (SPF-Seasonal Performance Factor), εκφράζει την αποδοτικότητα που έχει ένα σύστημα σε μια χρονική περίοδο. Όσον πιο μικρή είναι η διαφορά που υπάρχει μεταξύ της θερμοκρασίας του εδάφους και του νερού που χρησιμοποιείται για θέρμανση, είτε για ψύξη, τόσο πιο μεγάλος είναι ο COP. (Αγερίδης, 2016)

Οι τιμές που παίρνει συνήθως ο συντελεστής απόδοσης COP για τα συστήματα με γεωθερμικές αντλίες κυμαίνεται από 3,00 έως 5,00, ενώ όσο πιο μεγάλη η τιμή του εν λόγω συντελεστή, τόσο περισσότερο οικονομική μπορεί να γίνει η χρήση της αντλίας. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η έννοια του βαθμού απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας, αρκεί να συνειδητοποιήσουμε ότι ένα σημαντικός καυστήρας ορυκτών καυσίμων έχει απόδοση της τάξεως του 78-95%, ενώ αντίστοιχα μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να έχει απόδοση της τάξεως του 150-500%. Τέλος, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι γεωθερμικές αντλίες που βρίσκονται σε χρήση σήμερα, παράγουν θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 5°C έως και 60°C και έτσι έως και σήμερα δεν υπάρχει η τεχνολογική δυνατότητα να μπορέσουν οι γεωθερμικές αντλίες να συνεργαστούν με τα κοινά θερμαντικά σώματα, τα οποία λειτουργούν εκεί που υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες νερού. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε ότι οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, μπορούν να έχουν εξαιρετική απόδοση όταν συνδυάζονται με συστήματα ενδοδαπέδιας ή ενδοτοιχίας θέρμανσης εξασφαλίζοντας μάλιστα καλύτερη απόδοση με την λιγότερο δυνατή κατανάλωση. (Χαραλαμπόπουλος, 2009)

3.4.2 Αντικατάσταση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης λέβητα-καυστήρα με γεωθερμική αντλία θερμότητας κατακόρυφου εναλλάκτη

Όπως εξετάσαμε σε προηγούμενο στάδιο της μεταπτυχιακής διατριβής, η απόδοση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών, είναι ιδιαίτερα χαμηλή, εξαιτίας της παλαιότητας και της κακής χρήσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έγινε αντικατάσταση λοιπόν του συστήματος θέρμανσης λέβητα-καυστήρα με γεωθερμική αντλία θερμότητας, καθώς τα συστήματα αυτά έχουν χαρακτηριστεί ως τα

πιο φιλικά στο περιβάλλον καθώς και τα αποδοτικότερα από οικονομικής πλευράς, για την θέρμανση και ψύξη των χώρων.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι τα ακόλουθα:

- Ως προς τα οικονομικά οφέλη, μπορούν να επικεντρωθούμε στο μειωμένο κόστος λειτουργίας που προκύπτει μέσω της χρήσης γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, εξαιτίας του υψηλού βαθμού απόδοσης σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης. Επιπλέον, ένα χαρακτηριστικό ακόμα που εντάσσεται στα οικονομικά πλεονεκτήματα είναι το γεγονός ότι οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας δεν απαιτούν κύκλο απόψυξης προκειμένου να απομακρυνθεί ο πάγος από τον συμπυκνωτή κατά τη λειτουργία της θέρμανσης. Επιπλέον, το εν λόγω σύστημα παρουσιάζει χαμηλό κόστος συντήρησης, καθώς βρίσκεται σε κλειστό χώρο και δεν είναι εκτεθειμένο στις καιρικές συνθήκες, ενώ ο γεωθερμικός εναλλάκτης έχει μειωμένο κόστος αντικατάστασης λαμβάνοντας υπόψη ότι η διάρκεια της ζωής του είναι πάνω από πενήντα χρόνια. Τέλος, μέσω της τεχνολογίας αυτής, δίνεται η δυνατότητα να υπάρχει παροχή βοηθητικής ηλεκτρικής ισχύος σε περίπτωση που αυτό καταστεί αναγκαίο, όπως επίσης και παροχή Ζεστού Νερού Χρήσης.
- Στα οφέλη του περιβάλλοντα χώρου, περιλαμβάνονται η αυξημένη αισθητική του χώρου, χωρίς να υπάρξει εξωτερικός εξοπλισμός, η απουσία εξωτερικού εξοπλισμού ο οποίος πιθανόν να μπορούσε να πέσει θύμα βανδαλισμών, ιδίως σε ένα σχολικό περιβάλλον. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι ο γεωθερμικός εναλλάκτης βρίσκεται εντός του εδάφους και έτσι δεν δημιουργούνται αισθητικά προβλήματα, ενώ δεν δεσμεύεται και έκταση.
- Ως προς τα οφέλη άνεσης και ασφάλειας, η χρήση αντλίας θερμότητας με γεωθερμικό εναλλάκτη, έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει καύση και κατ' επέκταση να μην δημιουργείται μονοξείδιο του άνθρακα, έτσι ώστε να μετριάζονται προβλήματα που αφορούν την υγεία και ασφάλεια των κατοίκων. Τέλος, να επισημάνουμε ότι τα συστήματα ελέγχου θεωρούνται απλά και φιλικά.
- Στα περιβαλλοντικά οφέλη, συγκαταλέγεται το γεγονός ότι δεν χρειάζεται πλήρωση με ψυκτικό στον τόπο της εγκατάστασής, ενώ τα καυσαέρια είναι σε

θεωρητικό επίπεδο μηδενικά. Επίσης, παρουσιάζεται ιδιαίτερα μεγάλη μείωση στην παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου η οποία σχετίζεται με την καύση ορυκτών καυσίμων. (Δήμος Σερρών , 2013)

Το σύστημα λέβητα καυστήρα πετρελαίου που ήταν εγκαταστημένα στο σχολείο, παράγει ζεστό νερό το οποίο χαρακτηρίζεται από υψηλή θερμοκρασία, καθώς φθάνει τους 80°C. Το νερό αυτό διερχόταν από τα θερμαντικά σώματα, απέδιδε την θερμότητα στους αναγκαίους χώρους του δικτύου. Με την εφαρμοζόμενη τεχνολογία γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, το νερό που θα χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση θα πρέπει να θερμανθεί έως τους 45°C έχοντας υψηλό βαθμό απόδοσης παράλληλα. Όμως, επειδή το σχολείο έχει ήδη σύστημα θέρμανσης με καλοριφέρ, η θερμοκρασία εισόδου του νερού από την γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι πιο χαμηλή και έτσι αποφασίστηκε και εγκαταστάθηκαν στους χώρους του κτιρίου μονάδες fan coil οροφής που ήταν διαστασιολογημένες για την θερμοκρασία εισόδου 45°C. (Δήμος Σερρών , 2013)

Προκειμένου να μπορέσει να διαστασιολογηθεί με τον κατάλληλο τρόπο η γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού-νερού, ελήφθησαν υπόψη οι θερμικές απώλειες για τις συνθήκες σχεδιασμού στην περιοχή των Σερρών. Ειδικότερα, ελήφθησαν υπόψη χαρακτηριστικά όπως είναι το γεωγραφικό πλάτος που για την πόλη των Σερρών είναι 41° ενώ η θερμοκρασία σχεδιασμού κατά τους χειμερινούς μήνες δηλώθηκε στους -4°C. Άλλα δεδομένα που ελήφθησαν υπόψη περιλαμβάνεται η θερμοκρασία που κυμάνθηκε στους 20°C, όπως και η σχετική υγρασία η οποία άγγιζε το 50%.

Ο πίνακας 11 παρουσιάζει τους συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών, όπως αυτοί υπολογίστηκαν ύστερα από την προσθήκη της κατάλληλης θερμομόνωσης στο κέλυφος του κτηρίου, προσθήκη θερμομόνωσης στη στέγη, καθώς επίσης και αντικατάσταση των κουφωμάτων, με νέα κουφώματα που έχουν διπλό υαλοπίνακα.

Δομικό στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας
Τοιχοποιία από μπετόν που έχει εξωτερική θερμομόνωση	0.403 W/m ² C ^o

Στέγη, δηλαδή κεραμοσκεπή που διαθέτει μόνωση και ιδίως πετροβάμβακα	0.196 W/m ² C°
Κουφώματα αλουμινίου διπλού υαλοπίνακα	2.80 W/m ² C°
Δάπεδο που είναι αμόνωτο μωσαϊκό σε επαφή με Φ.Ε.	1,051 W/m ² C°

Πίνακας 11: Συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων ύστερα από τις δράσεις ενεργειακής αναβάθμισης.

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που αναφέρθηκαν μπορούν να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες που υπάρχουν για κάθε χώρο του κτιρίου και περιλαμβάνουν τόσο την μεταφορά, όσο και τον αερισμό. Όμως, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα ηλιακά κέρδη, τα εσωτερικά κέρδη από τους μαθητές καθώς και από τις συσκευές δεν προσμετρώνται στο στάδιο διαστασιολόγησης της αντλίας.

Ο πίνακας 12 παρουσιάζει τις θερμικές απώλειες των διαφόρων χώρων του σχολείου όπως έχουν υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που έχουν αναφερθεί.

Χώρος	Τοίχοι, οροφές, δάπεδα, ανοίγματα	Αεροστεγανότητα - Αερισμός	Συνολικές θερμικές απώλειες
	KW	KW	KW
Ισόγειο			
Αίθουσα Εκδηλώσεων	4.64	3.52	8.16
Αίθουσα ΣΤ'	1.51	1.76	3.27
Βιβλιοθήκη	0.73	0.10	0.83
Αίθουσα Δ2	0.73	1.76	2.49
Αίθουσα Η/Υ	0.81	0.17	0.98
Γραφείο 1	0.73	0.17	0.90
Κυλικείο	0.83	0.19	1.03
Γραφείο 2	0.75	1.76	2.51

Χωλ 2	2.33	0.56	2.88
Χωλ 1	2.45	0.56	3.10
Ισόγειο			26.15
Ένταξη	0.84	1.76	2.60
Τάξη Ε'	1.15	3.52	4.67
Τάξη Δ1	1.19	3.52	4.71
Τάξη Β2	0.73	3.52	4.25
Τάξη Β1	1.12	3.52	4.64
Τάξη Α1	1.32	3.52	4.84
Τάξη Γ	1.32	3.52	4.84
Τάξη Α	0.95	3.52	4.47
Αιθ, Διαλείμματος	2.50	0.80	3.30
Τάξη Στ'	1.16	3.52	4.68
Όροφος			43.0
Σύνολο Θερμικών Απωλειών Σχολείου			69.16

Πίνακας 12: Θερμικές απώλειες των χώρων του σχολείου

Αφού απομακρύνθηκε ο λέβητας και η δεξαμενή καυσίμου, έγινε η εγκατάσταση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, στο χώρο του λεβητοστασίου, ενώ οι εναλλάκτες θερμότητας εγκαταστάθηκαν στο έδαφος στον αύλειο χώρο του σχολείου. (Δήμος Σερρών , 2013)

Τεχνικές προδιαγραφές εδαφικής πηγής αντλία θερμότητα

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η εδαφικής πηγής αντλία θερμότητας νερού-νερού είναι πιστοποιημένη κατά το σχήμα Πιστοποίησης Παραγωγής Μικρής Κλίμακας και έχει αξιολογηθεί από τις υφιστάμενες Ευρωπαϊκές Οδηγίες που αφορούν την ασφάλεια. Επίσης, η εδαφικής πηγής αντλία θερμότητας έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί με θερμοκρασίες υγρού μέσου του γεωεναλλάκτη μεταξύ των θερμοκρασιών 0°C και 30°C για την λειτουργία της θέρμανσης. Τέλος, να αναφέρουμε ότι η ονομαστική της ισχύ είναι 88KW.

Πριν την διάθεση στην αγορά και την χρήσης της, η εδαφικής πηγής αντλία θερμότητας έχει υποστεί μια σειρά από δοκιμές με νερό στο εργοστάσιο. Μέσω του ποιοτικού ελέγχου επιδιώχθηκε να ελεγχθεί ο τριπλός έλεγχος διαρροής, οι δοκιμές της πίεσης, ο τρόπος εκκένωσης και ασφαλής πλήρωσης, η εκτέλεση των δοκιμών σε λειτουργία θέρμανσης, καθώς και η διασταύρωση όλων των λειτουργιών και δοκιμών με κριτήρια αποδοχής /απόρριψής. (Δήμος Σερρών , 2013)

Το πλαίσιο της εδαφικής πηγής αντλία θερμότητας είναι κατασκευασμένο από συγκολλημένο χάλυβα που έχει πολυεστερική πούδρα με βάση το πρότυπο ASTM B117. Όσον αφορά τα ψυκτικά κυκλώματα, θα πρέπει να τονίσουμε ότι υπάρχουν δύο , με το κάθε ένα από αυτά να έχει ένα συμπιεστή κλειστού τύπου, θερμική βαλβίδα εκτόνωσης, βαλβίδα αντεπιστροφής, εναλλάκτη θερμότητας, εγκατεστημένους εργοστασιακά υψηλής και χαμηλής πίεσης διακόπτες ασφάλειας, σημεία ελέγχου κλπ. Ο εναλλάκτης του νερού-ψυκτικού, αποτελείται από μια ανοξείδωτη πλάκα, που μπορεί να αντέχει σε πίεση λειτουργίας κατ' ελάχιστον 4.400KPa από την πλευρά του κυκλώματος του νερού. Τέλος, η θερμική βαλβίδα εκτόνωσης δίνεται την δυνατότητα προστασία από την υπερθέρμανση.

Ο έλεγχος της λειτουργίας της εδαφικής πηγής αντλία θερμότητας, γίνεται από την αντίστοιχη μονάδα ελέγχου, η οποία έχει μικροεπεξεργαστή. Οι δυνατότητες που έχει η συγκεκριμένη μονάδα ελέγχου είναι οι ακόλουθες:

- Δίνει τη δυνατότητα προστασίας έναντι της υπότασης.
- Παρέχει τη δυνατότητα προστασίας έναντι της υπέρτασης.
- Μπορεί και πραγματοποιεί τερματισμό της μονάδας σε περίπτωση που διαπιστωθεί υπερπίεση ή υποπίεση του ψυκτικού μέσου.
- Γίνεται τερματισμός λειτουργίας της μονάδας σε περίπτωση που ανιχνευθεί πάγος.
- Δίνεται η δυνατότητα αντιπαγωγικής προστασίας.
- Υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης επαναφοράς, δηλαδή η μονάδα να ξεκινάει εκ νέου από την αρχή αυτόματα, ύστερα από πέντε λεπτά σε περίπτωση που αντιμετωπίστηκε το σφάλμα που έθεσε την μονάδα εκτός λειτουργίας. (Δήμος Σερρών , 2013)

3.4.3 Γεωεναλλάκτης

Το υπόγειο δίκτυο του γεωεναλλάκτη κατασκευάστηκε από 15 πλαστικούς σωλήνες πολυαιθυλενίου, 100μm έκαστος, με υψηλή πυκνότητα HD PE λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές EN 12201-2, με ονομαστική πίεση 16 bars. Οι γεωτρήσεις εγκαταστάθηκαν στον προαύλιο χώρο σε κάρναβο εξωτερικών διαστάσεων περίπου 24μ x 12μ, με απόσταση μεταξύ τους 6μ.

Επίσης, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι όλα τα εξαρτήματα έχουν τις ίδιες προδιαγραφές με τους σωλήνες, ενώ οι συνδέσεις των σωλήνων γίνονται μέσω της «θερμικής αυτογενούς συγκόλλησης» (Δήμος Σερρών, 2013)

3.4.4 Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων με Fan Coils

Η επιλογή των θερμαντικών σωμάτων επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία του νερού που στέλνετε σε αυτά. Η γεωθερμική αντλία λειτουργεί με νερό στους 45° C/40° C με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αποδώσουν τα υπάρχοντα θερμαντικά σώματα την ονομαστική τους ισχύ. Για το λόγο αυτό έγινε η αντικατάσταση με τερματικές μονάδες τύπου Fan Coil.

3.4.5 Τερματικές μονάδες Fan Coil

Οι τερματικές μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι τύπου Fan Coil νέας σχεδίασης και έχουν αθόρυβη λειτουργία. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των μονάδων αυτών είναι τα ακόλουθα:

- Τοποθετούνται σε εμφανές σημείο, έχουν περίβλημα από γαλβανισμένη λαμαρίνα η οποία είναι βαμμένη με βαφή ηλεκτροστατική υψηλής ποιότητας και είναι εσωτερικά μονωμένη. Το περίβλημα τους έχει στόμιο από το οποίο προσάγεται αέρας, μέσω ειδικού πλαστικού το οποίο έχει αεροδυναμικά πτερύγια. Πέριξ του στομίου υπάρχουν ανοιγόμενες θυρίδες πρόσβασης στις ηλεκτρολογικές και υδραυλικές συνδέσεις. Να σημειώσουμε ότι οι θυρίδες υπάρχει δυνατότητα να ασφαλιστούν με

την χρήση κοχλίας, προκειμένου να υπάρξει προστασία των μονάδων από κάποια αυθαίρετη πρόσβαση, εφόσον αυτή είναι αναγκαία.

- Οι τερματικές μονάδες έχουν ακρυλικά φίλτρα τα οποία είναι κυματοειδούς μορφής, προκειμένου να υπάρξει μεγαλύτερη επιφάνεια συγκράτησης καθώς και χαμηλότερη πτώση πίεσης στο δοχείο. Τα φίλτρα αυτά χαρακτηρίζονται ως πλενόμενου τύπου, ενώ προκειμένου να υπάρξει εύκολη αφαίρεση και καθαρισμός τους, εδράζονται σε ειδικό πλαίσιο στήριξης και έτσι μπορεί και εξασφαλίζεται απλή συντήρηση της τερματικής μονάδας.
- Οι τερματικές μονάδες θα έχουν αθόρυβο ανεμιστήρα ο οποίος θα είναι εφαπτομενικής ροής, όταν τα μεγέθη είναι έως 4,5kW, ενώ για τα μεγαλύτερα μεγέθη θα είναι φυγοκεντρικού τύπου. Έτσι είναι εφικτό να υπάρξει μεγαλύτερη άνεση στους χώρους, η οποία σχετίζεται με την αθόρυβη λειτουργία τους.
- Ο κινητήρας που εφαρμόζεται στις συγκεκριμένες τερματικές μονάδες είναι πολλαπλών ταχυτήτων, έχοντας υψηλή απόδοση και είναι τύπου LEC μεταβλητών στροφών. Ο κινητήρας αυτός είναι αυτοπληρούμενος και δεν είναι αναγκαία κάποιου είδους συντήρηση, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του.
- Ο εναλλάκτης νερού-αέρα θεωρείται ως υψηλής απόδοσης, έχοντας χάλκινους σωλήνες και πτερύγια από αλουμίνιο τα οποία είναι μηχανικά εκτονωμένα.
- Η σχεδίαση των fan-coil δίνει την δυνατότητα εύκολης εγκατάστασής τους σε οροφή ή σε κάποιο δάπεδο, είτε σε οριζόντια, είτε σε κατακόρυφη εγκατάσταση. Επίσης, λόγω της σχεδίασής τους, είναι εφικτή η επιτόπου αλλαγή των υδραυλικών τους συνδέσεων.
- Οι τερματικές μονάδες είναι μονοφασικές 220V/50HZ, ενώ όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις θα πρέπει να βρίσκονται προστατευμένες στο ηλεκτρικό κιβώτιο ελέγχου, το οποίο υπάρχει δυνατότητα να βρίσκεται δεξιά ή αριστερά της μονάδας για εύκολη και ασφαλή εγκατάσταση. (Δήμος Σερρών , 2013)

3.4.6 Δίκτυο σωληνώσεων ζεστού νερού

Όσον αφορά το δίκτυο σωληνώσεων, αποτελείται από τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Συλλέκτες

- Όργανα διακοπής και ρύθμισης, στα οποία περιλαμβάνονται οι σφαιρικοί διακόπτες (ball valves), οι κρουνοί εκκένωσης, το αυτόματο εξαεριστικό τύπου «πλωτήρα» καθώς και η βαλβίδα αντεπιστροφής.

Συλλέκτες

Οι νέοι συλλέκτες που θα τοποθετηθούν στο χώρο όπου βρίσκεται η γεωθερμική αντλία θερμότητας, είναι κατασκευασμένοι από χάλκινο αγωγό Φ108, ο οποίος έχει και ημισφαιρικούς πυθμένες ενώ έχει και το κατάλληλο μήκος έτσι ώστε να ενσωματώνονται οι αναχωρήσεις και οι αφίξεις των σωλήνων με βάση τα σχέδια. Επιπλέον, οι συλλέκτες έχουν τις αντίστοιχες υποδοχές προς τις συνδεόμενες σωληνώσεις οι οποίες προσαρμόζονται στον συλλέκτη μέσω συγκόλλησης τεμαχίων σωλήνων που έχουν διάμετρο ίση με την διάμετρο της αντίστοιχης γραμμής. Επιπρόσθετα, ορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά των συλλεκτών είναι τα ακόλουθα:

- Υποδοχή Φ 1/2” ή Φ 3/4” , η οποία υπάρχει για την τοποθέτηση του θερμομέτρου εμφάπτισης.
- Υποδοχής Φ 1/2” για την τοποθέτηση μανομέτρου με διακόπτη.
- Σωλήνας εκκένωσης που έχει διακόπτη υποδοχής Φ 3/4”

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι συλλέκτες είναι μονωμένοι εξωτερικά, με βάση τις ισχύουσες προδιαγραφές για την μόνωση των σωληνώσεων.

Όργανα διακοπής και ρύθμισης

Τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται για πιέσεις έως και 10bars με την θερμοκρασία λειτουργίας τους να φθάνει ακόμα και τους 120°C. Αναλυτικά τα όργανα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Σφαιρική διακόπτες: Οι σφαιρικοί διακόπτες αποτελούνται από το σώμα του διακόπτη, το οποίο είναι κατασκευασμένο από φωσφορούχο ορείχαλκο, επιδεικνύοντας αντοχή σε εφελκυσμό που ξεπερνά τα 2000kgf/cm². Από βαλβίδα σφαιρική, ορειχάλκινη με παρέμβυσμα στεγανότητας από φίμπερ ή κάποιο ισοδύναμο

υλικό, καθώς και από το στέλεχος βαλβίδας, το οποίο είναι ορειχάλκινο και η βάση του είναι ενισχυμένη με PTFE (τεφλόν). Όσον αφορά τους διακόπτες, συνδέονται στους σωλήνες μέσω κοχλιώσεων και μπορούν να λειτουργούν με πίεση έως και 10bar και αντίστοιχα θερμοκρασία νερού που φθάνει τους 120°C έχοντας διαμέτρους Φ 1/2'' έως Φ 2''. Τέλος, να αναφέρουμε ότι οι εμφανείς διακόπτες είναι επιχρωμιωμένοι στο σώμα και στην λαβή.

- Κρουνοί εκκένωσης: Οι κρουνοί εκκένωσης κατασκευάζονται από ορείχαλκο έχοντας αφαιρετή χειρολαβή, ενώ στην πλευρά της εκκένωσης, φέρουν σπείρωμα αλλά και πώμα. Αυτό συμβεί για να μπορεί ύστερα από την αφαίρεση του πώματος να κοχλιωθεί εύκαμπτος σωλήνας που θα συνδέεται με την αποχέτευση, είτε με το πλύσιμο των δαπέδων.
- Αυτόματο εξαεριστικό τύπου «πλωτήρα»: Το αυτόματο εξαεριστικό τύπου πλωτήρα τοποθετείται στο υψηλότερο σημεία της εγκατάστασης ή των τμημάτων αυτών όπου ελλοχεύει κίνδυνος συγκέντρωσης αέρα. Το εξαεριστικό αυτό έχει διάμετρο Φ 3/8'' και βαλβίδα αντεπιστροφής τύπου ελατηρίου, έτσι ώστε να μπορεί η βαλβίδα να στεγανοποιεί την υποδοχή του πλωτήρα, ύστερα από την αφαίρεση του εξαεριστικού από το δίκτυο. Εξαιτίας του στομίου που έχει το εξαεριστικό, υπάρχει η δυνατότητα εξόδου του αέρα, χωρίς να δημιουργείται αντί θλίψη, ενώ ο μεταλλικός πλωτήρας φράσσει με στεγανό τρόπο το στόμιο. Το σώμα του εξαεριστικού είναι φτιαγμένο από ορείχαλκο και ο μεταλλικός πλωτήρας είναι φτιαγμένος από ανοξείδωτο χάλυβα και είναι σχεδιασμένος με τον κατάλληλο τρόπο έτσι ώστε να αποκλείεται η διαρροή του νερού από το σύστημα. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το εξαεριστικό είναι κατάλληλο για πιέσεις λειτουργίας 8bars και θερμοκρασία νερού που ξεπερνά τους 120°C. Τέλος, να αναφέρουμε ότι τα αυτόματα εξαεριστικά τοποθετούνται σε συνδυασμό με χειροκίνητο εξαεριστικό που έχει διάμετρο Φ 1/2'' με κάλυμμα ασφαλείας. (Δήμος Σερρών , 2013)
- Βαλβίδα αντεπιστροφής: Οι βαλβίδες αυτές είναι τύπου ταλαντευόμενου σύρτη (swing), αξονικής μετατόπισης και έχουν ελατήριο, ενώ είναι κατασκευασμένες από φωσφορούχο ορείχαλκο και συνδέονται στο δίκτυο μέσω σπειρώματος. Η λειτουργία των συγκεκριμένων βαλβίδων δεν θα πρέπει να παρουσιάζει πλήγμα ή θόρυβο. Όσον αφορά τις δικλείδες με σπείρωμα, έχουν άκρα με εσωτερικό σπείρωμα που έχει τη μορφή εξαγώνου ή οκταγώνου ή έχουν άκρα κυκλικά με τέσσερις ή πλέον πλευρικές προεξοχές. Τα σπειρώματα είναι παράλληλα. Τα φλαντζωτά άκρα των δικλείδων είναι τυποποιημένα και έχουν αντοχή σε μέγιστη πίεση 10 bar και στην μέγιστη

θερμοκρασία λειτουργίας. Οι φλάντζες βρίσκεται σε ορθή γωνία και είναι ομόκεντρες με τον άξονα της εσωτερικής διαμέτρου, ενώ οι προσόψεις της φλάντζας έχουν διατηρηθεί με οπές κοχλιών γύρω από το κέντρο. (Δήμος Σερρών , 2013)

Μόνωση σωληνώσεων

Προκειμένου να μην υπάρχουν απώλειες, όλοι οι σωλήνες, είτε είναι προσαγωγής, είτε είναι επιστροφής του ζεστού νερού μονώνονται προκειμένου να υπάρξει αποφυγή των θερμικών απωλειών. Η μόνωση αυτή γίνεται με κογχύλια από ειδικό σύνθετο μονωτικό υλικό, τα οποία έχουν κλειστή κυψελοειδής μορφή. Πριν την εγκατάσταση των σωληνώσεων προηγήθηκαν δοκιμές πίεσεως, επιμελής καθαρισμός, πλήρη απολύμανση και βαφή που έγινε με δύο στρώσεις γραφιτιούχου μινίου. (Δήμος Σερρών , 2013)

Σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2010, όλα τα δίκτυα διανομής νερού ή οποιοδήποτε άλλου μέσου, της κεντρικής θέρμανσης, θα πρέπει οπωσδήποτε να διαθέτουν θερμομόνωση της οποίας τα ελάχιστα πάχη και το είδος προσδιορίζονται από τον πίνακα που ακολουθεί:

Πάχος θερμομόνωσης με ισοδύναμο $\lambda=0.040$ (W/(MK)) στους 20°C			
Με διέλευση σε εσωτερικούς χώρους		Με διέλευση σε εξωτερικούς χώρους	
Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης	Διάμετρος σωλήνα	Πάχος μόνωσης
Από ½” έως ¾”	9mm	Από ½” έως 2”	19mm
Από 1” έως 1 ½”	11mm	Από 2” έως 4”	21mm
Από 2” έως 3”	13mm	Μεγαλύτερη από 4”	25mm

Πίνακας 13: Προδιαγραφές θερμομόνωσης δικτύου κεντρικής θέρμανσης

3.5 Δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που προέκυψαν από την δεύτερη ενεργειακή απόδοση, προκύπτει ότι το κτίριο του 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών κατατάσσεται στην Β' Ενεργειακή Κλάση, έχοντας ανέβει δύο κατηγορίες, από την Δ' που βρισκόταν πριν γίνουν οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας.

Ειδικότερα, η συνολική υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανήλθε σε 115.3 kWh/m². Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η αντίστοιχη υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς μπορεί να υπολογιστεί σε 129.4 kWh/m². Οι υπολογιζόμενες εκπομπές του CO₂ σε kg/m² ανέρχονται σε 39.3. Όσον αφορά τις επιμέρους χρήσεις, η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την θέρμανση ανέρχεται σε 22.2 kWh/m², για ψύξη είναι μηδενική, λαμβάνοντας υπόψη την αρχική παραδοχή που έχει γίνει ότι δηλαδή στο σχολείο δεν χρησιμοποιούνται τα κλιματιστικά για την ψύξη. Επιπρόσθετα, η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση είναι 66.2 kWh/m² για το Ζεστό Νερό Χρήσης, ενώ για τον φωτισμό η ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 26.9 kWh/m². Τέλος, να αναφέρουμε ότι η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη και Ζεστό Νερό Χρήσης είναι η ηλεκτρική και έτσι η συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο φθάνει το 100%. (Χατζηγαβριήλ, 2015)

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Ο πίνακας 14 παρουσιάζει τις θερμικές απαιτήσεις του κτηρίου, όπως αυτές διαμορφώθηκαν αφού προστέθηκε η θερμομόνωση.

Μήνας	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
	Θέρμανση					

	(kWh/m ²)			MWh		
Ιαν.	8.4	11.7	13.0	9.66	13.455	14.95
Φεβ.	4.8	6.7	7.4	5.52	7.705	8.51
Μαρ.	1.8	2.5	2.8	2.07	2.875	3.22
Απρ.	0.2	0.3	0.4	0.23	0.345	0.46
Μαι.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Σεπ.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Οκτ.	0.0	0.1	0.2	0.0	0.115	0.23
Νοε.	2.3	3.2	3.6	2.645	3.68	4.14
Δεκ.	7.5	10.6	11.7	8.625	12.19	13.455
Συν.	25.0	35.2	39.1	28.75	40.48	44.965

Πίνακας 14: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Από τον πίνακα 14 διαπιστώνουμε ότι το κτήριο ύστερα από την προσθήκη θερμομόνωσης αναβαθμίζεται κατά μία ενεργειακή κλάση και έτσι πλέον υπάγεται στην Γ κλάση.

Παραγόμενες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την προσθήκη θερμομόνωσης

Ύστερα από την ενεργειακή αναβάθμιση και την δεύτερη ενεργειακή επιθεώρηση προκύπτει η νέα μηνιαία και ετήσια συνεισφορά του κτηρίου αναφορικά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
Εκπομπές CO₂	6.30	4.76	4.48	2.8	2.7	0.00	0.00	0.00	2.72	2.80	3.70	5.90	36.18

Πίνακας 15: Μηνιαία και ετήσια συνεισφορά του κτιρίου στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μετά την ενεργειακή αναβάθμιση

Όπως διαπιστώνουμε από τους πίνακες 14 και 15 η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση ανήλθε σε 65.8 MWh και ποσοστό 62%, ενώ η ετήσια μείωση των συνολικών εκπομπών κυμάνθηκε σε 17.4 τόνους και ποσοστό αντίστοιχα 33%.

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας μετά την αντικατάσταση των κουφωμάτων

Ο πίνακας 16 παρουσιάζει τις θερμικές απαιτήσεις του κτηρίου, όπως αυτές διαμορφώθηκαν αφού αντικαταστάθηκαν τα κουφώματα με νέα που έχουν μειωμένη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας των ανοιγμάτων, καθώς και αυξημένη τιμή της αεροστεγανότητας.

Πίνακας 16: Ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτηρίου μετά την αντικατάσταση

Μήνας	Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίου	Καταναλώσεις κτηρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτηρίου	Ενεργειακές απαιτήσεις κτηρίου	Καταναλώσεις κτηρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτηρίου
Θέρμανση						
	(kWh/m²)		MWh			
Ιαν.	6.5	9.1	10.1	7.48	10.47	11.62
Φεβ.	3.6	5.0	5.5	4.14	5.75	6.33
Μαρ.	1.2	1.7	1.9	1.38	1.96	2.19
Απρ.	0.1	0.2	0.2	0.12	0.23	0.23
Μαι.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Σεπ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Οκτ.	0.0	0.1	0.1	0.00	0.00	0.12
Νοε.	1.6	2.2	2.5	1.84	2.53	2.88
Δεκ.	5.8	8.2	9.0	6.67	9.43	10.35
Συν.	18.7	26.4	29.4	21.51	30.36	33.81

κουφωμάτων

Ύστερα από την αντικατάσταση των κουφωμάτων κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση Γ, με την συνολική ετήσια εξοικονόμησης ενέργεια να κυμαίνεται στο 71,4%, ενώ αντίστοιχα η ετήσια μείωση των συνολικών εκπομπών CO₂ μετά και την αντικατάσταση των κουφωμάτων κυμάνθηκε στο 38%.

Υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας κατόπιν αντικατάστασης των φωτιστικών

Ο πίνακας 17 παρουσιάζει την κατανάλωση τελικής ενέργειας για φωτισμό ύστερα από την αντικατάσταση των λαμπτήρων με νέους.

Μήνας	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Φωτισμός				
	(kWh/m²)		MWh	
Ιαν.	1.5	4.2	1.73	4.83
Φεβ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Μαρ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Απρ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Μαι.	1.5	4.2	1.73	4.83
Ιουν.	0.0	0.0	0.00	0.00
Ιουλ.	0.0	0.0	0.00	0.00
Αυγ.	0.0	0.0	0.00	0.00
Σεπτ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Οκτ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Νοε.	1.5	4.2	1.73	4.83
Δεκ.	1.5	4.2	1.73	4.83
Συν.	13.5	63.0	15.18	43.93

Πίνακας 17: Κατανάλωση τελικής και πρωτογενούς ενέργειας για φωτισμό

Ο πίνακας 18 παρουσιάζει την κατανάλωση ενέργειας και την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση αλλά και φωτισμό, μετά από τις ενεργειακές παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Μήνας	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Θέρμανση-Φωτισμός				

	(kWh/m ²)		MWh	
Ιαν.	11.60	15.40	13.34	17.71
Φεβ.	7.20	10.50	8.28	12.08
Μαρ.	3.60	6.60	4.14	7.59
Απρ.	1.70	4.50	1.96	5.18
Μαι.	1.50	4.20	1.73	4.83
Ιουν.	0.00	0.00	0.00	0.00
Ιουλ.	0.00	0.00	0.00	0.00
Αυγ.	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτ.	1.50	4.20	1.73	4.93
Οκτ.	1.50	4.30	1.73	4.95
Νοε.	4.30	7.30	4.95	8.40
Δεκ.	10.60	14.30	12.19	16.45
Συν.	43.30	71.70	49.80	82.46

Πίνακας 18: Κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενούς ενέργειας που προέρχεται από την θέρμανση και τον φωτισμό.

Με βάση τις ενδείξεις του πίνακα 18 που προήλθαν μετά την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων το κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κλάση Γ. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση στον φωτισμό ανέρχεται στο 40% περίπου, ενώ στο ίδιο ποσοστό κυμαίνεται και η ετήσια μείωση των εκπομπών του CO₂.

Εξοικονόμηση ενέργειας από την ενσωμάτωση ΑΠΕ

Λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό απόδοσης της γεωθερμικής αντλίας COP=3.85, έγινε σύγκριση σε σχέση με την χρήση του λέβητα πετρελαίου, ο οποίος είχε απόδοση της τάξεως του 92%. (Δήμος Σερρών , 2013)

Ο πίνακας 19 παρουσιάζει τις ενεργειακές απαιτήσεις και τις ενεργειακές καταναλώσεις χρησιμοποιώντας το σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία.

Μήνας	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Θέρμανση Γεωθερμία						
	(kWh/m²)			MWh		
Ιαν.	7.2	2.1	6.2	8.28	2.42	7.13
Φεβ.	4.1	1.2	3.5	4.72	1.38	4.03
Μαρ.	1.5	0.5	1.4	1.73	0.58	1.61
Απρ.	0.1	0.1	0.2	0.12	0.12	0.23
Μαι.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Σεπ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Οκτ.	0.0	0.0	0.1	0.00	0.00	0.12
Νοε.	2.0	0.6	1.8	2.30	0.69	2.07
Δεκ.	6.5	1.9	5.6	7.48	2.19	6.44
Συν.	21.4	6.4	18.6	24.61	7.36	21.39

Πίνακας 19: Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις κτιρίου και πρωτογενούς ενέργεια κτιρίου για το σύστημα θέρμανσης με γεωθερμία

Ο πίνακας 20 αποτυπώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις στην περίπτωση της θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου που έχει βαθμό απόδοσης 92%.

Μήνας	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου	Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου	Καταναλώσεις κτιρίου	Πρωτογενής ενέργεια κτιρίου
Θέρμανση Λέβητας πετρελαίου με β.α. 92%						
	(kWh/m²)			MWh		
Ιαν.	7.2	9.3	10.2	8.28	10.12	11.16
Φεβ.	4.1	5.2	5.8	4.72	5.75	6.33
Μαρ.	1.5	2.0	2.2	1.73	2.19	2.42
Απρ.	0.1	0.2	0.2	0.12	0.23	0.23
Μαι.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουν.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Ιουλ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Αυγ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Σεπ.	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
Οκτ.	0.0	0.0	0.1	0.00	0.00	0.12
Νοε.	2.0	2.5	2.9	2.30	2.76	3.11
Δεκ.	6.5	8.4	9.3	7.48	9.09	10.12
Συν.	21.4	27.6	30.7	24.61	30.13	33.58

Πίνακας 20: Ενεργειακές απαιτήσεις, καταναλώσεις κτιρίου και πρωτογενούς ενέργεια κτιρίου για το σύστημα θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου και βαθμό απόδοσης 92%.

Η χρήση της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιείται για την θέρμανση του κτηρίου αναβαθμίζει ενεργειακά το κτήριο το οποίο υπάγεται πλέον μετά τις επεμβάσεις και την εγκατάσταση της γεωθερμίας στην κλάση Β. (Δήμος Σερρών , 2013)

3.6 Ερωτηματολόγιο

Ερωτηματολόγιο Ενεργειακής Αναβάθμισης

1. Πληροφορίες Ερωτώμενου

Φύλο:

Ηλικία:

Ιδιότητα:

Έτη εργασίας στο σχολείο:

2. Ικανοποίηση από την ενεργειακή αναβάθμιση

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με την επιλογή των ενεργειακών επεμβάσεων που πραγματοποιήθηκαν στο κτίριο του σχολείου;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με την ποιότητα των υλικών και του εξοπλισμού που εγκαταστάθηκε στο σχολείο;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

3. Αξιολόγηση παρέμβασης

Πιστεύεται ότι έχει υπάρξει βελτίωση στις συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του σχολείου (π.χ. είναι πιο ζεστό τους χειμερινούς μήνες);

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με την θερμομόνωση που εγκαταστάθηκε στο σχολείο (κέλυφος και δώμα του κτιρίου);

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με την αντικατάσταση των παλαιών φωτιστικών με νέα φωτιστικά υψηλής απόδοσης;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με τη σύζευξη του φυσικού φωτισμού;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε από την αντικατάσταση του συμβατικού συστήματος θέρμανσης με γεωθερμική αντλία κατακόρυφου εναλλάκτη;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο ικανοποιημένοι είστε με την αντικατάσταση των θερμαντικών σωμάτων με Fan Coils;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

4. Προφίλ συμπεριφοράς χρηστών

Πόσο συχνά αφήνετε τις ηλεκτρικές συσκευές σε λειτουργία στο σχολείο ενώ δεν τις χρησιμοποιείται (υπολογιστές, προτζέκτορες κτλ.);

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσα συχνά αφήνετε το φωτισμό ανοικτό σε χώρους του σχολείου που δεν χρησιμοποιούνται;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο συχνά ρυθμίζετε την θέρμανση ή το κλιματιστικό των αιθουσών του σχολείου τον χειμώνα σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες >23°C;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο συχνά ρυθμίζετε τον κλιματισμό τους θερινούς μήνες σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες < 23°C;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

5. Αντιληπτές χρήσεις ενέργειας

Πόσο πιστεύετε ότι συνεισφέρει ο φωτισμός του σχολείου στο σύνολο των ενεργειακών του δαπανών;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο πιστεύετε ότι συνεισφέρει η θέρμανση στο σύνολο των ενεργειακών δαπανών του σχολείου;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο πιστεύετε ότι συνεισφέρει ο κλιματισμός στο σύνολο των ενεργειακών δαπανών του σχολείου;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο πιστεύετε ότι συνεισφέρουν οι ηλεκτρικές συσκευές που υπάρχουν στο σχολείο στο σύνολο των ενεργειακών δαπανών;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

6. Διερεύνηση αλλαγής ενεργειακής συμπεριφοράς

Πόσο θετικοί είστε για να ενημερωθείτε από ειδικούς για θέματα εξοικονόμησης ενέργειας;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο θετικοί είστε για την υιοθέτηση συμβουλών χαμηλού κόστους για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον που σχετίζονται κυρίως με τη συμπεριφορά;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο σημαντική θεωρείται την προσωπική δέσμευση των εκπαιδευτικών για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

Πόσο σημαντικό θεωρείται το ρόλο των μαθητών στην εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον;

Πάρα πολύ 5	Πολύ 4	Αρκετά 3	Λίγο 2	Καθόλου 1
----------------	-----------	-------------	-----------	--------------

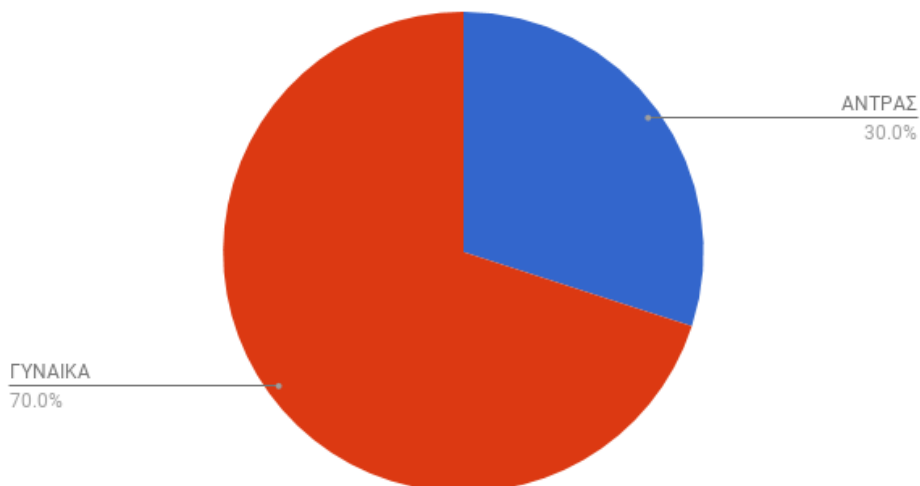
3.6.1 Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

Η δημιουργία του ερωτηματολογίου είχε ως στόχο την συλλογή πληροφοριών από το διδακτικό και διοικητικό προσωπικό του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Σερρών. Το δείγμα δεν ήταν μεγάλο λόγω του ότι υπάρχει καθορισμένος αριθμός υπαλλήλων σε κάθε σχολείο. Ήταν όμως αντιπροσωπευτικό καθώς ήταν οι μόνοι που θα μπορούσαν να δώσουν αυτές τις πληροφορίες.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από έξι (6) ενότητες.

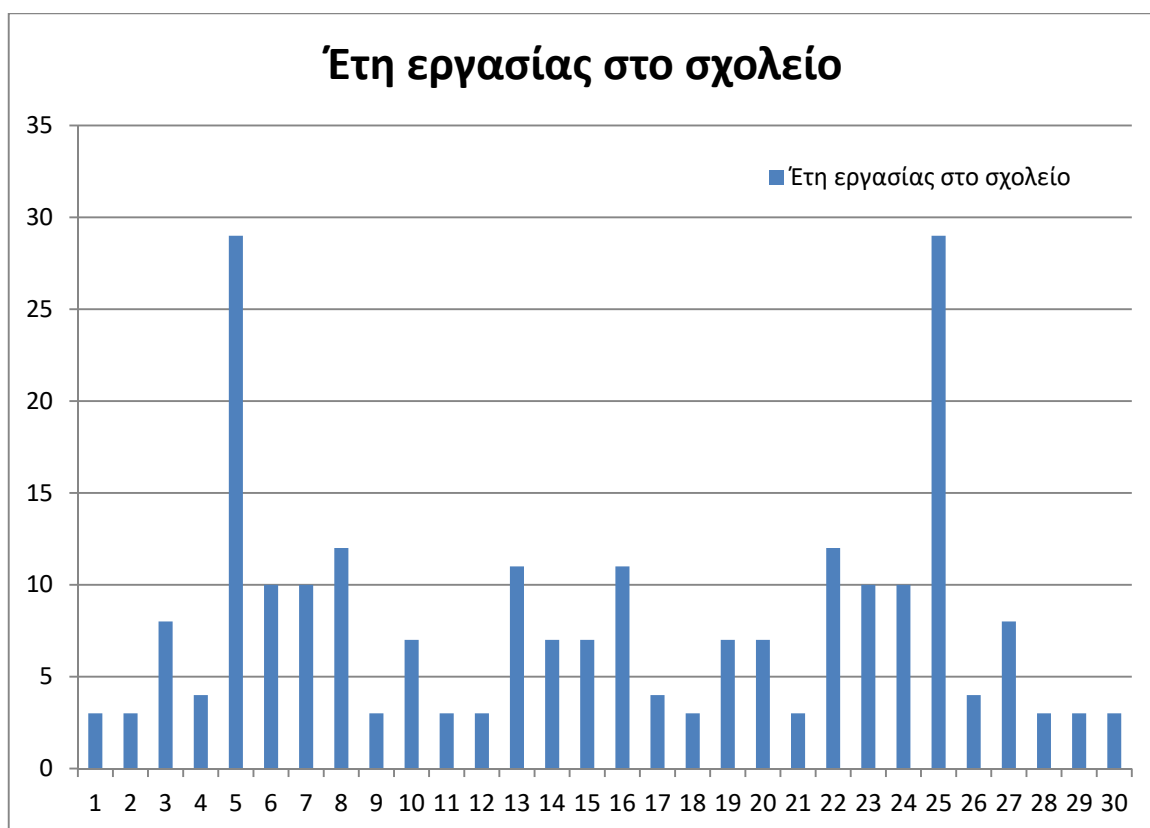
Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει τα προσωπικά στοιχεία των ερωτώμενων, όπως ηλικία, φύλο, έτη υπηρεσίας και ιδιότητα. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2 το 70% των ερωτηθέντων ήταν γυναίκες και το 30% άνδρες.

Φύλλο



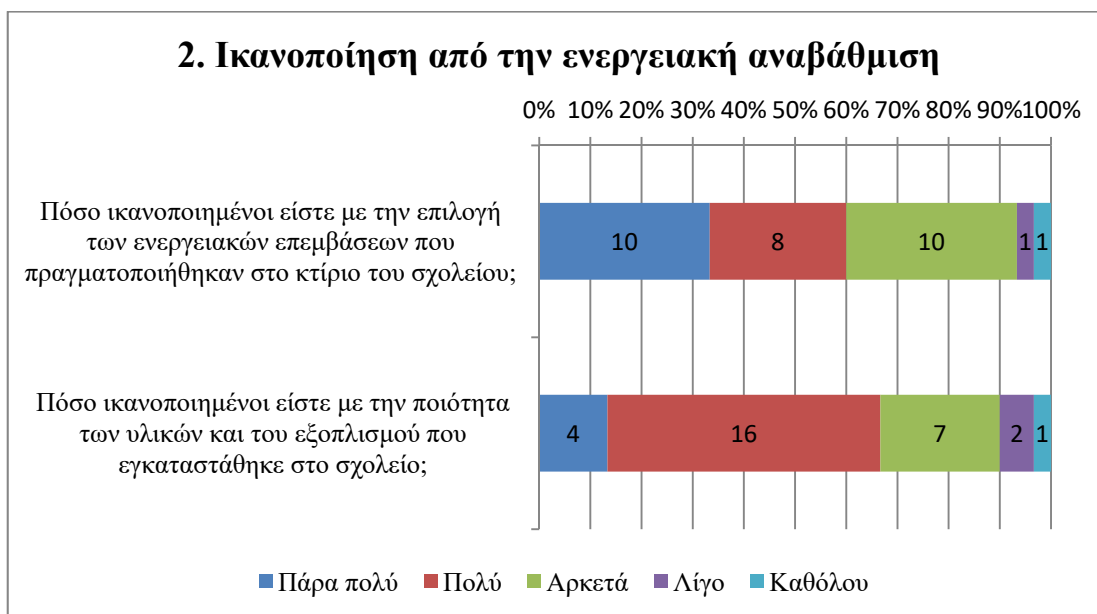
Διάγραμμα 2. Φύλλο

Ενώ όλοι οι ερωτηθέντες είχαν πάνω από τρία (3) χρόνια υπηρεσίας στο συγκεκριμένο σχολείο για να μπορούν να συγκρίνουν τις δύο καταστάσεις πριν και μετά τις παρεμβάσεις.



Διάγραμμα 3. Έτη εργασίας στο σχολείο

Η δεύτερη ενότητα αναφέρεται γενικά στην ικανοποίηση από τις επεμβάσεις και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4. Το 33% ήταν πάρα πολύ ικανοποιημένοι και το 22% πολύ ικανοποιημένοι από την επιλογή των παρεμβάσεων. Ενδιαφέρον αποτελεί ότι το 33% ήταν αρκετά ικανοποιημένοι. Παρόλα αυτά το 53% ήταν πολύ ικανοποιημένοι από την ποιότητα των υλικών που εγκαταστάθηκαν.



Διάγραμμα 4. Ικανοποίηση από την ενεργειακή αναβάθμιση

Η τρίτη ενότητα του ερωτηματολογίου αποσκοπεί στην αξιολόγηση κάθε μίας παρέμβασης ξεχωριστά όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 5. Στην πρώτη ερώτηση που είναι για τις συνθήκες άνεσης του εσωτερικού χώρου του σχολείου το 90% πιστεύει πως υπάρχει αρκετή έως πάρα πολύ βελτίωση.

Το 56% είναι πολύ έως πάρα πολύ ικανοποιημένοι από την θερμομόνωση του κελύφους και του δώματος ενώ το 40% αρκετά ικανοποιημένοι.

Η αλλαγή των παλαιών φωτιστικών με νέα υψηλής απόδοσης φαίνεται πως δεν πέρασε απαρατήρητη καθώς το 83% των ερωτηθέντων είναι πολύ έως πάρα πολύ

ικανοποιημένοι. Επίσης το 80% είναι πολύ έως πάρα πολύ ικανοποιημένοι από την αλλαγή του κεντρικού συστήματος θέρμανσης από πετρέλαιο σε γεωθερμική αντλία.

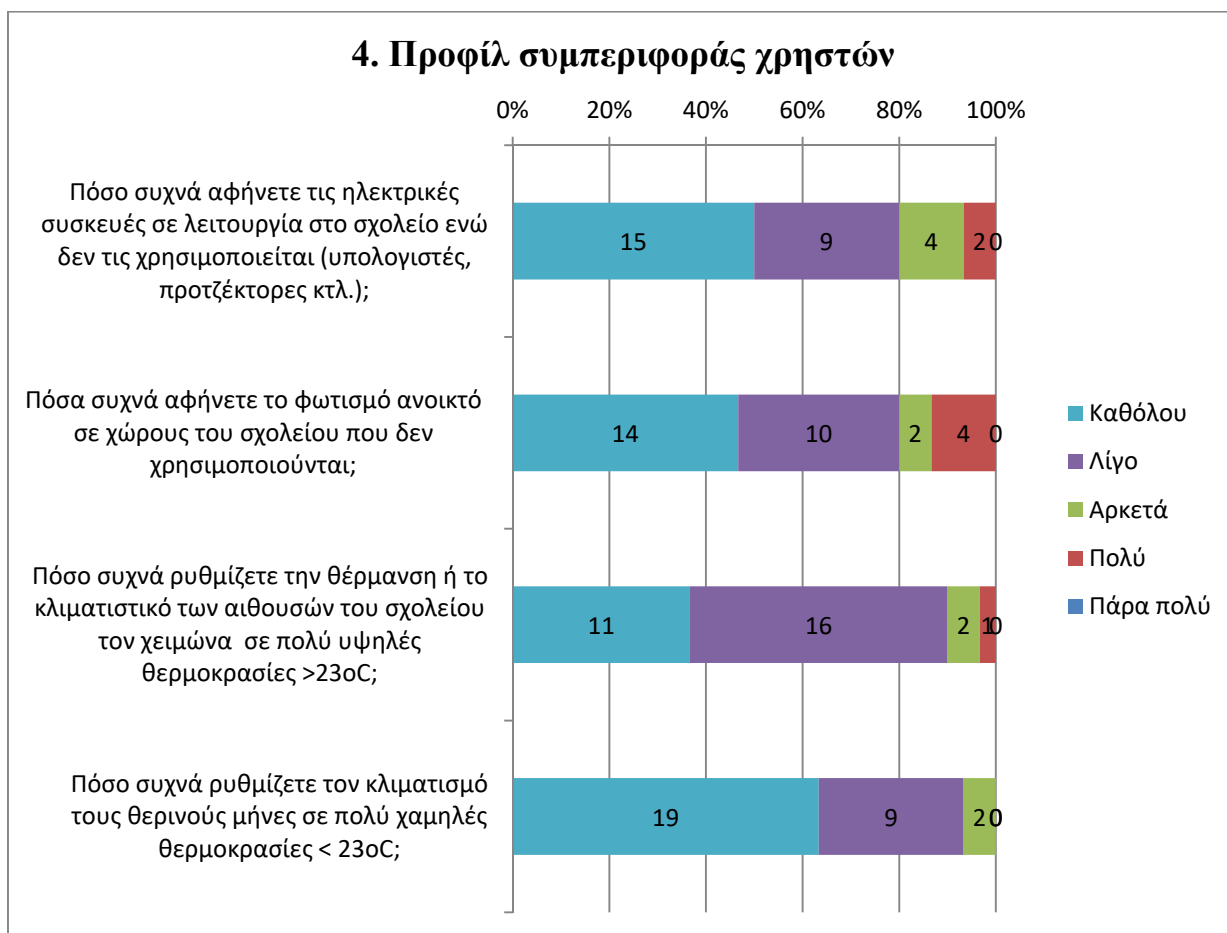
Η τοποθέτηση των Fan coils δεν είχε μεγάλη ανταπόκριση καθώς το 50% των ερωτηθέντων ήταν αρκετά ικανοποιημένοι.



Διάγραμμα 5. Αξιολόγηση παρεμβάσεων

Η τέταρτη ενότητα αναφέρεται στο προφίλ των χρηστών (Διάγραμμα 6) αναφορικά με την συμπεριφορά τους σε θέματα ενέργειας. Ενώ το μεγαλύτερο μέρος των διδασκόντων και του διοικητικού προσωπικού είναι προσεκτικό με την άσκοπη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών και φωτισμού, ένα ποσοστό 20% παραδέχεται πως αφήνει ανοικτές τις ηλεκτρικές συσκευές και τον φωτισμό στο σχολείο.

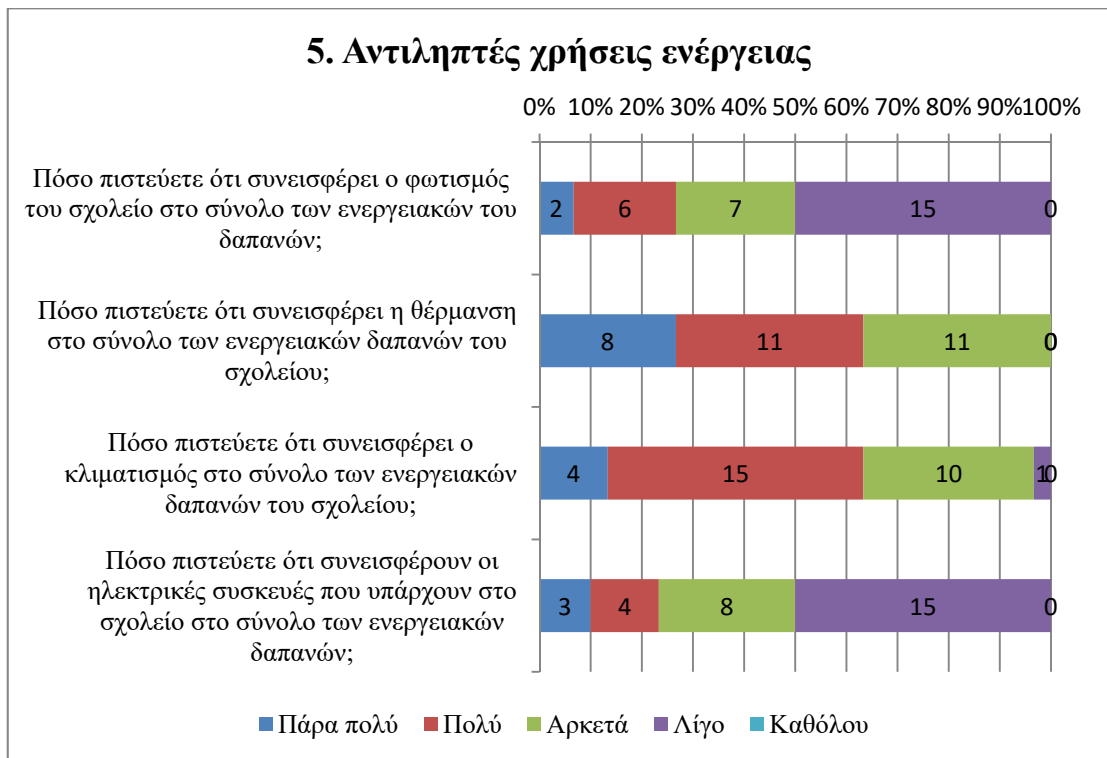
Όσον αφορά την ρύθμιση τις θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες φαίνεται πως η μέση θερμοκρασία των 23°C είναι ικανοποιητική καθώς το 93% περίπου δεν αλλάζει τον θερμοστάτη.



Διάγραμμα 6. Προφίλ συμπεριφοράς χρηστών

Στην πέμπτη ενότητα διερευνάται η συνεισφορά του φωτισμού και των ηλεκτρικών συσκευών καθώς και της θέρμανσης και του κλιματισμού στις δαπάνες του σχολείου. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7, και ήταν ίσως αναμενόμενο, το 50% πιστεύει πως τα φώτα και οι ηλεκτρικές συσκευές συνεισφέρουν λίγο στις δαπάνες ενώ σχεδόν το 100% πιστεύει πως μεγαλύτερη συνεισφορά στις δαπάνες έχουν η θέρμανση και ο κλιματισμός. Όχι αδίκως βεβαία αν δούμε τις δαπάνες αυτές συγκριτικά μεταξύ τους.

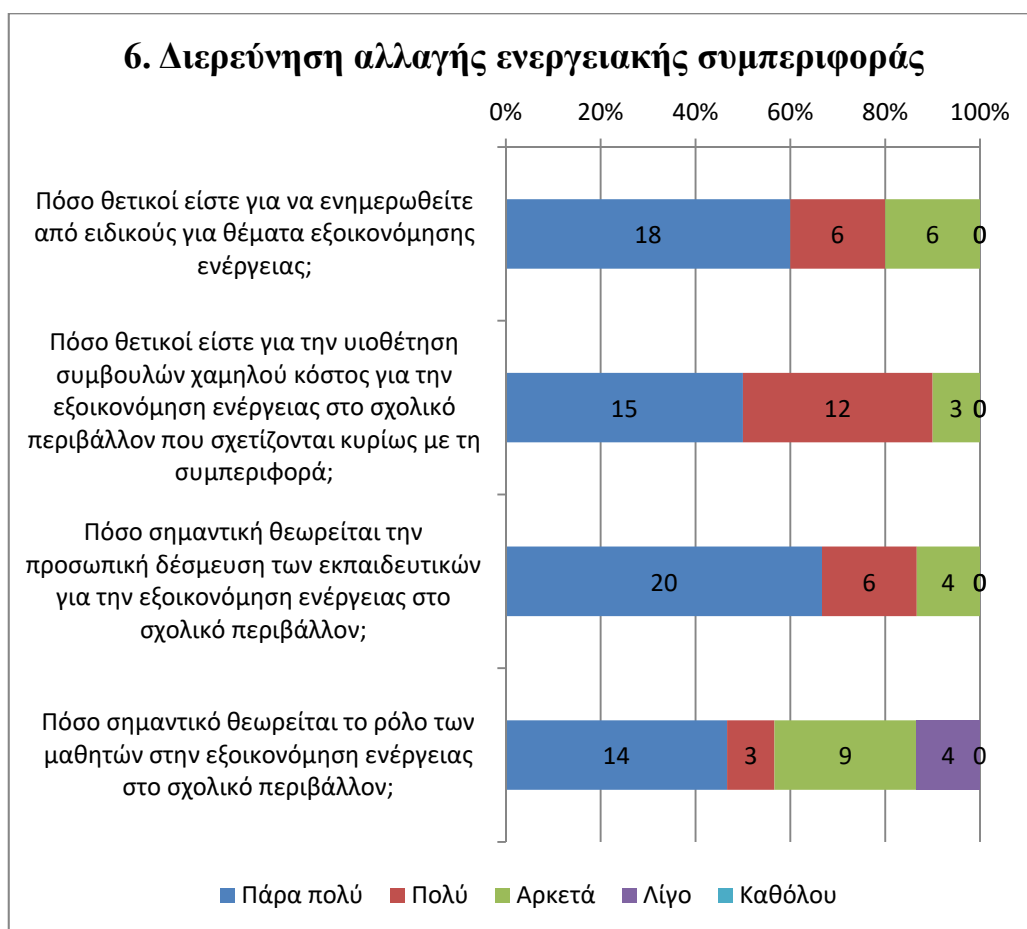
5. Αντιληπτές χρήσεις ενέργειας



Διάγραμμα 7. Αντιληπτές χρήσεις ενέργειας

Τέλος στην έκτη ενότητα διερευνάται το πόσο θετικοί είναι οι ερωτηθέντες στην ενημέρωση από ειδικούς και στην υιοθέτηση συμβουλών καθώς και για τον ρόλο τόσο αυτών όσο και των μαθητών στην εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολείο. Το 60% των ερωτηθέντων ήταν πάρα πολύ θετικοί στο να ενημερωθούν από ειδικούς σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και το 50% ήταν πάρα πολύ θετικοί στο να υιοθετήσουν συμβουλές χαμηλού κόστους που σχετίζονται με την συμπεριφορά για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Όσον αφορά την προσωπική δέσμευση των εκπαιδευτικών για την εξοικονόμηση ενέργειας στο σχολικό περιβάλλον, το 86% θεωρεί πως είναι πολύ έως πάρα πολύ σημαντική. Αντίθετα μόνο το 50% πιστεύει πως και ο ρόλος των μαθητών είναι πολύ έως πάρα πολύ σημαντικός.



Διάγραμμα 8. Διερεύνηση αλλαγής ενεργειακής συμπεριφοράς

3.6.2 Οικονομικά δεδομένα πριν και μετά τις παρεμβάσεις

Σύμφωνα με τον προϋπολογισμό του έργου το σύνολο των εργασιών κοστολογήθηκε στις 406.399,26€. Αναλυτικά οι εργασίες φαίνονται στον Πίνακα 21.

Είδος εργασίας	Σύνολο (€)
Θερμομόνωση	102.123,83 €
Αντικατάσταση κουφωμάτων	65.891,10 €
Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων	34.532,00 €
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	173.706,31 €
Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων με Fan coils	26.868,61 €
Σύνολο	403.121,85 €

Πίνακας 21. Αρχικός προϋπολογισμός έργου

Στις αρχικές όμως τιμές του έργου ο εργολάβος και τελικός ανάδοχος του έργου έκανε τις εκπτώσεις που φαίνονται στον πίνακα 22 καθώς και οι τελικές τιμές των εργασιών που διαμόρφωσαν τον τελικό προϋπολογισμό.

Είδος εργασίας	Έκπτωση (%)	Σύνολο (€)
Θερμομόνωση	52	49.019,43 €
Αντικατάσταση κουφωμάτων	50	32.945,55 €
Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων	52	16.575,36 €
Γεωθερμική αντλία θερμότητας	47	92.064,34 €
Αντικατάσταση θερμαντικών σωμάτων με Fan coils	50	13.434,30 €
Σύνολο		204.038,98 €

Πίνακας 22. Τελικός προϋπολογισμός έργου

Ο πίνακας 23 αποτυπώνει την κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό καθώς και το κόστος ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις που έγιναν.

	Θέρμανση	Θέρμανση	Φωτισμός	Κόστος ενέργειας
	(MWh _{th})	(MWh _e)	(MWh _e)	€
Πριν τις παρεμβάσεις	106.26	0	24.95	11.744,3
Μετά τις παρεμβάσεις	0	7.36	15.18	2.930,2
Εξοικονόμηση χρημάτων				8.814,10

Πίνακας 23: Κατανάλωση τελικής ενέργειας για θέρμανση-φωτισμό και κόστος ενέργειας πριν και μετά τις παρεμβάσεις

Στον πίνακα 24 φαίνονται τα αποτελέσματα στην εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας και την μείωση του κόστους ενέργειας.

Παράμετρος	Ποσότητα	%
Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (KWh)	123.880	65,46%
Πραγματικό κόστος επένδυσης	204.038,98 €	
Μείωση ετήσιου κόστους ενέργειας	8814,10 €	75,00%

Πίνακας 24: Κόστος της παρέμβασης και μείωση του ετήσιου κόστους ενέργειας.

Η ενεργειακή αναβάθμιση επομένως του σχολείου κόστισε στο δημόσιο 204.038,98€, υλοποιώντας εργασίες οι οποίες οδήγησαν σε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας 123.880 KWh, τάξεως του 114,37% της κατανάλωσης του κτιρίου αναφοράς και δείκτη αποδοτικότητας 0,607 KWh/€ όπως φαίνεται στον πίνακα 25.

	Σύνολο
Ετήσια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (KWh)	123.880
Πραγματικό κόστος επένδυσης	204.038,98 €
Δείκτης αποδοτικότητας (KWh/€)	0,607

Πίνακας 25: Κόστος της παρέμβασης και μείωση του ετήσιου κόστους ενέργειας.

Κεφάλαιο 6

Συμπεράσματα προτάσεις

Συνοψίζοντας, διαπιστώνουμε ότι το 5^ο Δημοτικό Σχολείο Σερρών, παρόλο που δεν ήταν ιδιαίτερα παλιό κτίριο, συγκριτικά με άλλα πάντοτε, απαιτούσε εκτεταμένη ενεργειακή αναβάθμιση προκειμένου να περιοριστεί η κατανάλωση ενέργειας καθώς και το σχετικό κόστος που προέκυπτε από αυτήν. Βέβαια, όπως είδαμε και στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, το κτιριακό δυναμικό των δημοσίων κτιρίων και ιδίως των σχολείων θεωρούνται χαμηλής ενεργειακής απόδοσης, με αποτέλεσμα να δαπανώνται μεγάλες ποσότητες ενέργειας για την θέρμανσή τους και για την ψύξη τους, έχοντας ιδιαίτερα μεγάλο κόστος.

Έτσι, αφού έγινε ενεργειακή επιθεώρηση προκειμένου να αποτυπωθεί η υφιστάμενη κατάσταση από ενεργειακής απόψεως στην οποία βρίσκεται το σχολείο, προτάθηκαν μια σειρά από παρεμβάσεις που είχαν ως στόχο την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Πιο αναλυτικά, μελετήθηκαν πιθανές παρεμβάσεις που σχετίζονται με την προσθήκη θερμικής μόνωσης, για την αντικατάσταση των υφιστάμενων κουφωμάτων καθώς και των φωτιστικών σωμάτων, με την σύζευξη του φυσικού με τον τεχνητό φωτισμό, καθώς και με την αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης.

Οι προτάσεις λοιπόν που υλοποιήθηκαν αφορούσαν την αντικατάσταση του λέβητα και του καυστήρα πετρελαίου με γεωθερμική αντλία θερμότητας, ενώ τοποθετήθηκαν fan coil οροφής για την αντικατάσταση των σωμάτων θέρμανσης. Επιπλέον, προτάθηκε και υλοποιήθηκε η προσθήκη θερμομόνωσης της στέγης με πετροβάμβακα και μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας του κτηρίου από πλάκες διογκωμένου πολυστερενίου. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι το συγκεκριμένο μονωτικό υλικό είναι ελαφρύ, σκληρό και αφρώδες πλαστικό, ενώ αποτελείται από 98% αέρα και έτσι έχει άριστες θερμομονωτικές ιδιότητες. Τέλος, στα θετικά του συγκεκριμένου υλικού είναι η μεγάλη ελαστικότητα και έτσι αποφεύγεται ρηγμάτωση του εξωτερικού επιχρίσματος.

Ακόμη, προτάθηκε και υλοποιήθηκε η αντικατάσταση των παλαιών παραθύρων και θυρών με νέα που έχουν θερμοδιακοπή καθώς και διπλό υαλοπίνακα διακένου 12mm, ο οποίος έχει μειωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας. Τέλος, προτάθηκε η αναβάθμιση του συστήματος τεχνικού και φυσικού φωτισμού του κτιρίου, όπου υπήρξε εγκατάσταση νέων φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες που έχουν υψηλή απόδοση και αισθητήρες φωτός, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται η σύζευξη του φυσικού με τον τεχνητό φωτισμό.

Οι παρεμβάσεις αυτές που έγιναν είχαν ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματά για την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Πιο αναλυτικά, η μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για ηλεκτρισμό έφθασε το 10% περίπου, ενώ η εξοικονόμηση της ποσότητας πετρελαίου ήταν 100%, αφού πλέον το κτίριο κάλυπτε της ενεργειακές του ανάγκες μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας. Η συνολική εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας για θέρμανση και φωτισμό μετά τις παρεμβάσεις που πραγματοποιήθηκαν στο κτίριο ανέρχεται στο 65% περίπου. Όσον αφορά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, η ετήσια μείωση των εκπομπών ανήλθε περίπου στο 58%. Ακόμη, μέσω των ενεργειακών παρεμβάσεων επετεύχθη μείωση του ετήσιου κόστους για την ενέργεια κατά 75%, ενώ οι παρεμβάσεις είχαν ως αποτέλεσμα το κτίριο από την ενεργειακή κλάση Δ που βρισκόταν, να μεταπηδήσει στην ενεργειακή κλάση Β. Τέλος, να επισημάνουμε ότι το κόστος της παρέμβασης έφθασε τα 204.000€ ενώ λαμβάνοντας υπόψη την εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh) που επετεύχθη και ήταν της τάξεως των 123.880 kWh ο δείκτης αποδοτικότητας φθάνει το 0,607 kWh/€

Εν κατακλείδι, διαπιστώνουμε ότι παρόλο που μπορούμε να πετύχουμε σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας, οι επενδύσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν θεωρούνται μεγάλης κλίμακας, ιδίως αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι η χώρα βρίσκεται υπό καθεστώς οικονομικής κρίσης και οι πόροι που διατίθενται για την αναβάθμιση του κτιριακού αποθέματος είναι περιορισμένοι. Προκειμένου να μπορέσουν να γίνουν αντίστοιχες παρεμβάσεις που θα μειώσουν την ενεργειακή κατανάλωση και σε άλλα σχολεία, καθώς και σε δημόσια κτίρια ευρύτερα, θα πρέπει να αξιοποιηθούν οι κατάλληλοι πόροι από τα Ευρωπαϊκά διαρθρωτικά ταμεία με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο, όπως και αναπτυχθούν νέα καινοτόμα χρηματοδοτικά εργαλεία και πρακτικές που θα ενισχύουν τις ενεργειακές αναβαθμίσεις, όπως είναι για

παράδειγμα οι υπηρεσίες ESCO (Ευρωπαϊκή ταξινόμηση δεξιοτήτων, ικανοτήτων και επαγγελμάτων).

Πέρα από τα άμεσα οφέλη που προκύπτουν από ένα σχολείο που θεωρείται χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, δηλαδή τα οικονομικά και λειτουργικά, σημαντικό όφελος δημιουργείται από το πρότυπο χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης που θα πρέπει να καλλιεργείται από τους εκπαιδευτικούς εντός του σχολικού περιβάλλοντος. Είδαμε από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου πως οι ερωτηθέντες ήταν αρκετά έως πολύ ικανοποιημένοι από τα αποτελέσματα της ενεργειακής αναβάθμισης και των παρεμβάσεων και πάρα πολύ δεκτικοί σε συμβουλές από ειδικούς σε θέματα ενέργειας. Επίσης το ενεργειακό προφίλ τους ως χρήστες είναι αρκετά ικανοποιητικό και είναι σημαντικό γιατί ιδίως στο δημοτικό τα παιδιά μπορούν να μάθουν τα οφέλη της εξοικονόμησης ενέργειας και να αποκτήσουν τις κατάλληλες συμπεριφορές που θα τους βοηθήσουν να καταναλώνουν ενέργεια με ενσυνυδισία.

Βιβλιογραφία

Bellia , L. (2010). *Indoor Environment and Energy Efficiency in Schools*. Brussels, Belgium : REHVA Guidebook.

Daskalaki , E., & Sermpetzoglou , V. (2001). Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools. *Energy and Buildings* , σσ. 718-727.

DOTSOFT A.E. (2015). *Μελέτη για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στα δημόσια κτίρια* . Αθήνα: 3η Υγειονομική Περιφέρεια Μακεδονίας .

Muller-Gauzin , D. (2003). *Οικολογική Αρχιτεκτονική* . Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Κτίριο .

Schneider , M. (2002). *Do School Facilities Affect Academic Outcomes*. USA: National Clearinghouse for Educational Facilities .

Theodosiou , T. G., & Ordoumpozanis, K. T. (2008). Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece. *Energy and Buildings*, σσ. 2207-2214.

Αγερίδης , Γ. (2016). *Η Έρευνα και η Καινοτομία στην Εξοικονόμηση Ενέργειας* . Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας .

Αξαρχή , Κ. (1995). *Ο ενεργειακός σχεδιασμός τους κελύφους και η αξιοποίησή του απευθείας κέρδους στα σχολικά κτίρια-Καθοριστικές παράμετροι σχεδιασμού για τον ελληνικό χώρο - Διδακτορική Διατριβή*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Αξαρχή , Κ. (1995). *Ο ενεργειακός σχεδιασμός τους κελύφους και η αξιοποίησή του απευθείας κέρδους στα σχολικά κτίρια-Καθοριστικές παράμετροι σχεδιασμού για τον ελληνικό χώρο - Διδακτορική Διατριβή* . Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Αξαρχή , Κ. (2009). *Γενικές αρχές του Βιοκλιματικού σχεδιασμού*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ-ΤΚΜ.

Γαγλία , Α. (2009). *Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων-Κτίριο Αναφοράς*. Κέρκυρα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος & Περιφερειακό Τμήμα Νομού Κέρκυρας Τ.Ε.Ε. - Προσυνεδριακή Εκδήλωση "Εξοικονόμηση και Διαχείριση Ενέργειας Στα Κτίρια".

Γεωργιάδου , Ε., Ανδρεδάκη-Χρονάκη , Ε., & Ζήσης , Ξ. (1996). *Βιοκλιματικής Σχεδιασμός και Καθαρές Τεχνολογίες Δόμησης* . Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Παρατηρητής .

Δάλλας , Α. (2009). *Ημερίδα για τα Πρότυπα Σχολεία* . Αθήνα: Παλαιά Βουλή .

Δήμος Πυλαίας-Χορτιάτη . (2018). *Πρότυπη Ενεργειακή Αναβάθμιση 1ου Γυμνασίου Πυλαίας*.
Ανάκτηση από Δήμος Πυλαίας-Χορτιάτη : <https://www.pilea-hortiatis.gr/web/guest/municipality/projects/1gympilea>

Δήμος Σερρών . (2013). *Προμελετή Πράξης: Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης του 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών με την υλοποίηση δράσεων εξοικονομής ενέργειας και εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας* . Σέρρες : Δήμος Σερρών - Ορίζων Α.Τ.Ε. .

Δήμος Σερρών . (2013). *Τεχνικές Προδιαγραφές-Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης 5ου Δημοτικού Σχολείου Δήμου Σερρών με την υλοποίηση δράσεων εξοικονομής ενέργειας και την εγκατάσταση συστήματος αβαθούς γεωθερμίας* . Σέρρες : Δήμος Σερρών- Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών .

Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2015). *Απογραφή Κτιρίων 2011*. Ανάκτηση Μάρτιος 30, 2018, από <http://www.statistics.gr>

Ευαγγελινός , Ε., Ζαχαρόπουλος , Η., Μπουγατιώτη , Φ., & Οικονόμου , Α. (2009). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός σχολικών κτιρίων* . Αθήνα .

ΚΑΠΕ . (2002). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής* . Αθήνα : ΚΑΠΕ .

ΚΑΠΕ . (2014). *Εθνικό Σχέδιο Δράσεις Ενεργειακής Απόδοσης* . Αθήνα: ΚΑΠΕ .

ΚΑΠΕ. (1996). *Οδηγίες για Θερμική - Οπτική Άνεσης και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Δημόσια Σχολεία* . Αθήνα: ΚΑΠΕ.

ΚΑΠΕ. (1996). *Οδηγίες για Θερμική-Οπτική Άνεση και Εξοικονόμηση Ενέργειας στα Δημόσια Σχολεία* . Αθήνα : ΚΑΠΕ.

Κωνσταντόπουλος , Ξ. (2013). *Επεμβάσεις Εξοικονόμησης- Ορθής Διαχείρισης Ενέργειας σε σχολικά κτίρια*. Χανιά: Τμήμα Μηχανικών Παραγωγικής και Διοίκησης - Πολυτεχνείο Κρήτης .

Κωσταρέλα , Π., & Δημούδη , Α. (2006). *Ενεργειακή Συμπεριφορά των Σχολικών Κτιρίων με έμφαση στην Γ' Κλιματική Ζώνη - 8ο Συνέδριο για της Ήπιες Μορφές Ενέργειας* . Θεσσαλονίκη : Ινστιτούτο Ηλιακής Τεχνικής - ΑΠΘ.

Μέρεση , Α. (2010). *Διδακτορική Διατριβή: Εξοικονόμηση ενέργειας στη σχολική αίθουσα μέσω φυσικού φωτισμού* . Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης .

Μπαλαράς , Κ. Α., & Γαγλία , Α. Γ. (2009). *Σεμινάριο Εξοικονόμησης Ενέργειας - Ενεργειακή Αποδοτικότητα Κτιρίων - Εφαρμογή Μεθοδολογιών και Λογισμικών της Ενεργειακής Αποδοτικότητας Κτιρίων* . Αθήνα : ΤΕΕ.

- N. 4122/2013. (2013). *Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων-Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.*
- N. 4342/2015. (2015). *Συνταξιοδοτικές ρυθμίσεις, ενσωμάτωση στο Ελληνικό Δίκαιο της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 25ης Οκτωβρίου 2012.*
- Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων . (2008). *Οδηγίες Βιοκλιματικού Σχεδιασμού Σχολικών Κτιρίων .*
Αθήνα: Γενική Διεύθυνση Έργων-Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων .
- Πανάρας , Γ. (2015). *Παθητικός (βιοκλιματικός) σχεδιασμός - Σημειώσεις Μαθήματος Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι.* Κοζάνη: Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας .
- Παπαδόπουλος , Α. (2015). *Ενεργειακή αναβάθμιση υφιστάμενων δημοσίων και δημοτικών κτιρίων.*
. Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης-Πολυτεχνική Σχολή-Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών-Εργαστήριο κατασκευής συσκευών διεργασιών .
- Παπαδόπουλος , Α. Μ., & Αξαρχή , Κ. (2015). *Ενεργειακός Σχεδιασμός και Παθητικά Ηλιακά Συστήματα Κτιρίων .* Θεσσαλονίκη : Αφοί Κυριακίδη.
- Παταργιάς , Π., & Μπενετάτου , Β. (2011). *Βιοκλιματικές Εφαρμογές και Καινοτόμες Δράσεις για την Προστασία του Περιβάλλοντος. Τα σύγχρονα ελληνικά βιοκλιματικά σχολεία .* Αθήνα : Εκδόσεις Σταμούλη .
- Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας . (2011). *Θεματική Ενότητα: Δ1 - Εισαγωγή στον τομέα της ενέργειας - Κατάρτιση Ενεργειακών Επιθεωρητών (Εκπαιδευτικό Υλικό) Α. Επιθεώρηση Κτιρίων (Α' Έκδοση εκδ.).*
Αθήνα : Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας .
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής . (2011). *Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων .* Αθήνα : Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής .
- ΦΕΚ 1122/17-6-2008. (2008). *Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα. .*
- Φυτίκας , Μ., & Ανδρίτσος , Ν. (2004). *Γεωθερμία .* Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα.
- Χαραλαμπόπουλος , Δ. (2009). *Γεωθερμική ενέργεια-σημειώσεις.* Μυτιλήνη : Τμήμα Περιβάλλοντος.
- Χατζηβασιλειάδη , Κ. (2010). *Ενσωμάτωση Βιοκλιματικών Τεχνικών και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα Σχολικά Κτίρια σε Συνδυασμό με Περιβαλλοντικής Εκπαίδευση. Εισήγηση στο συνέδριο: Ενέργεια-σημερινή εικόνα-σχεδιασμός-προοπτικές .* Αθήνα: Εκδόσεις Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος .

Χατζηγαβριήλ , Δ. (2015). *Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης 5ου Δημοτικού Σχολείου Σερρών* .
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος .