

ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Αξιολόγηση ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων



Διπλωματική εργασία

Επιβλέπων:
Αηδόνης Δημήτριος
(Αναπληρωτής Καθηγητής)

Σέρρες 2023

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί διαχρονικά, ότι η εργασία στο σύνολο της ή μέρος της, είναι προϊόν λογοκλοπής.

Όνοματεπώνυμο: Ιωαννίδης Χρήστος

Υπογραφή:



Ημερομηνία: 21/2/2023

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του ΔΙΠΑΕ δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του τμήματος.

© Ιωαννίδης Χρήστος, 2023

Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος

Η παρούσα εργασία είναι αφιερωμένη στην σύζυγο μου Θεοδώρα καθώς και στην αγαπημένη μας κόρη Ελευθερία.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, Δημήτριο Αηδόνη , για την βοήθεια και την καθοδήγηση του.

Επίσης, ευγνωμονώ βαθύτατα τους συναδέλφους μου εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα, με ειδική μνεία σε αυτούς του ΕΠΑΛ Λαγκαδά, ΕΠΑΛ Νικήτης, εσπερινό ΕΠΑΛ Ευόσμου και 9^ο ΕΠΑΛ Πειραιά των οποίων η συνδρομή ήταν καταλυτική.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την στήριξη που μου δίνει σε κάθε απόφαση και προσπάθεια μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα σχολεία αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των δημόσιων κτιρίων της Ελλάδας και δεδομένου της εκτεταμένης χρήσης τους, απαιτούν υψηλές κρατικές δαπάνες για την ενεργειακή τους κάλυψη. Επίσης, η συνεισφορά τους στην παραγωγή ρύπων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Το ποσοστό συμμόρφωσης στις απαιτήσεις του κανονισμού ενεργειακής απόδοσης κτιρίων είναι πολύ χαμηλό και η εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών θέρμανσης, φωτισμού και αερισμού κρίνεται αναγκαία. Ο κλιματισμός είναι ακόμη μια παράμετρος που θα μας απασχολήσει έντονα στο εγγύς μέλλον λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Οι χώροι διδασκαλίας θα πρέπει να διασφαλίζουν την θερμική και οπτική άνεση καθώς και να έχουν την απαιτούμενη ποιότητα αέρα, έτσι ώστε οι μαθητές να νιώθουν ευχάριστα και να μπορούν να αποδώσουν ανεπηρέαστοι το μέγιστο. Όλα όμως τα παραπάνω θα πρέπει να εξασφαλίζονται λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τόσο την βιωσιμότητα από την σκοπιά της οικονομίας όσο και του περιβάλλοντος.

Η παρούσα έρευνα έχει ως βασικό στόχο την αξιολόγηση των σχολικών ενεργειακών συστημάτων από τους εκπαιδευτικούς καθώς και να βολιδοσκοπήσει την στάση τους σε δυνητικές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης. Σύμφωνα με το δείγμα των 116 εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, η ικανοποίηση τους από την απόδοση των χρησιμοποιούμενων συστημάτων κρίνεται μάλλον οριακή. Με μεγάλη διασπορά απόψεων παρατηρούμε από σχετικά υψηλή ικανοποίηση σε θέματα που αφορούν τον φωτισμό έως και χαμηλή σε αυτά που αφορούν την θερμομονωτική ικανότητα των σχολικών κτιρίων. Επίσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι εκπαιδευτικοί της Ελλάδας, με μεγάλη σύγκλιση απόψεων, παρουσιάζουν ιδιαίτερα θετική στάση σε προοπτικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων αλλά πιστεύουν πως δεν υπάρχει πολιτική βούληση. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η προοπτική χρήσης των ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων για εκπαιδευτικούς σκοπούς, που υποστηρίζεται ως άποψη από την συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών.

ABSTRACT

Schools constitute a large part of the public buildings in Greece and due to their extensive use, they require high state expenditure for their energy coverage. Their contribution to the production of pollutants is also particularly important. The compliance rate with the requirements of the Energy Performance of Buildings Regulation is very low and the application of energy efficient technologies in the sense of heating, lighting and ventilation is considered necessary. Air conditioning is also a parameter that will be of a great concern in the near future, due to climate change.

Teaching spaces should ensure thermal and visual comfort as well as the required air quality, so that students feel comfortable and can perform to their full studies unaffected. But all of the above should be ensured with serious consideration of both economic and environmental sustainability.

The main objective of this research is to evaluate the school energy systems by teachers and to sound out their attitude towards potential energy upgrade interventions. According to the sample of 116 teachers, who participated in the survey, their satisfaction with the systems used is rather marginal. With a wide variation of options, we observe from relatively high satisfaction on issues related to lighting to low satisfaction on those related to the thermal insulation capacity of school buildings. It is also concluded that teachers in Greece, with a great convergence of options, have a very positive attitude towards the prospects of energy upgrading of schools but they believe that there is no political will. Of great interest is the prospect of using energy efficient systems for educational purposes, which is supported as a view by the vast majority of teachers.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Αφιέρωση.....	3
Ευχαριστίες.....	4
Περίληψη.....	5
Abstract.....	6
Εισαγωγή.....	14

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1. Αξιολόγηση σχολικών κτιρίων Ελλάδος & Τεχνολογίες αναβάθμισης.....	15
1.1 Κτιριακά χαρακτηριστικά Ελληνικών σχολείων.....	15
1.1.1 Τυπολογία Ελληνικών σχολικών κτηρίων.....	15
1.1.2 Δυναμικό, ηλικία & χρήση Ελληνικών σχολείων.....	18
1.1.3 Κτιριακά χαρακτηριστικά Ελληνικών σχολείων.....	20
1.1.4 Τυπικό Ελληνικό σχολικό κτίριο & σχολική αίθουσα.....	22
1.1.5 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων – Νομικό Πλαίσιο.....	22
1.1.6 Κ.Εν.Α.Κ.....	23
1.1.7 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων Ελλάδας.....	24
1.2 Φωτισμός σχολικών μονάδων.....	26
1.2.1 Γενικά.....	26
1.2.2 Κανόνες έντασης φωτισμού σχολικών κτιρίων.....	27
1.2.3 Συστήματα φωτισμού & καταναλώσεις ενέργειας σχολικών κτιρίων.....	28
1.2.4 Τεχνικές φυσικού φωτισμού & σκίασης ως μέσο για ένα πιο ανθρώπινο σχολικό περιβάλλον με θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο.....	30
1.2.5 Ενεργειακή αναβάθμιση συστήματος φωτισμού.....	33
1.3 Ποιότητα αέρα σχολικών αιθουσών – Συστήματα εξαερισμού.....	34
1.3.1 Ποιότητα αέρα και σχολική απόδοση.....	34
1.3.2 Ποιότητα αέρα σχολικών αιθουσών.....	35
1.3.3 Φυσικός αερισμός.....	37
1.4 Φωτοβολταϊκά στα σχολεία.....	40
1.4.1 Γενικά.....	40
1.4.2 Τεχνολογία φωτοβολταϊκών.....	41
1.4.3 Σκοπιμότητα εγκατάστασης Φ/Β σε σχολικές μονάδες.....	43
1.5 Θέρμανση Ελληνικών σχολείων.....	45
1.5.1 Γενική κατάσταση.....	45
1.5.2 Κλιματική αλλαγή ως παράγοντας μεταβολής των κτιριακών θερμικών απαιτήσεων.....	47
1.5.3 Τεχνικές μείωσης θερμικών απωλειών τον χειμώνα και των θερμικών κερδών το καλοκαίρι.....	49
1.5.4 Φύτευση οροφής.....	51
1.5.5 Υβριδικά συστήματα ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Στόχος & Μεθοδολογία έρευνας.....	61
2.2 Ερευνητικό δείγμα.....	61
2.3 Ερευνητικό εργαλείο.....	62
2.4 Ερευνητική διαδικασία.....	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3. Γενικές πληροφορίες για το ερωτηματολόγιο.....	64
3.1 - 1 ^η Ενότητα. Δημογραφικές ερωτήσεις.....	64
3.1.1 – 1ή Ερώτηση. Φύλο εκπαιδευτικών.....	64
3.1.2 – 2ή Ερώτηση. Κλάδος Πανεπιστημιακής Εκπαίδευσης.....	65
3.1.3 – 3ή Ερώτηση. Τύπος σχολείου υπηρετήσης.....	66
3.1.4 – 4ή Ερώτηση. Έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες.....	67
3.1.5 – 5ή Ερώτηση. Σχολική μονάδα υπηρετήσης.....	68
3.1.6 – 6ή Ερώτηση. Υπηρετήση σε θέση ευθύνης.....	70
3.1.7 – 7ή Ερώτηση. Συνολικά έτη υπηρετήσης ως διευθυντής/διευθύντρια..	71
3.1.8 – 8ή Ερώτηση. Συνολικά έτη υπηρετήσης ως υποδιευθυντής/ υποδιευθύντρια.....	72
3.2 - 2 ^η Ενότητα. Κτιριακά & ενεργειακά στοιχεία σχολικών μονάδων.....	73
3.2.1 – 9ή Ερώτηση. Χρονολογία κατασκευής σχολείου υπηρετήσης.....	73
3.2.2 – 10ή Ερώτηση. Βαθμίδες που συστεγάσθησαν.....	74
3.2.3 – 11ή Ερώτηση. Σύστημα θέρμανσης.....	75
3.2.4 – 12ή Ερώτηση. Τύπος λαμπτήρων.....	76
3.2.5 – 13ή Ερώτηση. Τύπος υαλοπινάκων.....	77
3.2.6 – 14ή Ερώτηση. Συμμετοχή σε πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης..	78
3.2.7 – 15ή Ερώτηση. Ενεργειακά αναβαθμισμένα κτιριακά στοιχεία.....	79
3.3 - 3 ^η Ενότητα. Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας & αποδοτικότητας χρησιμοποιούμενων συστημάτων σχολικής μονάδας.....	80
3.3.1 – 16ή Ερώτηση. Αξιολόγηση συστήματος θέρμανσης.....	80
3.3.2 – 17ή Ερώτηση. Αξιολόγηση θερμικής άνεσης.....	81
3.3.3 – 18ή Ερώτηση. Αξιολόγηση θερμομονωτικής ικανότητας κελύφους...	82
3.3.4 – 19ή Ερώτηση. Αξιολόγηση τεχνητού φωτισμού.....	83
3.3.5 – 20ή Ερώτηση. Αξιολόγηση εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού.....	84
3.3.6 – 21ή Ερώτηση. Αξιολόγηση επάρκειας φωτισμού.....	86
3.3.7 – 22ή Ερώτηση. Αξιολόγηση συστήματος αερισμού.....	87
3.3.8 – 23ή Ερώτηση. Αξιολόγηση ποιότητας αέρα.....	88
3.3.9 – 24ή Ερώτηση. Γενική ενεργειακή αξιολόγηση σχολικής μονάδας.....	89
3.3.10 – 25ή Ερώτηση. Επιπρόσθετα προβλήματα ενεργειακής απόδοσης.....	90
3.3.11 – Σύγκριση Μ.Ο ερωτήσεων 16-24.....	90
3.4 - 4 ^η Ενότητα. Αξιολόγηση δυνητικών ενεργειακών επεμβάσεων.....	91

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1:	Τιμές δομικών συντελεστών Ελληνικών σχολικών κτιρίων.....	21
Πίνακας 1.2:	Τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.....	25
Πίνακας 1.3:	Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Δ.....	25
Πίνακας 1.4:	Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Γ.....	26
Πίνακας 1.5:	Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Β.....	26
Πίνακας 1.6:	Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Α.....	26
Πίνακας 1.7:	Ένταση φωτισμού στις σχολικές αίθουσες.....	28
Πίνακας 1.8:	Τεχνητός φωτισμός τυπικής σχολικής αίθουσας.....	29
Πίνακας 1.9:	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας τυπικής σχολικής αίθουσας.....	29
Πίνακας 1.10:	Κατανάλωσή ενέργειας ανάλογα με την τεχνολογία φωτισμού.....	34
Πίνακας 1.11:	Μετρήσεις ποιότητας αέρα 5 σχολικών αιθουσών.....	36
Πίνακας 1.12:	Μετρήσεις ποιότητας αέρα 10 σχολικών αιθουσών.....	36
Πίνακας 1.13:	Μεταβολή των θερμικών απωλειών σχολικού κτιρίου λόγο φύτευσης της οροφής του.....	52
Πίνακας 1.14:	Μεταβολή των ψυκτικών φορτίων σχολικού κτιρίου λόγο φύτευσης της οροφής του.....	52
Πίνακας 1.15:	Απόδοση σχολείων πριν από την ενεργειακή τους αναβάθμιση.....	57
Πίνακας 1.16:	Απόδοση σχολείων μετά από ενεργειακή αναβάθμιση.....	57
Πίνακας 1.17:	Ανάλυση ετήσιας παραγόμενης θερμικής ενέργειας υβριδικού συστήματος θέρμανσης.....	57
Πίνακας 3.1:	Σχολείο υπηρετήσης εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα.....	70
Πίνακας 3.2:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 16.....	81
Πίνακας 3.3:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 17.....	82
Πίνακας 3.4:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 18.....	83
Πίνακας 3.5:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 19.....	84
Πίνακας 3.6:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 20.....	85
Πίνακας 3.7:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 21.....	86
Πίνακας 3.8:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 22.....	88
Πίνακας 3.9:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 23.....	89
Πίνακας 3.10:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 24.....	90
Πίνακας 3.11:	Επισημάνσεις επιπρόσθετων ενεργειακών προβλημάτων σχολικών μονάδων.....	90
Πίνακας 3.12:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 26.....	93
Πίνακας 3.13:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 27.....	94
Πίνακας 3.14:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 28.....	95
Πίνακας 3.15:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 29.....	96
Πίνακας 3.16:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 30.....	98
Πίνακας 3.17:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 31.....	99
Πίνακας 3.18:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 32.....	100
Πίνακας 3.19:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 33.....	101
Πίνακας 3.20:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 34.....	103
Πίνακας 3.21:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 35.....	104
Πίνακας 3.22:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 36.....	105
Πίνακας 3.23:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 37.....	106
Πίνακας 3.24:	Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 38.....	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: 19 ^ο Γυμνάσιο - Λύκειο Θεσσαλονίκης.....	16
Εικόνα 1.2: 90 ^ο Δημοτικό σχολείο Θεσσαλονίκης, Διάταξης γάμα.....	16
Εικόνα 1.3: Σχολικό κτίριο τύπου Αθηνά.....	17
Εικόνα 1.4: 8 ^ο Δημοτικό σχολείο Δήμου Νεάπολης – Συκεών Θεσσαλονίκης.....	18
Εικόνα 1.5: Τυπικό ελληνικό σχολικό κτίριο.....	22
Εικόνα 1.6: Προσανατολισμός στον άξονα βοράς – νότος.....	31
Εικόνα 1.7: Οφέλη νότιου προσανατολισμού ανοιγμάτων.....	31
Εικόνα 1.8: Τεχνικές φυσικού φωτισμού με ανοίγματα στη οροφή.....	33
Εικόνα 1.9: Κίνηση αέρα γύρω από κτίριο.....	38
Εικόνα 1.10: Διαμπερής κίνηση του αέρα.....	38
Εικόνα 1.11: Κατανομή θερμού – ψυχρού αέρα στον χώρο.....	39
Εικόνα 1.12: Ηλιακή καμινάδα.....	39
Εικόνα 1.13: Πύργος ψύξης.....	39
Εικόνα 1.14: Αυτόνομο σύστημα Φ/Β.....	43
Εικόνα 1.15: Εγκατάσταση Φ/Β στο 4 ^ο Γυμνάσιο – Λύκειο Αθήνας.....	45
Εικόνα 1.16: Φυτεμένες οροφές.....	51
Εικόνα 1.17: Διαστρωμάτωση φυτεμένης οροφής.....	54
Εικόνα 1.18: PVTs Φ/Β πάνελ.....	55
Εικόνα 1.19: Υβριδικό σύστημα ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης.....	57
Εικόνα 1.20: Υβριδική θέρμανση.....	58

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1.1: Καταμερισμός σχολικών βαθμίδων.....	19
Γράφημα 1.2: Ηλικία Ελληνικών σχολικών κτιρίων.....	20
Γράφημα 1.3: Ηλικία σχολικών κτιρίων νομού Αττικής.....	20
Γράφημα 1.4: Ενεργειακή κλάση και συνολική κατανάλωση ενέργειας σχολείων ελληνικής επικράτειας ανά ζώνη.....	25
Γράφημα 1.5: Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας Ελληνικών σχολείων.....	29
Γράφημα 1.6: Αναλογία χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας.....	41
Γράφημα 1.7: Μηνιαία κατανάλωση & παραγωγή ηλεκτρισμού 7 ^ο λύκειο Πειραιά.....	44
Γράφημα 1.8: Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ως συνάρτηση του κτιριακού σχήματος και της ύπαρξης ή μη μόνωσης.....	46
Γράφημα 1.9: Μεταβολή Βαθμοημερών θέρμανσης Αθήνας.....	47
Γράφημα 1.10: Μεταβολή Βαθμοημερών ψύξης Αθήνας.....	48
Γράφημα 1.11: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης σε Αθήνα & Θεσσαλονίκη.....	49
Γράφημα 1.12: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων δροσισμού σε Αθήνα & Θεσσαλονίκη.....	49
Γράφημα 3.1: Φύλο των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα.....	65
Γράφημα 3.2: Ποσοστό εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ανά κλάδο.....	66
Γράφημα 3.3: Ποσοστό εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ανά τύπο σχολείου.....	67
Γράφημα 3.4: Έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα.....	68
Γράφημα 3.5: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση ευθύνης.....	71
Γράφημα 3.6: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση διευθυντή/διευθύντριας.....	72
Γράφημα 3.7: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση υποδιευθυντή/υποδιευθύντριας.....	72
Γράφημα 3.8: Έτος κατασκευής σχολικής μονάδας.....	73
Γράφημα 3.9: Βαθμίδες συστέγασης σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης.....	75
Γράφημα 3.10: Σύστημα θέρμανσης σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης.....	76
Γράφημα 3.11: Τύπος λαμπτήρων σχολικής μονάδας υπηρετήσης.....	77
Γράφημα 3.12: Τύπος υαλοπινάκων σχολικής μονάδας υπηρετήσης.....	78
Γράφημα 3.13: Συμμετοχή σχολικών μονάδων σε προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης.....	79
Γράφημα 3.14: Κτιριακά στοιχεία που δέχθηκαν ενεργειακή αναβάθμιση.....	80
Γράφημα 3.15: Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης.....	81
Γράφημα 3.16: Αξιολόγηση θερμικής άνεσης αιθουσών διδασκαλίας τον χειμώνα.....	82
Γράφημα 3.17: Αξιολόγηση θερμομονωτικής ικανότητας του κτιριακού κελύφους.....	83
Γράφημα 3.18: Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας.....	84
Γράφημα 3.19: Αξιολόγηση εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας.....	85
Γράφημα 3.20: Αξιολόγηση επάρκειας φωτισμού των σχολικών αιθουσών.....	86
Γράφημα 3.21: Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας του συστήματος αερισμού των σχολικών αιθουσών.....	87
Γράφημα 3.22: Αξιολόγηση ποιότητας αέρα στις σχολικές αίθουσες.....	88

Γράφημα 3.23: Γενική ενεργειακή αξιολόγηση σχολικής μονάδας.....	89
Γράφημα 3.24: Σύγκριση Μ.Ο των ερωτήσεων 16-24.....	91
Γράφημα 3.25: Εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων στις σχολικές στέγες ως προοπτική μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.....	92
Γράφημα 3.26: Υβριδικά συστήματα ηλιακής υποβοήθησης ως προοπτική μείωσης του κόστους θέρμανσης.....	94
Γράφημα 3.27: Χρήση λέβητα βιομάζας με καύσιμο τοπικά παραγόμενα αγροτικά απόβλητα ως εφικτή προοπτική.....	95
Γράφημα 3.28: Χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ως προοπτική μείωσης του κόστους θέρμανσης.....	96
Γράφημα 3.29: Οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων αντικατάστασης συμβατικών λεβήτων Φ.Α με συμπύκνωσης.....	97
Γράφημα 3.30: Λαμπτήρες LED με αισθητήρες φωτισμού και ρυθμιστές φωτεινότητας ως προοπτική μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.....	99
Γράφημα 3.31: Φυσικός φωτισμός ως βασικός παράγοντας φωτισμού των σχολικών αιθουσών.....	100
Γράφημα 3.32: Συστήματος αερισμού με αισθητήρες ποιότητας του αέρα ως προοπτική βελτίωσης της υγείας και της σχολικής απόδοσης των μαθητών.....	101
Γράφημα 3.33: Δυνατότητα φύτευσης της οροφής & αυλής των σχολείων με σκοπό την δημιουργία μικροκλίματος.....	102
Γράφημα 3.34: Δυνατότητα εκμετάλλευσης πράσινων συστημάτων για εκπαιδευτικούς σκοπούς.....	103
Γράφημα 3.35: Συσχετισμός πράσινων συστημάτων στα σχολεία και καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης από τους μαθητές.....	105
Γράφημα 3.36: Βαθμός πολιτικής βούλησης σχετικά με την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων στα σχολεία.....	106
Γράφημα 3.37: Βαθμός σεβασμού των ενεργειακά πράσινων συστημάτων από τους μαθητές.....	107
Γράφημα 3.38: Σύγκριση Μ.Ο των ερωτήσεων 26-38.....	108

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση των σχολικών ενεργειακών συστημάτων από τους εκπαιδευτικούς, καθώς και η βολιδοσκόπηση της πρόθεσης τους σε δυνητικές επεμβάσεις βελτίωσης. Για να μπορέσει να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται να προηγηθεί μια ανασκόπηση της ενεργειακής κατάστασης των ελληνικών σχολείων και να διερευνηθούν οι τεχνολογίες που υπόσχονται την βελτίωση της.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ενεργειακή κατάσταση των σχολείων σε θέματα που αφορούν τον αερισμό, την θέρμανση και τον φωτισμό καθώς και αναλύονται – προτείνονται τεχνολογίες αναβάθμισης. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην έρευνα. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται, μέσο στατιστικής περιγραφής, τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο των τριάντα οκτώ ερωτήσεων που αποτελεί και το βασικό ερευνητικό εργαλείο. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα.

Η συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και βασίζεται κατά κύριο λόγο σε άρθρα επιστημονικών περιοδικών (12 στο σύνολο) ξένης και ελληνικής βιβλιογραφίας. Για την απόκτηση γενικότερων γνώσεων επί του θέματος, μεγάλο ρόλο διαδραμάτισε και η μελέτη βιβλίων και τεχνικών σημειώσεων. Το διαδίκτυο αποτέλεσε και αυτό μια καλή πηγή πληροφοριών που πολλές φορές, μετά από απαιτούμενη έρευνα για τον βαθμό αξιοπιστίας του, αποδείχθηκε πολύτιμο.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

1. Αξιολόγηση σχολικών κτιρίων Ελλάδος & Τεχνολογίες αναβάθμισης

Οι σχολικές μονάδες αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των δημόσιων κτιρίων στην Ελλάδα και δεδομένου της εκτεταμένης χρήσης τους (οι μαθητές περνούν το 30% της μέρας τους στο σχολείο και το 75% του χρόνου αυτού εντός των κτιρίων) απαιτούν υψηλές κρατικές δαπάνες για την ενεργειακή τους κάλυψη, ενώ η συμμετοχή τους στην παραγωγή ρύπων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Σε πολλές περιπτώσεις τα σχολικά κτίρια έχουν κατασκευαστεί και σχεδιαστεί όπως κάθε άλλο κτίριο, όσο αφορά το εσωτερικό περιβάλλον των χώρων, με εξαίρεση τον φυσικό φωτισμό που είναι συνήθως επαρκής. Το πυκνά δομημένο αστικό περιβάλλον επιδρά αρνητικά στην ποιότητα του αέρα και εμποδίζει την βέλτιστη έκθεση στο ηλιακό φως. Ένα υψηλό ποσοστό των σχολείων έχει κατασκευαστεί σε εποχές που δεν είχε καν τεθεί σε ισχύ ο ελληνικός κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων με συνέπεια οι ενεργειακές τους ανάγκες για θέρμανση και δροσισμό να είναι αδικαιολόγητα υψηλές. Η υψηλή πληρότητα των αιθουσών με μαθητές, που έχει ως συνέπεια αυξημένα εσωτερικά θερμικά κέρδη, απαιτεί συχνότερο και καλύτερο αερισμό. Αυτό συμβαίνει γιατί αυξάνονται σημαντικά οι συγκεντρώσεις CO₂ και άλλων επιβλαβών ενώσεων οι οποίες λειτουργούν επιβαρυντικά στην υγεία αλλά και την επίδοση των μαθητών.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε την σκοπιμότητα της έρευνας για την μείωση των ενεργειακών δαπανών η οποία θα πρέπει όμως να έχει ως βασικό γνώμονα την υγεία και σχολική απόδοση των μαθητών και προέχει φυσικά της όποιας δαπάνης. Οι χώροι διδασκαλίας θα πρέπει να διασφαλίζουν την θερμική και οπτική άνεση καθώς και να έχουν την απαιτούμενη ποιότητα αέρα, έτσι ώστε οι μαθητές να νιώθουν ευχάριστα και να μπορούν να αποδώσουν ανεπηρέαστοι το μέγιστο. Όλα όμως τα παραπάνω θα πρέπει να εξασφαλίζονται λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τόσο την βιωσιμότητα από την σκοπιά της οικονομίας, όσο και του περιβάλλοντος.

1.1 Κτιριακά χαρακτηριστικά Ελληνικών σχολείων

1.1.1 Τυπολογία Ελληνικών σχολικών κτηρίων

Η διάκριση των σχολικών κτιρίων γίνεται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το έτος και τον τρόπο κατασκευής (Καραγκούνη Ευθυμία 2018).

1^η κατηγορία. Κτίρια κατασκευασμένα πριν το 1960.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν κτίρια με μεγάλου πάχους τοιχοποιία από πέτρα ή τούβλο, στέγη από σκυρόδεμα ή ξύλο και πλάκα από σκυρόδεμα ενώ σε όλα τα προαναφερόμενα δομικά στοιχεία απουσιάζει η θερμική μόνωση. Τα κουφώματα είναι μεταλλικά ή ακόμα και ξύλινα με μονό υαλοπίνακα και η διάταξη των αιθουσών είναι συνήθως γραμμική με κλειστό διάδρομο στην μία πλευρά, ενώ

σπανιότερα ο διάδρομος είναι ανοικτός. Σε πολλές περιπτώσεις είναι νεοκλασικά ή κτίρια του μεσοπολέμου (εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1: 19^ο Γυμνάσιο - Λύκειο Θεσσαλονίκης (Πηγή:www.parallaximag.gr)

2^η κατηγορία. Κτίρια κατασκευασμένα από το 1960 έως το 1980.

Τα κτίρια αυτά έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις τυπολογίες του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων (ΟΣΚ) με τοιχοποιία μικρού πάχους από τούβλα και σκελετό από οπλισμένο σκυρόδεμα (απουσία θερμικής μόνωσης), ενώ τα κουφώματα είναι μεταλλικά μονού υαλοπίνακα. Η διάταξη τους είναι γραμμική ή γάμα με προσανατολισμό αιθουσών στον Νότο και κλειστό συνήθως διάδρομο πίσω από τις αίθουσες (εικόνα 1.2).

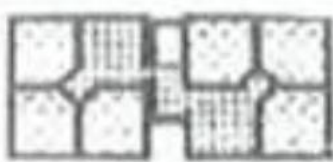


Εικόνα 1.2: 90^ο Δημοτικό σχολείο Θεσσαλονίκης, Διάταξης γάμα (Πηγή:www.parallaximag.gr)

3^η κατηγορία. Κτίρια κατασκευασμένα μετά το 1980

Τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1980 φέρουν θερμομόνωση στην οροφή και τους τοίχους, σύμφωνα με τον νεοεισερχόμενο τότε κανονισμό θερμομόνωσης, με βαθμό κάλυψης που κυμαίνεται σε πολλές περιπτώσεις μόνο

στο 30% του κελύφους. Οι διαφανείς επιφάνειες είναι πολύ μεγάλες για λόγους εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού με συνέπεια τις υψηλές θερμικές απώλειες και θάμβωμα των κρυστάλλων τον χειμώνα στις βορινές όψεις, ενώ παρατηρείται υπερθέρμανση των νότιων αιθουσών τους μήνες όπου η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλή. Όσο αφορά την αρχιτεκτονική των σχολικών κτιρίων αυτής της περιόδου, δημιουργούνται νέοι τύποι με χαρακτηριστικό την αποδέσμευση από την μονόπλευρη διάταξη αιθουσών διδασκαλίας. Χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα ο τύπος διδακτηρίου Αθηνά, Ψυχάρης, Ερατώ, Κάλβος, Θαλής, Παλαμάς κ.α. Όλοι οι παραπάνω τύποι παρουσιάζουν τέτοιες ομοιότητες μεταξύ τους που θα μπορούσαμε να πούμε ότι ανήκουν στην ίδια κατηγορία (εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3: Σχολικό κτίριο τύπου Αθηνά (Πηγή: Κ.Α.Π.Ε., 1995)

4^η Κατηγορία. Βιοκλιματικά σχολεία (Ο.Σ.Κ [1] 2008).

Τα τελευταία χρόνια δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο βιοκλιματικό σχολείο (εικόνα 1.4) με στόχο τον σχεδιασμό ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων που προσφέρουν στους χρήστες υγιεινό και ευχάριστο περιβάλλον με εφαρμογή κατάλληλων παθητικών, ενεργητικών αλλά και υβριδικών συστημάτων.

Βασικές αρχές βιοκλιματικών σχολείων:

- Κατάλληλη χωροθέτηση και προσανατολισμός κτιρίου για καλό φωτισμό όλη την διάρκεια του έτους με μέγιστα ηλιακά κέρδη τον χειμώνα καθώς και επίτευξη διαμερούς αερισμού.
- Κατάλληλη ηλιοπροστασία με προσδιορισμό της περιόδου του χρόνου όπου είναι επιθυμητή η είσοδος του ηλιακού φωτός αλλά και της περιόδου που απαιτείται ο έλεγχος της με μέσα σκίασης.
- Βέλτιστη αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού με απαλό έμμεσα διάχυτο φυσικό φως, που εξασφαλίζει ευχάριστο και ανθρώπινο περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα βοηθά στην επίδοση των μαθητών.
- Ηλεκτροφωτισμός, ο οποίος λειτουργεί συμπληρωματικά μέσο συστημάτων έξυπνου ελέγχου και σε συνδυασμό με λαμπτήρες υψηλής επίδοσης εξασφαλίζουν την μείωση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.
- Φυσικός αερισμός λόγω διαμερούς κτιρίου αλλά και μέσο συστημάτων μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας όπως οι ηλιακές καμινάδες.
- Εφαρμογή τεχνητού εξαερισμού με αισθητήρες CO₂ όταν οι συνθήκες το επιβάλλουν.
- Επαρκή μόνωση δομικών στοιχείων με προσανατολισμό σε οικολογικά μονωτικά υλικά όπως το λιναρόμαλλο, ο διογκωμένος φελλός και τα υπολείμματα βαμβακιού.

- Η χρήση οικολογικών υλικών σε όλους τους χώρους του σχολείου, όπως για παράδειγμα το ξύλο για τα πατώματα, το κεραμικό για τους σωλήνες όμβριων υδάτων κ.α.
- Ξύλινες κατασκευές όπου είναι δυνατόν, διότι το ξύλο βελτιώνει την αισθητική του χώρου, παρέχοντας οπτική ζεστασιά αλλά και ως γνωστόν χαρακτηρίζεται για τις καλές αντισεισμικές του ιδιότητες.
- Φυτεμένα δώματα που αποτελούν έναν συμπληρωματικό τρόπο επαναφοράς της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον, παρέχουν θερμομόνωση και φυσικά βελτιώνουν την αισθητική του σχολείου.
- Αξιοποίηση φυτών για λειτουργική και αισθητική βελτίωση του κτιρίου. Για παράδειγμα αειθαλή φυτά στην βορεινή πλευρά προστατεύουν από τους ψυχρούς ανέμους τον χειμώνα. Επίσης η βλάστηση περιορίζει γενικότερα την άμεση είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στις σχολικές αίθουσες.
- Εφαρμογή γεωθερμικών συστημάτων θέρμανσης τον χειμώνα και δροσισμού το καλοκαίρι, μέσω εκμετάλλευσης της σταθερής θερμοκρασίας του υπεδάφους.
- Εφαρμογή υβριδικών συστημάτων θέρμανσης με χρήση ηλιακών πάνελ για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας μέσω εκμετάλλευσης της ανεξάντλητης ενέργειας του ηλίου.
- Εφαρμογή Φωτοβολταϊκών συστημάτων με όλα τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που αυτό συνεπάγεται.
- Συλλογή όμβριων υδάτων και διανομή του προς κάλυψη αναγκών άρδευσης της αυλής καθώς και τροφοδοσίας λεκανών WC με νερό.
- Χρήση όλων των προαναφερόμενων πρακτικών σαν ένα ανοιχτό εργαστήριο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και ενημέρωσης για τα παιδιά.



Εικόνα 1.4: 8^ο Δημοτικό σχολείο Δήμου Νεάπολης – Συκεών Θεσσαλονίκης
(Πηγή: www.energypress.gr)

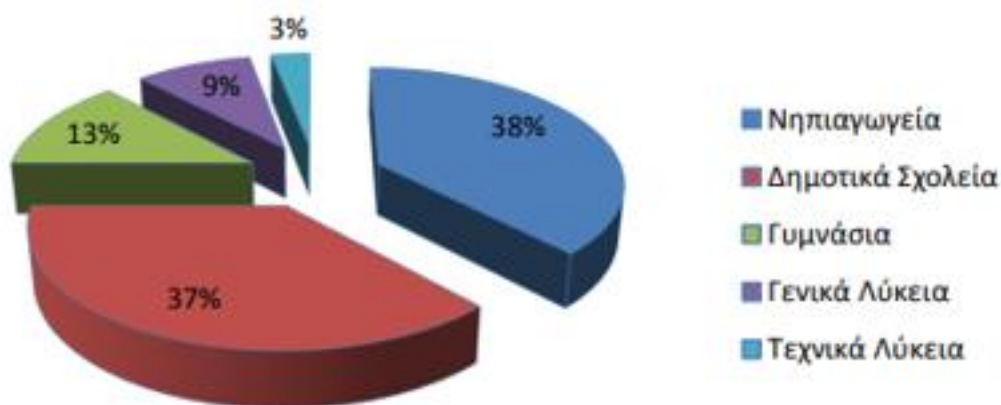
1.1.2 Δυναμικό, ηλικία & χρήση Ελληνικών σχολείων

Σύμφωνα με την εθνική ελληνική στατιστική υπηρεσία τα κτίρια που δεν χρησιμοποιούνται ως κατοικία στην Ελλάδα αποτελούν το 25% του συνολικού δυναμικού και είναι υπεύθυνα για το 7,3% της συνολικής κατανάλωσης

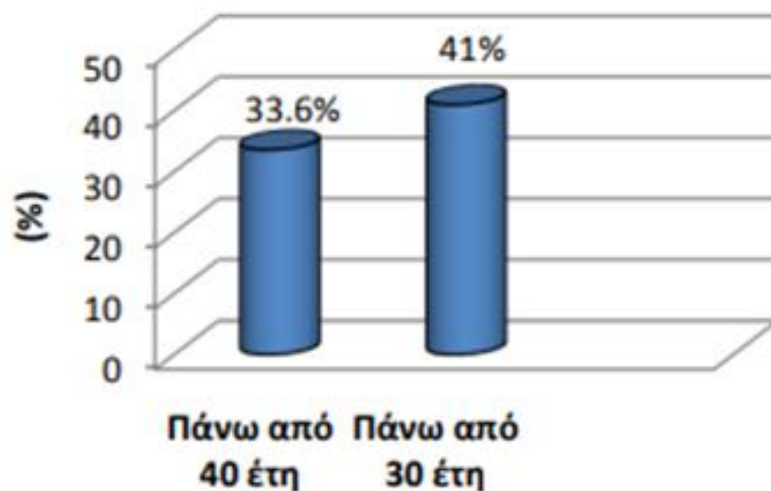
ενέργειας. Είναι επίσης υπεύθυνα για το 23,7% της συνολικής από κτίρια κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο συνολικός αριθμός σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα είναι 14446 ,εκ των οποίων το 38% είναι νηπιαγωγεία, το 37% δημοτικά, το 13% γυμνάσια, το 9% γενικά λύκεια και το 3% επαγγελματικά λύκεια (γράφημα 1.1). Η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν είναι 107.772.913 τ.μ. εκ των οποίων το 34% ανήκει στις σχολικές τάξεις που εξυπηρετούν 1.357.480 μαθητές. Σε κάθε μαθητή αναλογούν 7,9 τ.μ. συνολικής επιφάνειας του σχολείου και 2,7 τ.μ. σχολικής αίθουσας. Στην Ελλάδα οι μαθητές περνούν το 30% της ημέρας τους στο σχολείο και το 75% αυτού του χρόνου μέσα σε μια σχολική αίθουσα.

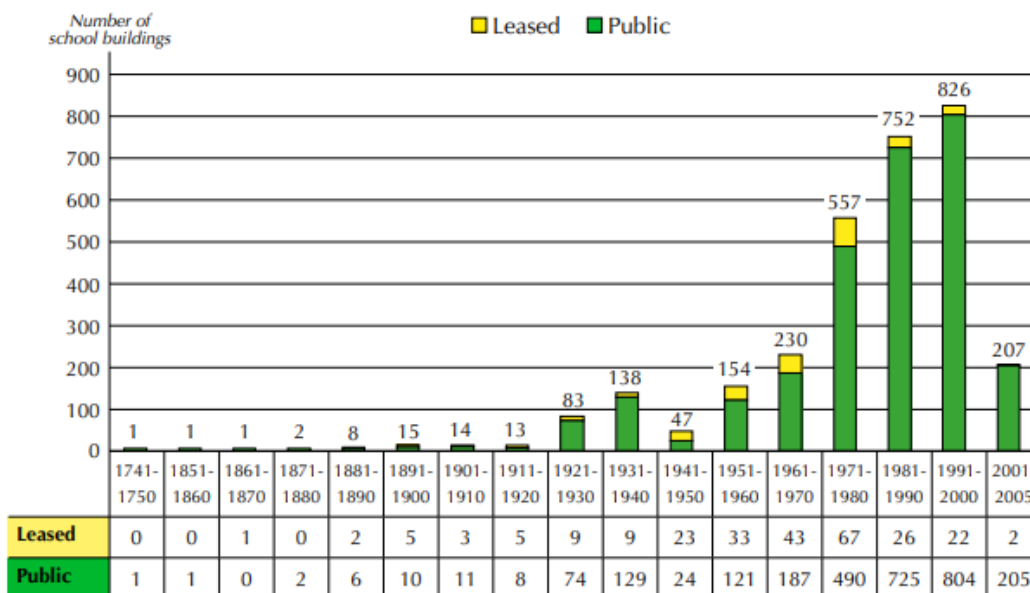
Κατά πλειοψηφία τα σχολικά κτίρια είναι κατασκευασμένα πριν το 1964. Το 41% είναι άνω των 30 ετών, το 33,6% άνω των 40 ενώ το 58,6% των δημοτικών έχουν ανεγερθεί πριν το 1975 (γράφημα 1.2). Τα νηπιαγωγεία κατά πλειοψηφία είναι νεότερα των 20 ετών λόγω του ότι η υποχρεωτική φοίτηση των μαθητών σε αυτή την βαθμίδα έγινε πολύ μεταγενέστερα. Σε γενικές γραμμές η μέση ηλικία των ελληνικών σχολείων είναι 36,5 έτη και πιο συγκεκριμένα 47 έτη στην Ζώνη Α, 34 έτη στην Ζώνη Β και 37 στην Ζώνη Γ (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010). Στον Νομό Αττικής παρατηρείται η ύπαρξη νεότερων αναλογικά σχολικών μονάδων σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα με ένα μεγάλο ποσοστό εξ αυτών να έχει κατασκευαστεί μετά το 1979, που αποτελεί κομβικό σημείο λόγω της εφαρμογής του κανονισμού θερμομόνωσης κτιρίων (γράφημα 1.3).



Γράφημα 1.1: Καταμερισμός σχολικών βαθμίδων
(Πηγή: ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ, 2014)



Γράφημα 1.2: Ηλικία Ελληνικών σχολικών κτιρίων (Πηγή: ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ, 2014)



Γράφημα 1.3: Ηλικία σχολικών κτιρίων νομού Αττικής (Πηγή: Patargias et al., 2009)

1.1.3 Κτιριακά χαρακτηριστικά Ελληνικών σχολείων

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε σε 350 σχολικές μονάδες όλων των κλιματικών ζωνών της Ελλάδας, τα σχολεία είναι συνήθως μεμονωμένες κτιριακές κατασκευές με εκτεθειμένες και τις τέσσερις όψεις στο περιβάλλον. Τα παράθυρα είναι τοποθετημένα τις περισσότερες φορές σε όλες τις όψεις με σκοπό την καλύτερη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και αερισμού. Ως γενικός κανόνας, η πιο αποδοτική διάταξη είναι κατά μήκος του ανατολικού – δυτικού άξονα με μεγάλο αριθμό διάφανων επιφανειών στον νότο και ελάχιστο στην ανατολή και δύση. Τα περισσότερα ελληνικά σχολεία είναι ευθυγραμμισμένα στον ανατολικό – δυτικό άξονα με μεγάλες διαφανείς επιφάνειες τόσο στην ανατολή όσο και την δύση.

Ο συντελεστής μορφής κτιρίου (shape factor), που είναι ο λόγος της επιφάνειας του εξωτερικού κελύφους του κτιρίου σε m^2 ως προς τον συνολικό όγκο του κτιρίου σε m^3 , επηρεάζει καθοριστικά τις θερμικές απώλειες. Όσο μεγαλύτερη είναι η εκτεθειμένη επιφάνεια του κτιρίου τόσο μεγαλύτερα είναι τα ηλιακά κέρδη αλλά και οι απώλειες θερμότητας. Άρα κτίρια με υψηλό συντελεστή έχουν μεγαλύτερες απώλειες και κέρδη από κτίρια με χαμηλό συντελεστή. Η τιμή του συντελεστή αυτού στα σχολικά κτίρια της Ελλάδας κυμαίνεται από 0,14 έως 1,31 m^2/m^3 ενώ ο μέσος όρος είναι 0,52 m^2/m^3 (πίνακας 1.1).

Ο συντελεστής θερμικών απωλειών (heat loss form factor) είναι ο λόγος της επιφάνειας του εξωτερικού κελύφους σε m^2 ως προς την επιφάνεια των θερμαινόμενων χώρων σε m^2 . Η τιμή του κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 5 και όσο μικρότερη είναι τόσο πιο συμπαγής είναι η κατασκευή. Η τιμή του συντελεστή αυτού στα σχολικά κτίρια της Ελλάδας κυμαίνεται από 0.66 έως και 3.99 m^2/m^2 , με μέσο όρο 1.89 (πίνακας 1.1).

Η εκμετάλλευση του ηλιακού φωτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας κατά την σχεδίαση μιας σχολικής μονάδας σε βαθμό υψηλότερο από άλλα κτίρια. Μελέτες μας έχουν δείξει ότι με τον κατάλληλο φυσικό φωτισμό δημιουργείται ένα ευχάριστο περιβάλλον με αποτέλεσμα την βελτίωση της απόδοσης των μαθητών ενώ ταυτόχρονα εξοικονομείται και ενέργεια. Η επιφάνεια των διαφανών δομικών στοιχείων έχει άμεση επίδραση στα εσωτερικά επίπεδα φυσικού φωτισμού και στα ηλιακά θερμικά κέρδη που μειώνουν τα καταναλισκόμενα θερμικά φορτία ενώ αυξάνουν τα ψυκτικά φορτία τους θερμότερους μήνες. Όλα τα παραπάνω εκφράζονται από τον συντελεστή διάφανων επιφανειών ως προς την επιφάνεια του δαπέδου (window to floor ratio) ή της επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων (window to wall ratio). Η τιμή του πρώτου για τα σχολεία της Ελλάδας κυμαίνεται από 5 έως 39% με κατά μέσο όρο τιμή 17% (πίνακας 1.1) ενώ του δεύτερου κυμαίνεται από 7–76% με κατά μέσο όρο τιμή 28% (G.Droutsa et al. 2020).

Κατασκευαστικοί συντελεστές κτιρίων	Κατά Μ.Ο τιμή
Συντελεστής μορφής κτιρίου Shape factor, A/V	0.52 m^2/m^3
Αναλογία οροφής προς εξωτερική τοιχοποιία Roof to wall ratio, RTW	0.85 m^2/m^2
Συντελεστής θερμικών απωλειών Heat loss form factor, A/Ah	1.89 m^2/m^2
Αναλογία ανοιγμάτων προς θερμαινόμενη επιφάνεια Window to floor ratio, WFR	17%
Αναλογία ανοιγμάτων προς εξωτερική τοιχοποιία Window to wall ratio, WWR	28%

Πίνακας 1.1: Τιμές δομικών συντελεστών Ελληνικών σχολικών κτιρίων
(Πηγή : G. Droutsa et al. 2020)

Από γεωμετρική σκοπιά υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες σχολικών κτιρίων: τα ευθύγραμμου τύπου, τα τύπου L και τα τύπου Π. Ο πιο συνηθισμένος τύπος στην ζώνη Α είναι ο Π (περίπου 40%) ενώ στην ζώνη Β και Γ είναι ο ευθύγραμμος (περίπου 55%). Το 50% των κτιρίων στην ζώνη Α έχει έναν όροφο ενώ το 50% και 60% στις ζώνες Β και Γ αντίστοιχα έχει δύο ορόφους και μόνο το 40% έχει υπόγειο. Το ύψος του κάθε ορόφου είναι μεταξύ 3^{ov} και 4^{ov} μέτρων σε

όλες τις ζώνες. Ύψος ορόφου 4 – 5 μέτρα συναντάμε μόνο στην ζώνη Α λόγω της διαφορετικής αρχιτεκτονικής στην περιοχή. Τέλος, σε αντίθεση με τις άλλες ζώνες, στην ζώνη Γ το 85% των σχολικών κτιρίων έχουν κεραμοσκεπή. (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

1.1.4 Τυπικό Ελληνικό σχολικό κτίριο & σχολική αίθουσα

Το τυπικό ελληνικό σχολικό κτίριο (εικόνα 1.5) έχει τα παρακάτω αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά: δεν εφάπτεται με άλλα κτίρια (στέκεται μόνο του), έχει δύο ορόφους ύψους 3-4 μέτρα, δεν διαθέτει υπόγειο, έχει ορθογώνιο ευθύγραμμο σχήμα, η αυλή δεν περικλείεται από το κτίριο, οι διάδρομοι είναι εσωτερικοί και μπροστά από τις αίθουσες και η σκεπή είναι από πλάκα τσιμέντου και επίπεδη (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Η τυπική ελληνική σχολική αίθουσα έχει νότιο προσανατολισμό, 51 τ.μ. εμβαδόν και διαστάσεις 7.2 x 7.2 x 3.2 (L.T Doulos et al. 2019).



Εικόνα 1.5: Τυπικό ελληνικό σχολικό κτίριο

1.1.5 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων – Νομικό Πλαίσιο

Το κύριο νομοθετικό όργανο στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων είναι η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2001/91/EC (EPBD). Αυτή μεταπλάστηκε από την οδηγία 2010/31/EC με σκοπό να ενδυναμώσει τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης και να δώσει διευκρινήσεις και χρονοδιαγράμματα έτσι ώστε να μειώσει τις μεγάλες διαφορές που εμφανίζονταν στις πρακτικές των μελών της. Έθεσε συν της άλλης τον φιλόδοξο στόχο σύμφωνα με τον οποίο, όλα τα νεόδμητα κτίρια μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου του 2018 να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Νεόδμητα κτίρια κατοικίας καθώς και δημόσια κτίρια θα πρέπει να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης μέχρι το τέλος του 2018. Διευκρινίζεται επίσης ότι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσω συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Το νομοθετικό πλαίσιο σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο ακολούθησε την παρακάτω πορεία:

- 2002 Ε.Ε → Κ.Ο 91/16.12.2002 Σχετικά με την ενεργειακή απόδοση κτιρίων.

- 2008 Ελλάδα → Ν.3661/19.5.2008 Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων.
- 2010 Ελλάδα → Κ.Υ.Α. Φ.Ε.Κ. 407/9.4.2010 Έγκριση Κ.Εν.Α.Κ.
- 2010 Ε.Ε → Κ.Ο 31/19.5.2010 Για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων (αναδιατύπωση).
- 2010 Ελλάδα → Υ.Α.17178 Φ.Ε.Κ.1387Β/2.9.2010 Έγκριση και εφαρμογή των Τ.Ο.Τ.Ε.Ε
- 2010 Ελλάδα → Π.Δ.100/6.10.2010 Ενεργειακοί επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.
- 2013 Ελλάδα → Ν.4122/19.2.2013 Ενεργειακή απόδοση κτιρίων.
- 2017 Ελλάδα → ΔΕΠΕΑ/οικ.178581 Έγκριση Κ.Εν.Α.Κ 2017.
- 2018 Ελλάδα → Αριθμός ΥΠΕΝ/ΔΕΠΕΑ/85251/242 Καθορισμός nZEN (Λάσκος. 2018).

Οι κομβικές ημερομηνίες εφαρμογής των νόμων ακολουθούν την παρακάτω ροή:

- 4.1.2006 → Υποχρεωτική εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας 91/16.12.2002 από το ελληνικό κράτος.
- 4.1.2009 → Υποχρεωτική η πλήρης πλέον εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας 91/16.12.2002.
- 9.10.2010 → Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης νεόδμητων κτιρίων.
- 9.1.2011 → Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κατοικιών προς πώληση.
- 9.1.2012 → Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης κατοικιών προς μίσθωση.
- **9.6.2013** → Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης όλων των δημόσιων κτιρίων > 500 m².
- 1.1.2014 → Επιθεώρηση συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού.
- **9.7.2015** → Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης όλων των δημόσιων κτιρίων > 250 m².
- 31.12.2015 → Πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης όλων των κτιριακών μονάδων της χώρας μεγαλύτερων των 50 m².
- **31.12.2018** → Νεόδμητα δημόσια κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.
- 31.12.2020 → Νεόδμητα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. (Λάσκος. 2018).

Σημείωση: Παραπάνω υπογραμμίζονται οι ημερομηνίες εφαρμογής των νόμων που αφορούν τις σχολικές κτιριακές μονάδες.

1.1.6 Κ.Εν.Α.Κ

Η ενεργειακή απόδοση κτιρίων υπολογίζεται με βάση μεθοδολογίας που ορίζεται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. Αυτός περιλαμβάνει : τα θερμομονωτικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κελύφους του κτιρίου, την απόδοση των εγκαταστάσεων κλιματισμού, θέρμανσης χώρων και θέρμανσης νερού χρήσης, τα στοιχεία παθητικής θέρμανσης και ψύξης, την σκίαση, τον φωτισμό, την ποιότητα του αέρα, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Με τον Κ.Εν.Α.Κ καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων ,με σκοπό την βελτιστοποίηση από πλευράς κόστους, της εξισορρόπησης μεταξύ ενεργειακών επενδύσεων και ενεργειακών δαπανών που έχουν τελικά ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και την μείωση

των παραγόμενων ρύπων. Πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση ενός κτιρίου δίνονται από το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης ΠΕΑ. Επιπλέον το ΠΕΑ απαιτείται μετά την ολοκλήρωση των οικοδομικών εργασιών νέων κτιρίων ή και ριζικής ανακαίνισης υφιστάμενων για την έκδοση του Πιστοποιητικού Ελέγχου Κατασκευής ΠΕΚ (ypen.gov.gr).

Οι Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας σχετικά με την εκπόνηση του ΠΕΑ είναι οι ακόλουθες:

- ΤΟΤΕΕ 1 (ΔΕΠΕΑ/οικ. 182365/17.10.2017, ΦΕΚ Β' 4003)
- ΤΟΤΕΕ 2 (ΔΕΠΕΑ/οικ. 182365/17.10.2017, ΦΕΚ Β' 4003)
- ΤΟΤΕΕ 3 (οικ.2618/23.10.2014, ΦΕΚ Β' 2945)
- ΤΟΤΕΕ 4 (ΔΕΠΕΑ/οικ. 182365/17.10.2017, ΦΕΚ Β' 4003)
- ΤΟΤΕΕ 5 (ΔΕΠΕΑ/οικ. 182365/17.10.2017, ΦΕΚ Β' 4003)
- Διορθώσεις σφραγμάτων ΤΟΤΕΕ (ΦΕΚ Β' 4108/2017)

1.1.7 Ενεργειακή απόδοση σχολικών κτιρίων Ελλάδας

Σύμφωνα με έρευνα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των ελληνικών σχολικών μονάδων που έγινε σε δείγμα 342 σχολείων από όλες τις κλιματικές ζώνες, μόνο το 4% των κτιρίων ανταποκρινόταν στις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Αυτό ίσχυε για το 56% του δείγματος που ήταν παλαιές κατασκευές και το 40% που ήταν κτίρια που κατασκευάστηκαν σε περίοδο που ίσχυε σχετική με την θερμομόνωση κτιρίων νομοθεσία (1981-2010). Πιο συγκεκριμένα μόνο το 6% ταξινομήθηκε σε κατηγορία Β και άνω, που αποτελεί την ελάχιστη ενεργειακή απαίτηση κατά Κ.Εν.Α.Κ., το 52% κατατάχθηκε σε κατηγορίες C και D ενώ το 42% από E και κάτω (γράφημα 1.4).

Ο κατά μέσο όρο όλου του δείγματος συντελεστής θερμοπερατότητας (U) βρέθηκε να είναι 1.67 W/m²K για την εξωτερική τοιχοποιία, 4.23 W/m²K για τα παράθυρα, 1.83 για τις οροφές και 2.38 για τα δάπεδα, αποδεικνύοντας ότι η θερμική μόνωση των σχολικών κτιρίων είναι ανεπαρκής (πίνακας 1.2). Παρατηρώντας πιο αναλυτικά τις τιμές του συντελεστή U ανά κλιματική ζώνη και συγκρίνοντας με τις τιμές που υποδεικνύει ο Κ.Εν.Α.Κ., παρατηρούμε ότι το ποσοστό συμμόρφωσης 0 – 30% δεν μπορεί να θεωρηθεί σε καμία περίπτωση ικανοποιητικό (πίνακες 1.3, 1.4, 1.5, 1.6).

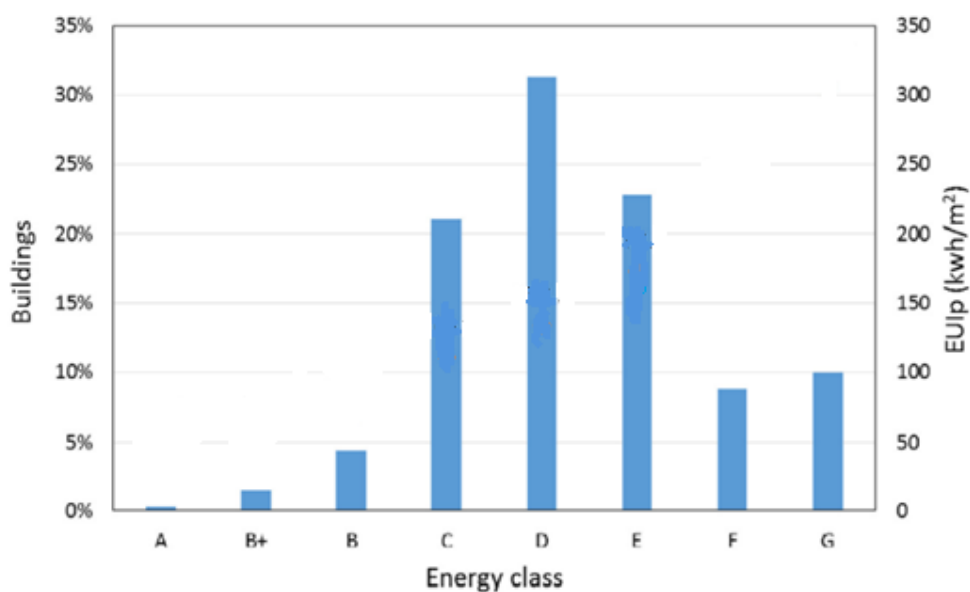
Όσο αφορά το σύστημα θέρμανσης, η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι η χρήση λέβητα πετρελαίου στο 71,4% των σχολείων, λέβητα φυσικού αερίου στο 28.3%, λέβητα βιομάζας στο 0.3%, αντλία θερμότητας στο 1% ενώ το 7.3% χρησιμοποιεί αντλίες θερμότητας (split) ως συμπληρωματικό μέσο θέρμανσης. Ο μέσος βαθμός απόδοσης των χρησιμοποιούμενων λεβήτων είναι 84% και κυμαίνεται από 67% σε παλαιούς λέβητες πετρελαίου έως και 97% σε λέβητες αερίου. Ο μέσος συντελεστής απόδοσης των χρησιμοποιούμενων αντλιών θερμότητας είναι 2.96 ,με διακυμάνσεις τιμών από 2.2 έως και 3.5.

Η μέση κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 77% για θέρμανση, 20% για φωτισμό & ηλεκτρική ενέργεια και 3% για κλιματισμό. Η μέση συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι 98,8 kWh/m² ετησίως και κυμαίνεται από 20,9 kWh/m² σε κτίρια κατηγορίας Α και Β της κλιματικής ζώνης Α έως και 514,9 kWh/m² σε κτίρια ενεργειακής κλάσης Ε της ζώνης Δ. Όπως παρατηρείται, ο συνδυασμός χαμηλής ενεργειακής απόδοσης και δυσμενέστερης κλιματικής

ζώνης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την ασυλόγιστη σπατάλη ενέργειας (G. Droutsas et al. 2020).

Δομικό στοιχείο	Τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας U W/m ² K		
	Πριν το 1980	1981 - 2010	Μετά το 2010
Εξωτερική τοιχοποιία	2.11	1.12	0.95
Παράθυρα	4.38	4.1	3.21
Οροφή	2.26	1.29	1.06
Πυλωτή	2.8	1.69	2.57
Δάπεδο	1.92	1.57	2.15
Κτιρίου	2.54	1.59	1.25

Πίνακας 1.2: Τιμή συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων.
(Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)



Γράφημα 1.4: Ενεργειακή κλάση και συνολική κατανάλωση ενέργειας σχολείων ελληνικής επικράτειας ανά ζώνη (Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)

Ζώνη Δ	Κ.Εν.Α.Κ	Κατά Μ.Ο τιμή	Ποσοστό συμμόρφωσης
Εξωτερική τοιχοποιία	0.4	1.7	13%
Παράθυρα	2.6	3.67	25%
Οροφή	0.35	2.06	13%
Πυλωτή	0.35	1.61	0%
Δάπεδο	0.7	2.13	25%

Κτιρίου	0.6 – 0.96	2.15	13%
----------------	------------	------	-----

Πίνακας 1.3: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Δ
(Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)

Ζώνη Γ	Κ.Εν.Α.Κ	Κατά Μ.Ο τιμή	Ποσοστό συμμόρφωσης
Εξωτερική τοιχοποιία	0.45	1.7	2%
Παράθυρα	2.8	4.08	9%
Οροφή	0.4	1.76	3%
Πυλωτή	0.4	1.86	2%
Δάπεδο	0.75	2.06	1%
Κτιρίου	0.66 – 1.05	2	25%

Πίνακας 1.4: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Γ
(Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)

Ζώνη Β	Κ.Εν.Α.Κ	Κατά Μ.Ο τιμή	Ποσοστό συμμόρφωσης
Εξωτερική τοιχοποιία	0.5	1.56	8%
Παράθυρα	3	4.2	8%
Οροφή	0.45	1.76	9%
Πυλωτή	0.45	1.76	5%
Δάπεδο	0.9	2.48	8%
Κτιρίου	0.73 – 1.14	2.07	15%

Πίνακας 1.5: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Β
(Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)

Ζώνη Α	Κ.Εν.Α.Κ	Κατά Μ.Ο τιμή	Ποσοστό συμμόρφωσης
Εξωτερική τοιχοποιία	0.6	1.92	10%
Παράθυρα	3.2	4.64	29%
Οροφή	0.5	2.12	21%
Πυλωτή	0.5	2	25%
Δάπεδο	1.2	2.67	8%
Κτιρίου	0.81 – 1.26	2.42	7%

Πίνακας 1.6: Τιμές συντελεστών θερμοπερατότητας κλιματικής ζώνης Α
(Πηγή : G. Droutsas et al. 2020)

1.2 Φωτισμός σχολικών μονάδων

1.2.1 Γενικά

Η ενεργειακή κατανάλωση για φωτισμό αντιπροσωπεύει το 20% με 40% της συνολικής κατανάλωσης ενός κτιρίου. Τα σχολικά κτίρια, που αντιπροσωπεύουν

το 17% των μη προοριζόμενων για κατοικία κτιρίων, παρουσιάζουν πανομοιότυπη συμπεριφορά. Υπάρχουν μελέτες, για περιπτώσεις σχολικών μονάδων, όπου η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια για φωτισμό και βοηθητικές χρήσεις αντιπροσωπεύει το 76,6% της συνολικής από το κτίριο κατανάλωσης ενέργειας. Καθώς ο φωτισμός ενός κτιρίου καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοσή του, και δεδομένου ότι ένας μεγάλος αριθμός σχολικών κτιρίων χρησιμοποιεί παλαιού τύπου λαμπτήρες φθορισμού T8 και T12, η αντικατάσταση με λαμπτήρες νέας τεχνολογίας θα μπορούσε να συμβάλει στην βελτίωση της οπτικής άνεσης και την μείωση της κατανάλωσης για φωτισμό ενέργειας. Επιπρόσθετα, δεν δίνεται η απαιτούμενη έμφαση για εκμετάλλευση του φυσικού φωτός μέσω εξυπνότερου σχεδιασμού κτιρίων, κάτι που θα μπορούσε να εξασφαλίσει πιο ευχάριστο και ανθρώπινο περιβάλλον μελέτης σε συνδυασμό με ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας (L.T Doulos et al. 2019).

1.2.2 Κανόνες έντασης φωτισμού σχολικών κτιρίων

Η ελληνική οδηγία, σχετικά με τον τεχνητό φωτισμό σχολικών κτιρίων, αναφέρεται μόνο στην σχεδιαστική ένταση (300 lux) ,ενώ ο Ευρωπαϊκός κανονισμός 12464 – 1 του 2011 δίνει έμφαση και στην ομοιομορφία διάχυσης, καθώς και στο φαινόμενο εκτυφλωτικού φωτός (θάμβωση). Παρά το γεγονός ότι οι σχολικές αίθουσες καταλαμβάνουν ένα μικρό ποσοστό του σχολικού κτιρίου (21,36% κατά Μ.Ο), οι μαθητές περνούν μέσα σε αυτές πολύ χρόνο (από 62,8% στο νηπιαγωγείο μέχρι και 94,8% στο λύκειο). Άρα ο σχεδιασμός ενός αποδοτικού συστήματος φωτισμού, τόσο από την σκοπιά της ενεργειακής κατανάλωσης όσο και της οπτικής άνεσης επιβάλλεται. Ας αναλογιστούμε επίσης ότι μια σχολική αίθουσα λειτουργεί 1560 ώρες τον χρόνο.

Σύμφωνα με την προηγούμενη έκδοση σχετικά με την ενεργειακή απόδοση κτιρίων (2010 – 2017), η ανώτερη πυκνότητα εγκατεστημένης ισχύος για φωτισμό ήταν 9.6 W/m² για επίτευξη φωτεινής έντασης 300Lux. Στην τρέχουσα έκδοση η ισχύς μειώθηκε σε 8.4 W/m² (L.T Doulos et al. 2019).

Αν ανατρέξουμε στις οδηγίες του Οργανισμού Σχολικών Κτιρίων, οι εντάσεις φωτισμού στους διάφορους χώρους μπορούν να υπολογιστούν σύμφωνα με πίνακα (πίνακας 1.7), όπου αναφέρετε μόνο η απαιτούμενη ένταση χωρίς να δίνεται έμφαση σε ποιοτικά χαρακτηριστικά. Επίσης, περιφερειακά για τον φωτισμό του κτιρίου τοποθετούνται προβολείς. Αν οι δρόμοι που περικλείουν το σχολείο δεν φωτίζονται, τοποθετούνται φωτιστικά περιφερειακού φωτισμού με φωτοκύτταρο και χρονοδιακόπτη. Αν υπάρχει γήπεδο βόλεϊ ή μπάσκετ, θα πρέπει να έχει φωτισμό προπόνησης ,ενώ η εγκατάσταση θα πρέπει να μπορεί να σηκώσει φωτισμό αγώνων. Τέλος, κάθε αίθουσα θα πρέπει να έχει δύο ρευματοδότες 220 Volt με ηλεκτρονόμο προστασίας (Ο.Σ.Κ [2] 2008).

Αίθουσες διδασκαλίας	300 Lux
Γραφεία	300 Lux
Εργαστήρια	300 Lux
Σχεδιαστήρια	500 Lux
Βιβλιοθήκη	500 Lux
Αίθουσα θεάτρου ή πολλαπλής χρήσης	300 Lux
Διάδρομοι	150 Lux
Χώροι υγιεινής	150 Lux
Λεβητοστάσιο – Αποθήκες	150 Lux
Κυλικείο	300 Lux

Πίνακας 1.7: Ένταση φωτισμού στις σχολικές αίθουσες
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [2])

1.2.3 Συστήματα φωτισμού & καταναλώσεις ενέργειας σχολικών κτιρίων

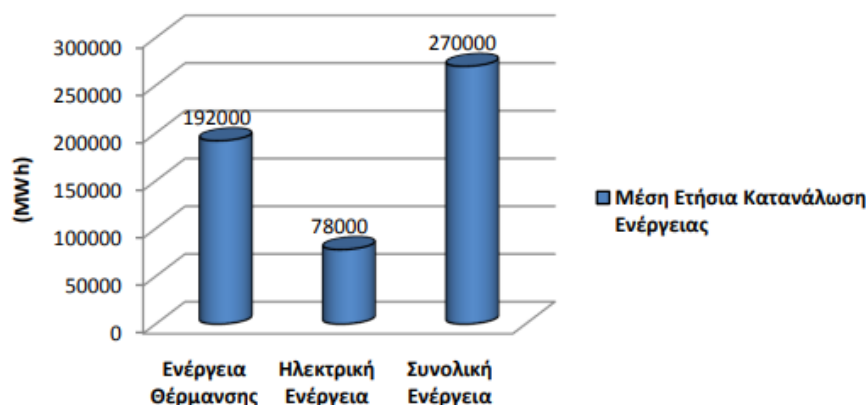
Τα συστήματα φωτισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί τις τελευταίες έξη δεκαετίες για την κάλυψη των σχολικών αιθουσών παρουσιάζουν ραγδαία πρόοδο όσο αφορά την ενεργειακή και οπτική απόδοση. Από την χρήση 9 έως 18 ηλεκτρομαγνητικών λαμπτήρων φθορισμού λευκού καλύμματος T12 συνολικής ισχύος 2700 W για την κάλυψη μιας τυπικής σχολικής αίθουσας 51.84 m² (πυκνότητα ισχύος 52.1 W/m²), οδηγηθήκαμε από το 2010 έως και σήμερα στην χρήση 6 έως 8 ηλεκτρονικών λαμπτήρων παραβολικών περσίδων T5 με συνολική απαιτούμενη ισχύ 470.4 W (πυκνότητα ισχύος πλέον 9.1 W/m²) επιτυγχάνοντας το ίδιο αποτέλεσμα (πίνακας 1.8). Η ετήσια καταναλισκόμενη για φωτισμό ηλεκτρική ενέργεια μειώθηκε από 4212 kWh σε 679 kWh βάση των προηγούμενων τιμών πυκνότητας ενέργειας για μια τυπική τάξη και 1560 ώρες ετήσιας χρήσης (πίνακας 1.9). Ευέλπιδα, οι νέες τεχνολογίες λαμπτήρων Led που συνεργάζονται με αισθητήρες φωτός, παρέχουν εντυπωσιακές δυνατότητες περαιτέρω βελτίωσης της υπάρχουσας κατάστασης. Ωστόσο, ένας μεγάλος αριθμός σχολικών κτιρίων χρησιμοποιεί ακόμα παλαιού τύπου λαμπτήρες φθορισμού T8 και T12 με πολύ μεγάλη πυκνότητα ισχύος 20 – 80 W/m² (L.T Doulos et al. 2019). Η βελτίωση των συστημάτων φωτισμού κρίνεται τελικά αναγκαία αν αναλογιστούμε πως στην χώρα μας καταναλώνονται ετησίως 78000 MWh ηλεκτρικού ρεύματος (γράφημα 1.5) από τις σχολικές μονάδες. Από αυτές η συντριπτική πλειοψηφία είναι για φωτισμό αιθουσών (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014).

Ηλικία κτιρίου	Τύπος λαμπτήρων	Αριθμός λαμπτήρων	Ισχύς λαμπτήρων/ αίθουσα (W)	Πυκνότητα ισχύος (W/m ²)
...-1970	T12 Ηλεκτρομαγνητικές με λευκό κάλυμμα	9 με 18	2700	52.1
1970-1980	T12 ή T8 Ηλεκτρομαγνητικές με λευκό κάλυμμα	9 με 18	1740	33.6
1980-2000	T8 Ηλεκτρομαγνητικές χωρίς κάλυμμα	9 με 12	1036.8	20
2000-2008	T8 Ηλεκτρομαγνητικές χωρίς κάλυμμα	9 με 12	777.6	15
2008-2010	T8 Ηλεκτρονικές με παραβολικές περσίδες	9	680.4	13.1
2010 έως σήμερα	T8 Ηλεκτρονικές με παραβολικές περσίδες	6 με 8	470.4	9.1

Πίνακας 1.8. Τεχνητός φωτισμός τυπικής σχολικής αίθουσας
(Πηγή : L.T Doulos et al. 2019)

Ηλικία κτιρίου	Ισχύς φωτιστικών	Πυκνότητα ισχύος (W/m ²)	Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας kWh
...-1970	2700	52.1	4212
1970-1980	1740	33.6	2714
1980-2000	1036.8	20	1617
2000-2008	777.6	15	1213
2008-2010	680.4	13.1	1061
2010 έως σήμερα	470.4	9.1	734
Ελληνικός κανονισμός απόδοσης κτιρίων	435.5	8.4	679

Πίνακας 1.9: Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρ. ενέργειας τυπικής σχολικής αίθουσας.
(Πηγή : L.T Doulos et al. 2019)



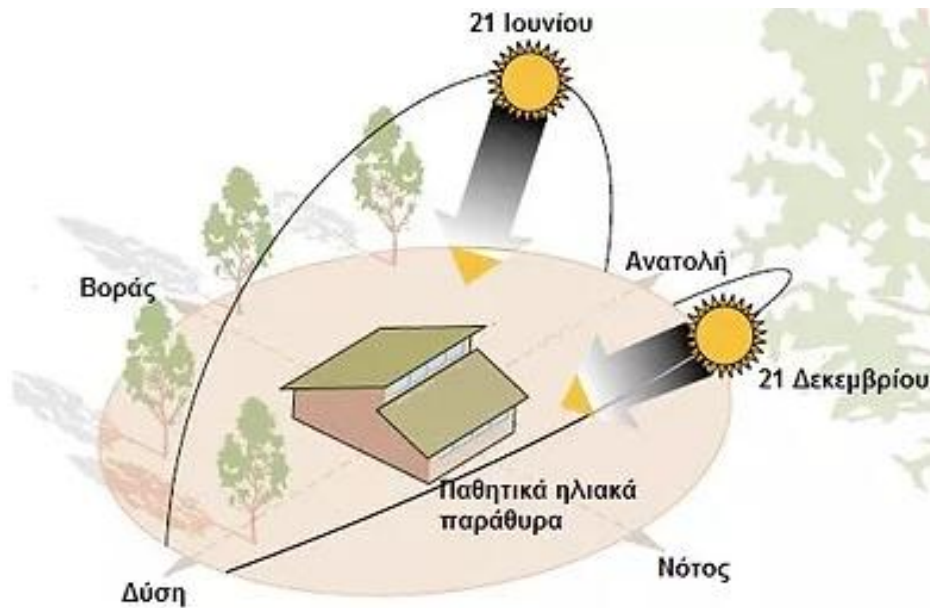
Γράφημα 1.5: Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας Ελληνικών σχολείων (πηγή: ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ, 2014)

1.2.4 Τεχνικές φυσικού φωτισμού & σκίασης ως μέσο για ένα πιο ανθρώπινο σχολικό περιβάλλον με θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο

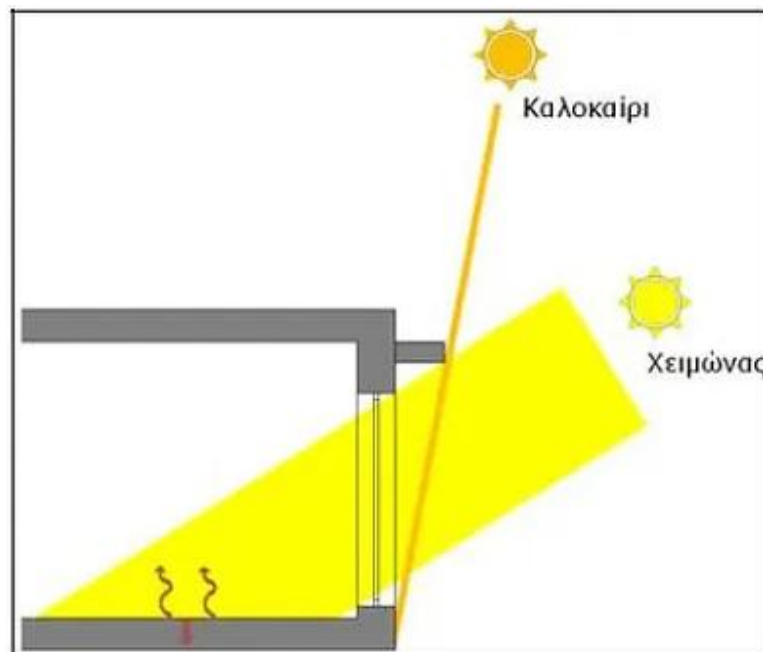
Ένα βασικό στοιχείο του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού με ομαλή κατανομή του ηλιακού φωτός μέσα στους χώρους. Το προηγούμενο μπορεί να αντιμετωπίσει δραστικά την άσκοπη χρήση τεχνητού φωτισμού εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας το κόστος χρήσης ενός κτιρίου. Δεν πρέπει επίσης να ξεχνάμε, ότι ο φυσικός φωτισμός επηρεάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά με άμεσους ή έμμεσους τρόπους. Δεν εξασφαλίζει μόνο το απαραίτητο για να βλέπουμε φως αλλά δημιουργεί και ένα ευχάριστο – ανθρώπινο περιβάλλον, προσδιορίζοντας ταυτόχρονα τον κύκλο της ημέρας σε βιολογικό επίπεδο.

Η οπτική άνεση στην σχολική αίθουσα χαρακτηρίζεται από την ποσότητα του φωτισμού που φθάνει στο επίπεδο εργασίας, από την ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλα τα θρανία και από την αποφυγή θάμβωσης που δημιουργείται ,είτε από την άμεση πρόσπτωση των ηλιακών ακτινών στα θρανία, είτε από έντονες φωτοσκιάσεις στο χώρο ιδιαίτερα σε μη σκιασμένους νότιους προσανατολισμούς. Οι σχολικές αίθουσες θα πρέπει να χρησιμοποιούν το διάχυτο φως του ουρανού ως πρωταρχική πηγή φωτός ,ενώ ο ηλεκτροφωτισμός θα πρέπει να λειτουργεί συμπληρωματικά. Άρα θα πρέπει να μεγιστοποιείται η χρήση απαλού διάχυτου φωτός με περιορισμό άμεσης εισόδου ηλιακών ακτινών, οι οποίες δημιουργούν έντονη θερμική και οπτική δυσφορία.

Ένας βασικός παράγοντας σχεδιασμού του κτιρίου ,που βοηθά στην επίτευξη των παραπάνω σκοπών ,είναι ο προσανατολισμός κατά μήκος του άξονα βοράς – νότος (εικόνα 1.6). Ο βόρειος προσανατολισμός δίνει το μέγιστο διάχυτο φως ,ενώ ο νότιος μπορεί εύκολα να σκιαχτεί σε όλη την διάρκεια του χρόνου. Τα ανοίγματα με νότιο προσανατολισμό επιτρέπουν την αποφυγή εισόδου των ηλιακών ακτινών το καλοκαίρι, που ο ήλιος είναι ψηλά μέσο σταθερών σκιάστρων, ενώ τον χειμώνα που ο ήλιος είναι χαμηλά, επιτρέπουν την ελεύθερη είσοδο με αποτέλεσμα την αύξηση των θερμικών κερδών (εικόνα 1.7). Φυσικά στην δεύτερη περίπτωση ο ήλιος δεν πρέπει να εισέρχεται απευθείας αλλά διαμέσου ημιδιαφανών σκιάστρων ,όπως για παράδειγμα κουρτίνες (Ο.Σ.Κ [1] 2008).



Εικόνα 1.6: Προσανατολισμός στον άξονα βοράς – νότος
(Πηγή: fmoutafis.wixsite.com)



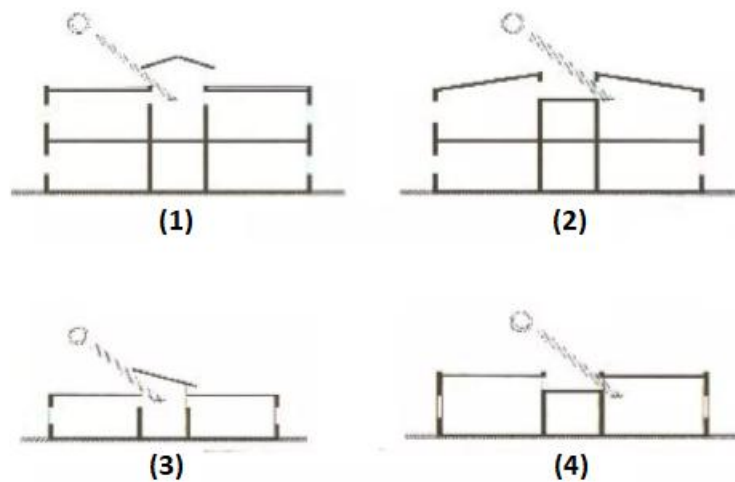
Εικόνα 1.7: Οφέλη νότιου προσανατολισμού ανοιγμάτων
(Πηγή: fmoutafis.wixsite.com)

Ο φυσικός φωτισμός στην Ελλάδα μπορεί να εξασφαλίσει στις περισσότερες περιπτώσεις ένα βασικό επίπεδο φωτισμού 220 – 330 Lux. Ο τεχνητός φωτισμός από την άλλη, μπορεί να χρησιμοποιείται όταν πραγματικά κρίνεται αναγκαίο καθώς και σε αίθουσες όπου απαιτείται εντονότερο φως 550 – 660 Lux (για παράδειγμα στο σχεδιαστήριο).

Οι σχολικές αίθουσες έχουν συνήθως ανοίγματα μόνο προς την μια όψη. Στην περίπτωση αυτή, παρατηρείται ανομοιογένεια στην κατανομή του φωτός. Για αποδοτικότερη κατανομή, καλύτερα να υπάρχουν αμφίπλευρα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φεγγίτες ή με μεγάλα ανοίγματα στην πλευρά του διαδρόμου. Μια άλλη κατασκευαστική τεχνική, που μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε μονώροφα κτίρια είτε στον τελευταίο όροφο, είναι με υπερύψωση της στέγης (εικόνα 1.8 (1), (3)) ή με υποβιβασμό αυτής (εικόνα 1.8 (2), (4)). Η τεχνική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί παρέχοντας βέλτιστα αποτελέσματα στη περίπτωση αμφίπλευρων αιθουσών, οι οποίες μπορούν να φωτίζονται ομοιόμορφα από τα μεγάλα παράθυρα που θα φέρουν προς τον διάδρομο και ανοιγμάτων οροφής κατά μήκος του διαδρόμου. Τα ανοίγματα οροφής θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εφόσον έχει εξασφαλιστεί ότι δεν θα λειτουργούν επιβαρυντικά στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου. Στην Ελλάδα θα πρέπει να έχουν κατακόρυφη και όχι οριζόντια διάταξη και να στρέφονται προς τον βορά για να μην δημιουργείται φαινόμενο θερμοκηπίου.

Οι τοίχοι και οι οροφές, ως επιφάνειες που αντανακλούν το φως, καλό είναι να βάφονται σε λευκούς ή ανοιχτόχρωμους χρωματισμούς. Τα παστέλ χρώματα απορροφούν επίσης το 50% του φωτός, μειώνοντας φαινόμενα αντανάκλασης. Ανοιχτόχρωμα σκίαστρα κοντά στα ανοίγματα μπορούν να αντανακλούν αποτελεσματικά το φυσικό φως στο εσωτερικό της αίθουσας χωρίς να δημιουργούν θαμβώσεις. Η θαμβώσεις προκαλούν ενόχληση και πρόσκαιρη απώλεια όρασης και μπορούν να αντιμετωπιστούν με προβόλους, περσίδες, κουρτίνες, βενετικά στόρια και τέντες. Επίσης οι πολύ γυαλιστερές επιφάνειες, όπως πίνακες και οθόνες, θα πρέπει να τοποθετούνται μακριά από παράθυρα. Η βέλτιστη θέση της οθόνης υπολογιστή είναι αυτή όπου η γραμμή οράσεως του χρήστη είναι παράλληλη με το φωτιστικό άνοιγμα ή σχηματίζει γωνία 45°. Το καλοκαίρι, τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμώνται από τα εσωτερικά, ενώ τον χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο λόγω του ότι μας επιτρέπουν να εκμεταλλευόμαστε τα θερμικά κέρδη του ηλίου. Η βέλτιστη λύση σκίασης είναι τα εξωτερικά κινητά σκίαστρα, όμως λόγω του ότι είναι ακριβά, προτείνεται η χρήση εξωτερικών σταθερών σκίαστρων και εσωτερικές περσίδες ή κουρτίνες. Μια καλά σχεδιασμένη ηλιοπροστασία με εξωτερικά σταθερά σκίαστρα, μπορεί να εξασφαλίσει ότι δεν θα έχουμε είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας τους θερμούς μήνες λειτουργίας του σχολείου ενώ από την άλλη τον χειμώνα ο ήλιος θα εισέρχεται φιλτραρισμένος μέσω εσωτερικών περσίδων παρέχοντας πολύτιμες θερμίδες και φως. Βασικός κανόνας είναι η τοποθέτηση εσωτερικών σκίαστρων προς νότο, ανατολή και δύση ενώ δεν τοποθετούνται ποτέ στον βορά.

Τέλος, καλή λύση είναι η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, που εκτός από σκίαση, δημιουργούν ένα ευνοϊκότερο μικρόκλιμα γύρω από το σχολείο αλλά και προσδίδουν ένα πολύ καλό αισθητικό αποτέλεσμα (Ο.Σ.Κ [1] 2008).



Εικόνα 1.8: Τεχνικές φυσικού φωτισμού με ανοίγματα στη οροφή
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])

1.2.5 Ενεργειακή αναβάθμιση συστήματος φωτισμού

Σύμφωνα με τις μέγιστες τιμές πυκνότητας ισχύος που υπαγορεύουν ευρωπαϊκοί αλλά και εθνικοί κανονισμοί, η πλειοψηφία των σχολικών αιθουσών στην Ελλάδα έχουν πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος για φωτισμό από αυτόν που πραγματικά απαιτείται. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη συστημάτων ελέγχου φωτισμού αλλά και την χρήση λαμπτήρων χαμηλής απόδοσης, ενώ έχει ως συνέπεια τον άσκοπο υπέρ φωτισμό και υπερκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για να εκπληρωθεί η απαίτηση για σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας σχολικών κτιρίων, θα πρέπει να υπερισχύσει η εφαρμογή υψηλής απόδοσης λαμπτήρων σε συνδυασμό με συστήματα ελέγχου φωτισμού δεδομένου ότι τα περισσότερα σχολεία στην Ελλάδα λειτουργούν σε ώρες όπου υπάρχει υψηλό επίπεδο φυσικού φωτός. Επίσης όλα τα παραπάνω θα πρέπει να θεσμοθετηθούν με νόμους.

Έρευνα που έγινε σε τυπική σχολική αίθουσα 51.84 m² με εφαρμογή διαφορετικών τεχνολογικών συνδυασμών ελέγχου φωτισμού και λαμπτήρων υψηλής απόδοσης, απέδειξε τα οφέλη που θα μπορούσαν να προκύψουν μέσω της αναβάθμισης των παλαιών φωτιστικών συστημάτων. Οι τεχνολογίες που δοκιμάστηκαν είναι λαμπτήρες LED συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με ρύθμιση τροφοδοσίας μέσω ροοστάτη και αισθητήρες φωτός ανά φωτιστικό ή ανά ζώνη.

Τα αποτελέσματα της έρευνας (πίνακας 1.10) έδειξαν ότι οι λαμπτήρες εναλλασσόμενου ρεύματος είναι 18% πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες συνεχούς όταν λειτουργούν σε σταθερές συνθήκες. Ωστόσο, οι λαμπτήρες συνεχούς έχουν 21,7% μικρότερη κατανάλωση όταν συνεργάζονται με ροοστάτη Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερη απόδοση όταν λειτουργούν με χαμηλή ένταση. Οι λαμπτήρες LED είναι κατά πολύ πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες φθορισμού ακόμα και αν οι τελευταίοι είναι νέας τεχνολογίας. Τα συστήματα ρύθμισης της φωτεινής έντασης με αισθητήρες και ροοστάτες, παρέχουν και αυτά με την σειρά τους εντυπωσιακή βελτίωση της απόδοσης ακόμα και όταν εφαρμόζονται σε λαμπτήρες φθορισμού. Η επιλογή ενός

αισθητήρα φωτός ανά ζώνη, σε σύγκριση με την περίπτωση όπου έχουμε ένα αισθητήρα ανά φωτιστικό, επιτυγχάνει ελαφρώς μεγαλύτερη εξοικονόμηση, αλλά καλύτερο είναι να προτιμούμε την περίπτωση των πολλαπλών αισθητήρων γιατί παρέχουν καλύτερη ποιότητα φωτισμού. Την μεγαλύτερη ενεργειακή οικονομία παρουσιάζει η περίπτωση λαμπτήρων LED συνεχούς ρεύματος με έναν αισθητήρα ανά ζώνη (0.44 kWh/m²). Όμως καλύτερη επιλογή είναι αυτή με λαμπτήρες LED συνεχούς ρεύματος και πολλαπλούς αισθητήρες ,που παρουσιάζει ελαφρώς μεγαλύτερη κατανάλωση (0.55 kWh/m²) αλλά παρέχει πιο ομοιογενή φωτισμό (L.T Doulos et al. 2019).

Τεχνολογία φωτισμού	Ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό ανά τ.μ. σχολικής αίθουσας (kWh/m ²)	Ετήσιο κόστος φωτισμού ανά τ.μ. σχολικής αίθουσας. Ευρώ/m ² . (0.1896 ευρώ/kWh – 2019)
Εγκαταστάσεις πριν το 1970	81.3	15.41
Εγκαταστάσεις 1970 – 1980	52.4	9.93
Εγκαταστάσεις 1980 – 2000	31.2	5.92
Εγκαταστάσεις 2000 - 2008	23.4	4.44
Εγκαταστάσεις 2008 – 2010	20.5	3.88
Εγκαταστάσεις 2010 - σήμερα	14.2	2.68
LED AC A	4.94	0.94
LED DC B	6.08	1.15
LED DC C	6.11	1.16
T5 D	9.15	1.73
LED AC A με 1 αισθητήρα	0.68	0.08
LED DC B με 1 αισθητήρα	0.56	0.07
LED DC C με 1 αισθητήρα	0.44	0.05
T5 με 1 αισθητήρα	2.07	0.25
LED AC A με 4 αισθητήρες	0.77	0.09
LED DC B με 4 αισθητήρες	0.66	0.08
LED DC C με 4 αισθητήρες	0.55	0.07
T5 με 4 αισθητήρες	2.19	0.27

Πίνακας 1.10: Κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με την τεχνολογία φωτισμού (πηγή : L.T Doulos et al. 2019)

1.3 Ποιότητα αέρα σχολικών αιθουσών – Συστήματα εξαερισμού

1.3.1 Ποιότητα αέρα και σχολική απόδοση

Η σχολική αίθουσα είναι ο χώρος όπου οι μαθητές περνούν ένα μεγάλο μέρος της ημέρας τους για να αποκομίσουν νέες γνώσεις και δεξιότητες. Έρευνες έχουν δείξει ότι στην πλειοψηφία των περιπτώσεων η ποιότητα του αέρα είναι ακατάλληλη στις σχολικές αίθουσες και αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις στην μαθησιακή διαδικασία. Πολλές έρευνες έχουν αποδείξει ότι η κακή ποιότητα του αέρα εμποδίζει τους μαθητές να αποκτήσουν τις γνωστικές ικανότητες λόγω έλλειψης προσοχής ως συνέπεια της ενόχλησης που αισθάνονται. Μην ξεχνάμε ακόμα ότι ένας ελλιπώς αεριζόμενος χώρος είναι και εστία διάδοσης ασθενειών. Τα παραπάνω προβλήματα έχουν ευρύτερες κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις

διότι οι γονείς αφιερώνουν περισσότερο χρόνο για την βοήθεια των μαθητών στο σπίτι αλλά και υποχρεούνται να απουσιάζουν συχνότερα από την εργασία τους λόγω ασθένειας των παιδιών τους. Επίσης, λόγω του ακατάλληλου αέρα, μειώνεται η διδακτική απόδοση των εκπαιδευτικών ενώ παρουσιάζεται επιπρόσθετα συχνότερη απουσία τους από την εργασία λόγω ασθένειας. Έρευνα όπου μετρήθηκε η απόδοση των μαθητών σε μαθηματικούς υπολογισμούς, γλωσσικά θέματα ανάγνωσης & κατανόησης, ψυχολογικά τεστ ελέγχου συγκέντρωσης, μνήμης και χρόνου ανταπόκρισης και όλα αυτά υπό διαφορετικές συνθήκες ποιότητας αέρα όσο αφορά κυρίως τις συγκεντρώσεις CO₂. Μας έδειξε ότι:

Η μείωση της συγκέντρωσης CO₂ από 2100 σε 900 ppm αυξάνει την ταχύτητα των μαθητών κατά 12% και την ακρίβεια κατά 2%.

Η μείωση της συγκέντρωσης CO₂ από 2400 σε 900 ppm αυξάνει την απόδοση στις εξετάσεις εισαγωγής στην τριτοβάθμια εκπαίδευση αλλά και στις ενδοσχολικές εξετάσεις κατά 5%.

Η μείωση της συγκέντρωσης CO₂ από 4200 σε 900 ppm αυξάνει κατά 2,5% την συμμετοχή και παρουσία των μαθητών στο σχολείο (P. Wargoski et al. 2020).

1.3.2 Ποιότητα αέρα σχολικών αιθουσών

Ο Ελληνικός Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων ορίζει τις κατασκευαστικές προδιαγραφές που αφορούν τον αερισμό. Σύμφωνα με αυτές, για λόγους υγιεινής, απαιτούνται 5 εναλλαγές αέρα ανά ώρα μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας. Ο ελεγχόμενος μηχανικός εξαερισμός θα πρέπει να είναι κατάλληλος ώστε ο εισερχόμενος φρέσκος αέρας να μην υπερβαίνει αλλά ούτε και να υπολείπεται του απαιτούμενου. Συνιστάται να υπάρχουν 2 μικροί ανεμιστήρες προσαγωγής – απαγωγής τουλάχιστον για κάθε αίθουσα και να τοποθετούνται στους δυο απέναντι τοίχους. Στον εξωτερικό και στον εσωτερικό προς τον διάδρομο τοίχο (Ο.Σ.Κ [2]. 2008).

Το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, με τις οδηγίες του, ορίζει την ποιότητα του απαιτούμενου αέρα. Σχετικά με την θερμοκρασία – σχετική υγρασία των σχολικών αιθουσών, θέτει ως ιδανικό ζεύγος τους 22 °C & 40-50% τον χειμώνα και 26 °C & 45-50% το καλοκαίρι (TOTEE 2425/86, 2002). Σχετικά με τις ενδεικνυόμενες τιμές για την ταχύτητα του αέρα σε κλειστούς χώρους, ορίζει ως ιδανική τιμή τα 0,125 m/s ενώ για μικρές τιμές κάτω του 0,08 m/s δημιουργείται δυσφορία. Εντός του εύρους 0,125 – 0,25 m/s η κατάσταση είναι πολύ ικανοποιητική ,ενώ σε τιμές που υπερβαίνουν τα 0,3 m/s ο αέρας παρασύρει μικρά χαρτιά από τα θρανία (TOTEE 2423/86, 2002). Τέλος, για αντιμετώπιση προβλημάτων δυσφορίας λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων CO₂, ορίζεται ως ανώτερο όριο η συγκέντρωση των 1000 ppm. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ (350 ppm στον ατμοσφαιρικό αέρα) ερεθίζουν τα μάτια και τον βλεννογόνο, δημιουργούν αίσθημα κούρασης και υπνηλίας και γενικά μειώνουν την απόδοση του ανθρώπου σε όλους τους τομείς (Μ. Παπαδόπουλος. 2006).

Έρευνα που έλαβε χώρα σε σχολεία της Ελλάδας, κατά την διάρκεια λειτουργίας τους την περίοδο της άνοιξης, είχε ως συμπέρασμα ότι ο μέσος όρος συγκέντρωσης CO₂ στις αίθουσες είναι 855 ppm, που εκ πρώτης όψεως είναι εντός επιτρεπτών ορίων . Οι μετρήσεις έγιναν μέσο εξοπλισμού που

τοποθετήθηκε στο μέσο της κάθε αίθουσας και κατέγραφε την θερμοκρασία, την υγρασία και την συγκέντρωση CO₂. Οι ίδιες μετρήσεις λαμβάνονταν και καταγράφονταν ταυτόχρονα και για το εξωτερικό περιβάλλον. Το σύστημα εξαερισμού ήταν με φυσική κυκλοφορία μέσω ανοίγματος των παραθύρων. Η μέση θερμοκρασία των αιθουσών βρέθηκε να είναι κατά μέσο όρο 27 °C δεδομένου ότι η εξωτερική ήταν 25.1 °C. Η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας βρέθηκε να είναι 34% με την αντίστοιχη του περιβάλλοντος 47% που είναι ικανοποιητική. Όμως η αναλυτική καταγραφή, όσο αφορά το CO₂, απέδειξε ότι κατά την διακύμανση των τιμών πολλές φορές ξεπερνιόντουσαν τα αποδεκτά όρια (πίνακας 1.11). Κατά 17% υπερέβαιναν το ανώτερο όριο συγκέντρωσης των 1150 ppm και κατά 33.7% το φυσιολογικό όριο των 850 της ευρωπαϊκής επιτροπής πιστοποίησης (CEN). Επίσης κατά 22.5%, οι τιμές ήταν άνω των 1000 ppm που είναι το όριο που θέτει το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας καθώς και ο Αμερικάνικος οργανισμός μηχανικών θέρμανσης – ψύξης - κλιματισμού ASHRAE (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Κατά την διάρκεια έρευνας του ΟΣΚ, αισθητήρες CO₂ τοποθετήθηκαν σε 570 αίθουσες του νομού Αττικής ,ενώ αργότερα θα ακολουθούσε το ίδιο και στον νομό Θεσσαλονίκης ,με σκοπό να ενεργοποιείται τεχνητός εξαερισμός όταν η τιμή συγκέντρωσης υπερβαίνει τα 1001 ppm (πίνακας 1.12). Η έρευνα έδειξε ότι στο 87% των περιπτώσεων, η συγκέντρωση ήταν πάνω από το επιτρεπτό όριο (Patargias et al., 2009).

Σχολείο	1	2	3	4	5
Εξωτερικός αέρας					
Μέση Θερμοκρασία °C	24.2	23.5	24.6	23.9	27.8
Εύρος θερμοκρασίας	17.8-32.8	17.5-30	18.7-32.8	14-35.3	19.6-36.4
Μέση σχετική υγρασία	52	43	52	52	35
Εσωτερικός αέρας					
Μέση Θερμοκρασία °C	26.4	24.6	26	28.2	29.7
Εύρος θερμοκρασίας	23.4-29.3	22.6-26.2	23.8-27.1	25.2-31.8	26.1-32.5
Μέση σχετική υγρασία	32	43	36	31	29
Εύρος σχετικής υγρασίας	24-43	30-51	21-54	22-41	19-37
Μέση συγκέντρωση CO ₂ ppm	833	1052	1206	586	597
Εύρος συγκέντρωσης CO ₂	510-1624	382-2002	490-1998	401-1864	375-1354

Πίνακας 1.11: Μετρήσεις ποιότητας αέρα 5 σχολικών αιθουσών
(Πηγή: Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010)

Σχολείο	Συγκέντρωση CO ₂ Ελάχιστη τιμή ppm	Συγκέντρωση CO ₂ Μέγιστη τιμή ppm	Συγκέντρωση CO ₂ Μέση τιμή ppm
1	408	1246	600
2	867	1628	1258
3	446	1373	833
4	367	1040	602
5	363	786	576
6	105	1133	661
7	772	1873	1070
8	413	1298	675

9	424	1664	813
10	396	846	598

Πίνακας 1.12: Μετρήσεις ποιότητας αέρα 10 σχολικών αιθουσών
(πηγή: Patargias et al., 2009)

1.3.3 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός είναι η μέθοδος ανανέωσης του αέρα ενός κτιρίου με φυσικά μέσα χωρίς να απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Επιτυγχάνεται με την εφαρμογή σχεδιαστικών τεχνικών και έχει μεγάλη επιρροή στην υγεία, θερμική άνεση και ευεξία των ανθρώπων. Οι βασικότερες σχεδιαστικές τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξη του είναι η εκμετάλλευση του διαμερή αερισμού και του φαινομένου ελκυσμού, ενώ σε πολλές περιπτώσεις γίνεται χρήση ειδικά σχεδιασμένων διατάξεων, όπως οι ηλιακές καμινάδες και οι πύργοι ψύξης. Ο φυσικός αερισμός είναι μια καλή πρακτική για την προσέγγιση του βιοκλιματικού σχολείου σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας.

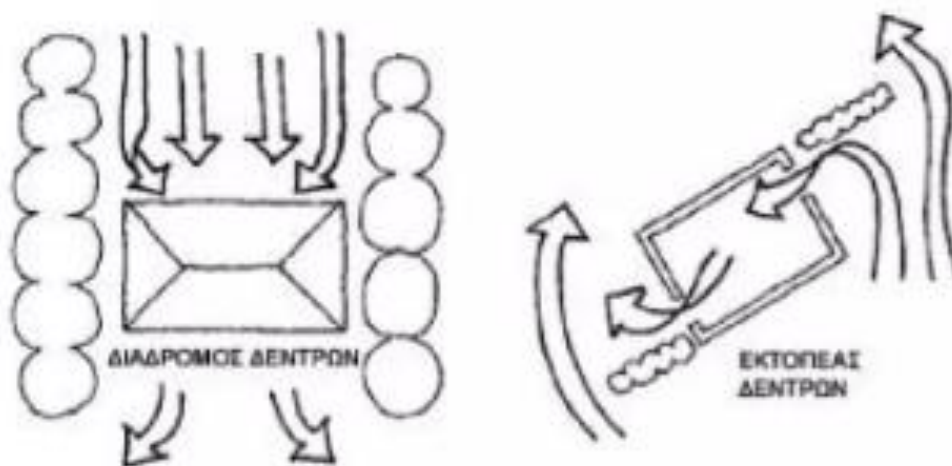
Η βασική αρχή ροής του αέρα στον διαμερή αερισμό οφείλεται στις διαφορετικές κατανομές πιέσεων που δημιουργούνται γύρω από το κτίριο. Για να πετύχουμε τον βέλτιστο διαμερή αερισμό μπορούμε να εφαρμόσουμε τις ακόλουθες τεχνικές:

- Τοποθέτηση του κτιρίου κατά την μέγιστη κατεύθυνση του ανέμου.
- Τοποθέτηση των ανοιγμάτων εισόδου του αέρα στην πλευρά του κτιρίου όπου συνήθως προσκρούουν οι άνεμοι ,ενώ τα ανοίγματα εξόδου τοποθετούνται στην απέναντι πλευρά (εικόνα 1.9).
- Φύτευσης δέντρων και θάμνων σε κατάλληλη διάταξη ή κατασκευή τοιχίων, έτσι ώστε να δημιουργηθούν περιοχές θετικών και αρνητικών πιέσεων που ευνοούν τον αερισμό (εικόνα 1.9) .
- Αποφυγή τοποθέτησης εμποδίων μπροστά από τα ανοίγματα εισόδου και εξόδου.
- Τοποθέτηση των ανοιγμάτων εισόδου – εξόδου σε αντικριστούς τοίχους (εικόνα 1.10, αριστερά).
- Δεν τοποθετούμε τα ανοίγματα εισόδου - εξόδου πολύ ψηλά γιατί το ρεύμα αέρα θα περνά πάνω από το ύψος διαμονής των ανθρώπων (εικόνα 1.10, δεξιά).
- Την νύκτα ο αέρας είναι πιο δροσερός και αυτό θα πρέπει να το λαμβάνουμε υπόψιν στην επιλογή των ωρών χρήσης του φυσικού αερισμού.
- Τα ανοίγματα θα πρέπει να είναι σε σημεία εύκολης πρόσβαση από τους χρήστες.
- Τα ανοίγματα εισόδου – εξόδου θα πρέπει να έχουν ίσες επιφάνειες.
- Τα ανοίγματα πρέπει να είναι σε απέναντι τοίχους αλλά όχι εντελώς αντικριστά.

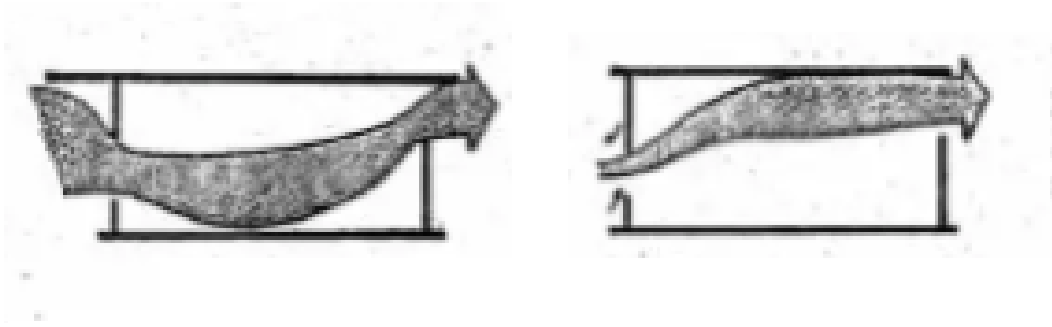
Η εκμετάλλευση του φυσικού ελκυσμού γίνεται μέσω της διαφοράς πυκνότητας του θερμού και ψυχρού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου με αποτέλεσμα την συσσώρευση του θερμού σε υψηλότερο σημείο και απομάκρυνσης του από ανοίγματα στην οροφή (εικόνα 1.11). Ο αέρας στο εσωτερικό του κτιρίου ζεσταίνεται από τους ανθρώπους, τις συσκευές και την θέρμανση με αποτέλεσμα να διαστέλλεται και να κινείται ανοδικά. Ο φυσικός ελκυσμός έχει κυρίως εφαρμογή τον χειμώνα που η διαφορά θερμοκρασίας είναι η μέγιστη. Το καλοκαίρι δύσκολα βρίσκει εφαρμογή γιατί η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να απομακρυνθούν τα αέρια ρεύματα προς το περιβάλλον. Για να έχουμε τα

βέλτιστα αποτελέσματα θα πρέπει να εφαρμόζουμε τις παρακάτω σχεδιαστικές αρχές:

- Τα ανοίγματα εισόδου – εξόδου να έχουν το ίδιο εμβαδόν.
 - Ο λόγος πλάτους - ύψους των ανοιγμάτων θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος της μονάδας (οριζόντια τοποθέτηση).
 - Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων εισόδου – εξόδου θα πρέπει να είναι 1,5 μέτρο έτσι ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί το φαινόμενο της καμινάδας. Όσο μεγαλύτερη η υψομετρική διαφορά, τόσο καλύτερο το αποτέλεσμα.
 - Τα ανοίγματα θα πρέπει να παραμένουν κλειστά όταν λειτουργεί ο κλιματισμός.
- Οι ηλιακές καμινάδες τοποθετούνται πάντα με νότιο προσανατολισμό και φέρουν υαλοπίνακα, που επιτρέπει την είσοδο των ηλιακών ακτίνων στο εσωτερικό τους. Οι ηλιακές ακτίνες θερμαίνουν με την σειρά τους την επιλεκτική επιφάνεια που βρίσκεται στο εσωτερικό με αποτέλεσμα να ζεσταθεί ο αέρας και να κινηθεί ανοδικά. Αυτό δημιουργεί υποπίεση κάτω από το ανοδικό ρεύμα και ξεκινά η αναρρόφηση αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου μέσω φυσικής κυκλοφορίας (εικόνα 1.12). Η ηλιακή καμινάδα βρίσκει κυρίως εφαρμογή το καλοκαίρι και συνιστάται σε περιοχές με πολύ υγρασία. Τον χειμώνα ο παραγόμενος ζεστός αέρας μπορεί να οδηγηθεί, με κατάλληλη διάταξη ανεμιστήρα, στο εσωτερικό του κτιρίου και να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του.
- Οι πύργοι ψύξης (εικόνα 1.13) είναι καμινάδες ανοικτές από όλες τις πλευρές (προς όλες τις διευθύνσεις του ανέμου). Κατά συνέπεια παγιδεύουν την ροή του αέρα και μέσω καναλιού τον οδηγούν στο εσωτερικό του κτιρίου (Ο.Σ.Κ [1] 2008).



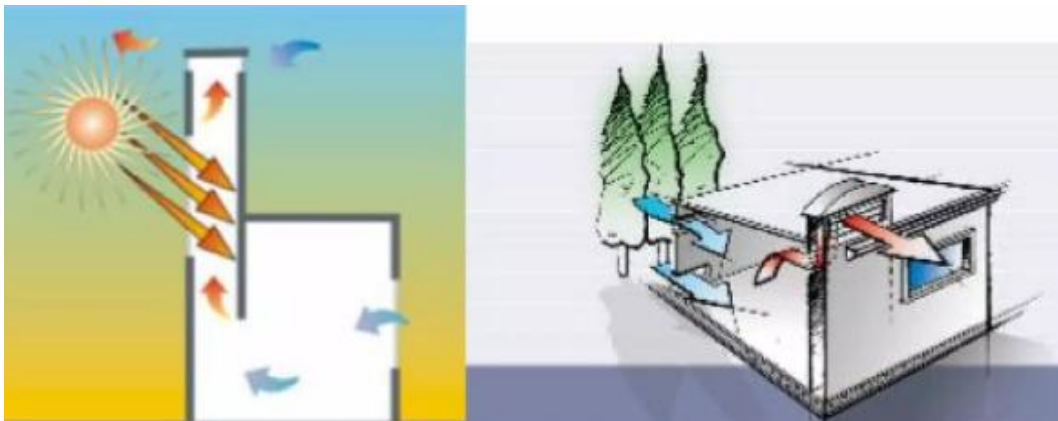
Εικόνα 1.9: Κίνηση αέρα γύρω από κτίριο
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])



Εικόνα 1.10: Διαμπερή κίνηση του αέρα
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])



Εικόνα 1.11: Κατανομή θερμού – ψυχρού αέρα στον χώρο
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])



Εικόνα 1.12: Ηλιακή καμινάδα
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])



Εικόνα 1.13: Πύργος ψύξης
(Πηγή: Ο.Σ.Κ [1])

1.4 Φωτοβολταϊκά στα σχολεία

1.4.1 Γενικά

Η αύξηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε βρέθηκε στην κορυφή της λίστας του πρωτοκόλλου του Κιότο για την κλιματική αλλαγή. Η ευρωπαϊκή ένωση ήταν η πρώτη δύναμη που υπέγραψε το πρωτόκολλο και όρισε δράσεις σχετικά με το συγκεκριμένο θέμα. Ρύθμισε την πολιτική της και σύμφωνα με το White Paper, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε έγινε θέμα υψηλής προτεραιότητας.

Σύμφωνα με τον νέο τότε οδικό χάρτη:

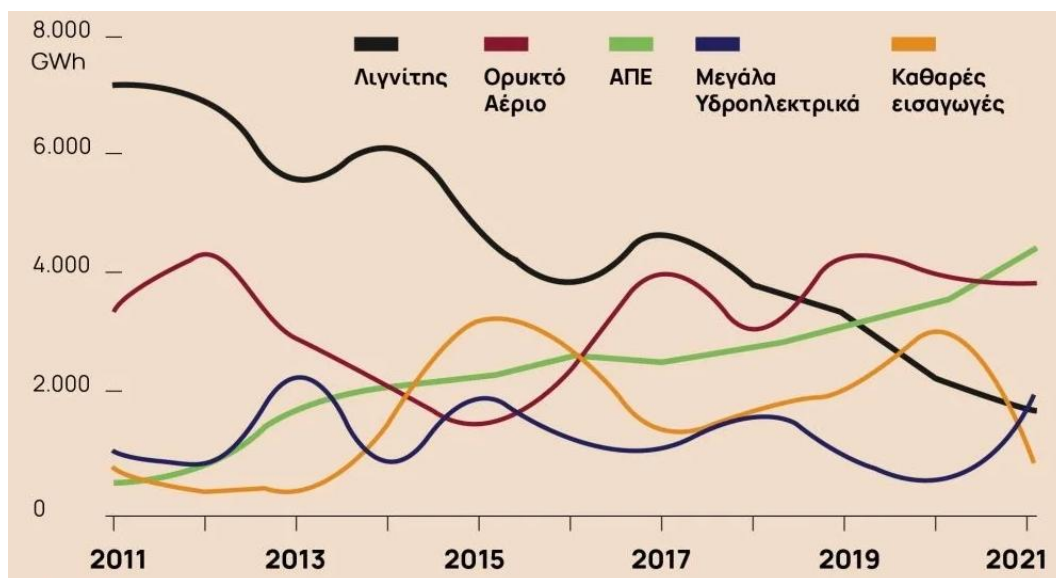
- Οι Α.Π.Ε έπρεπε να καλύψουν το 20% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στους τομείς θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, ηλεκτρισμού και καυσίμων μέχρι το 2020 στην Ε.Ε.
- Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία 2001/77/EC, το 22.1% της συνολικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας θα έπρεπε να καλύπτεται από Α.Π.Ε μέχρι το 2010.
- Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό συμβούλιο, τα αέρια του θερμοκηπίου έπρεπε να μειωθούν κατά τουλάχιστον 20% μέχρι το 2020 (σε σχέση με τα επίπεδα του 1990).

Στην Ελλάδα σύμφωνα με τους εθνικούς στόχους, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Α.Π.Ε έπρεπε να καλύπτει το 20.1% και 29% της καταναλισκόμενης μέχρι το 2010 και 2020 αντίστοιχα. Επίσης τέθηκε ως στόχος η μείωση κατά 25% των εκλυόμενων αερίων του θερμοκηπίου μεταξύ των ετών 2008 – 2012, ενώ τα έργα Α.Π.Ε περιγράφονταν πλέον ως ωφέλιμα για την ελληνική κοινωνία, γιατί συμβάλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας. Σύμφωνα με τους παραπάνω στόχους και χάρη των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών της Ελλάδας, μεγάλη πρόοδος επιτεύχθηκε. Την άνοιξη του 2010 από τα 19105.6 MW εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος, τα 7429,19 MW ήταν τα αιολικά πάρκα, τα 472.84 MW τα Φ/Β, τα 799.91 MW τα υδροηλεκτρικά, τα 8 MW προέρχονταν από γεωθερμία και τα 97.07 MW από

βιομάζα (Economidou 2010). Η εξέλιξη συνεχίστηκε και αργότερα με την ετήσια παραγόμενη από Α.Π.Ε ηλεκτρική ενέργεια να φθάνει από τις 500 GWh το 2011 στις 4400 το 2021 (Γράφημα 1.6) ενώ η αντίστοιχη του λιγνίτη μειώθηκε από 7200 GWh σε 1700 για την ίδια χρονική περίοδο (ΑΔΜΗΕ 2021).

Όσο αφορά τα σχολεία, Φ/Β συστήματα έπρεπε πλέον να τοποθετηθούν σύμφωνα με τον νόμο στις οροφές τους με σκοπό την κάλυψη των ηλεκτρικών τους αναγκών. Η εφαρμογή αυτή κρίνεται αναγκαία δεδομένου ότι τα σχολικά κτίρια καταναλώνουν ετησίως 78000 MWh ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τυπικό σχολείο (50% του συνόλου) απαιτεί 20 kWh/m² ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, ένα βέλτιστο αποδοτικό (25% του συνόλου) απαιτεί 10 kWh/m², ενώ κατά μέσο όρο υπολογίζεται στις 27 kWh ανά m² θερμαινόμενου χώρου (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014). Σύμφωνα πάλι με άλλη πηγή έρευνας σε 500 ελληνικά σχολεία όλων των κλιματικών ζωνών, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι 16.9 kWh/m² στην ζώνη Α, 13.5 kWh/m² στην ζώνη Β και 8.5 kWh/m² στην ζώνη Γ (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Φυσικά, πριν από οποιαδήποτε επένδυση σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε, μεγάλη βαρύτητα θα πρέπει να δοθεί στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω ορθολογικότερης χρήσης και βελτίωσης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Μια γενική αξιολόγηση των σχολικών κτιρίων, που έγινε από το ινστιτούτο ενεργειακής ρύθμισης, έδειξε ότι το 11% των εγκατεστημένων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων είναι ανεπαρκές ενώ το 37% μέτριο. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι οι κακές ενεργειακές πρακτικές αν αναλογιστούμε ότι υψηλές καταναλώσεις συναντάμε και σε σχολεία που έχουν κατασκευαστεί μετά το 2000. Αυτές οι υψηλές καταναλώσεις οφείλονται στην υπερβολική χρήση του εξωτερικού φωτισμού με χρήση προβολέων πυρακτώσεως, στην χρήση κλιματιστικών για επιπλέον θέρμανση κ.α. (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014).



Γράφημα 1.6: Αναλογία χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας (πηγή: ΑΔΜΗΕ)

1.4.2 Τεχνολογία φωτοβολταϊκών

Τα Φ/Β συστήματα μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα (εικόνα 1.14) αποτελείται από τα πάνελ ή ηλιακές γεννήτριες, από τους συσσωρευτές (μπαταρίες) που είναι απαραίτητοι στα αυτόνομα συστήματα και τον εξοπλισμό διαχείρισης της παραγόμενης ενέργειας (φορτιστές, inverters). Τα αυτόνομα συστήματα με μπαταρίες φέρουν επίσης γεννήτρια για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών όταν ο ήλιος δεν επαρκεί και οι μπαταρίες είναι εξαντλημένες (Patargias et al., 2009).

Τα Φ/Β στοιχεία κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες :

1^η Κατηγορία – Πυριτίου μεγάλου πάχους

Αυτά με την σειρά τους διακρίνονται σε:

(α) Φ/Β μονοκρυσταλλικού πυριτίου με απόδοση που φθάνει θεωρητικά μέχρι το 25% , ενώ στην πραγματικότητα είναι 15 – 18% . Έχουν καλή απόδοση αλλά είναι και ακριβά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής.

(β) Φ/Β πολυκρυσταλλικού πυριτίου με χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τα παραπάνω άρα είναι οικονομικότερα. Οπτικά μπορούμε να διακρίνουμε τους διαφορετικούς κρυστάλλους. Πειραματικά η απόδοση τους φθάνει το 20% στην πράξη 13 - 15%.

- 2^η Κατηγορία – Φ/Β λεπτών υμένων

Αυτά με την σειρά τους διακρίνονται σε:

(α) Φ/Β ταινίας πυριτίου. Σε αυτά γίνεται οικονομία πυριτίου μέχρι και 50%. Η απόδοση τους όμως είναι και εδώ χαμηλή 12 – 15% ενώ εργαστηριακά φθάνει το 18% .

(β) Φ/Β δισεληνοειδίου χαλκού με απόδοση 11% ενώ εργαστηριακά έως και 18,8. Με τη προσθήκη γαλλίου ή και ίνδιου η απόδοση τους μπορεί να αυξηθεί περισσότερο.

(γ) Φ/Β τελουριούχου καδμίου με αποδόσεις 6 – 8 % και 16% στο εργαστήριο.

(δ) Φ/Β άμορφου πυριτίου με πολύ χαμηλότερο κόστος από όλα τα προηγούμενα. Επιτυγχάνεται με την εναπόθεση του πυριτίου πάνω σε υπόστρωμα χαμηλού κόστους, όπως για παράδειγμα γυαλί και αλουμίνιο. Η απόδοση τους φθάνει εργαστηριακά το 14% ,ενώ στην πραγματικότητα κυμαίνεται σε 6 – 8 %.

(ε) Φ/Β αρσενικούχου γαλλίου. Το γάλλιο είναι ένα υλικό πιο σπάνιο και από τον χρυσό, το αρσενικό από την άλλη είναι ισχυρό δηλητήριο. Η απόδοση αυτών των Φ/Β είναι η μεγαλύτερη που έχει ποτέ επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Φυσικά είναι πολύ ακριβά.

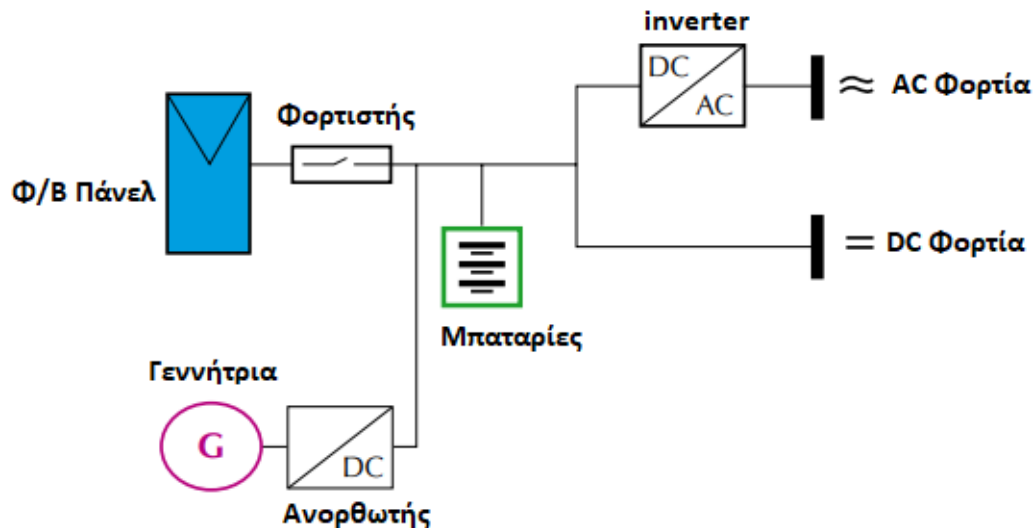
3^η Κατηγορία – Φ/Β πολυστρωματικά

Αποτελούνται από στρώσεις υλικών διαφορετικών τεχνολογιών. Το πιο συνηθισμένο αυτού του είδους αποτελείται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου που εσωκλείουν μια στρώση πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης που φθάνει στην πράξη τα 17,2 % , ενώ ταυτόχρονα είναι και σχετικά οικονομικά (Σημειώσεις ΑΠΕ, ΑΤΕΙ Καβάλας 2008-2012).

Τα πλεονεκτήματα από την εφαρμογή Φ/Β συστημάτων είναι:

- Τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον.
- Η ηλιακή ενέργεια είναι αποκεντρωμένο καύσιμο. Είναι παντού, είναι δωρεάν.
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Απαιτείται ελάχιστη συντήρηση.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής έως 25 χρόνων ενώ σε περίπου 10 χρόνια επιτυγχάνεται απόσβεση.

- Δυνατότητα εύκολης μελλοντικής επέκτασης συστήματος εφόσον οι συνθήκες το απαιτούν.
- Λειτουργούν άριστα είτε αυτόνομα είτε υβριδικά.
- Μπορούν να τοποθετηθούν σε οροφές κτιρίων ή ακατάλληλες για δόμηση και καλλιέργεια εκτάσεις άρα δεν απαιτούν την δέσμευση ωφέλιμης γης (ΟΣΚ[1] 2008).



Εικόνα 1.14: Αυτόνομο σύστημα Φ/Β(Πηγή: Patargias et al., 2009)

1.4.3 Σκοπιμότητα εγκατάστασης Φ/Β σε σχολικές μονάδες

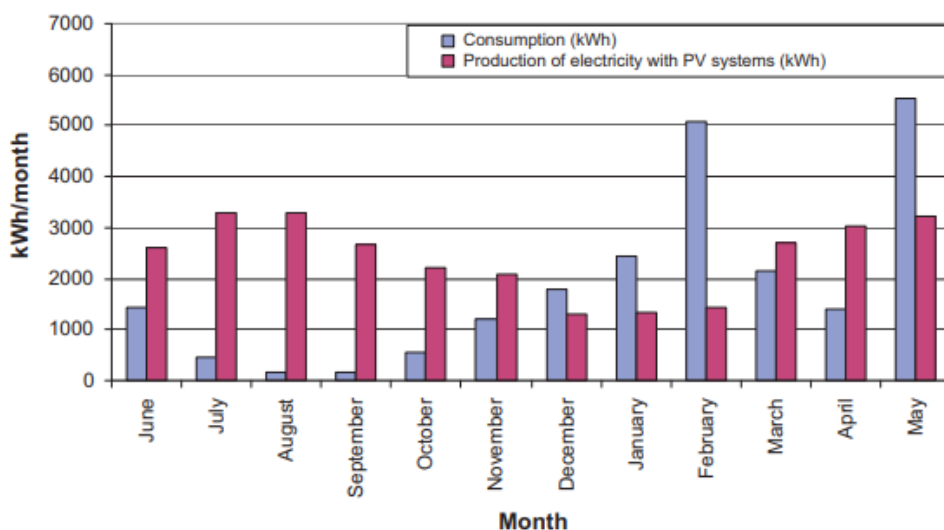
Η εκτεταμένη εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ελλάδα, οδήγησε τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων στον σχεδιασμό εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων σε νεόδμητά αλλά και υφιστάμενα σχολικά κτίρια. Σε εθνικό επίπεδο, μέχρι και το 2010, είχαν εγκατασταθεί Φ/Β σε 82 σχολεία κατά πλειοψηφία στον νομό Αττικής. Τα 42 ήταν νηπιαγωγεία, τα 16 γυμνάσια και τα 23 λύκεια. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε τα 828 kW.

Το 7^ο λύκειο Πειραιά ήταν το πρώτο που διασυνδέθηκε με το εθνικό δίκτυο. Το συγκεκριμένο σχολικό κτίριο καλύπτει 647 m² και στην οροφή τοποθετήθηκαν 108 m² πάνελ υπό κλίση 30° και συνολικής ονομαστικής ισχύος 19.44 kW. Από το διάγραμμα της μηνιαίας παραγόμενης από τα Φ/Β ηλεκτρικής ενέργειας (γράφημα 1.7) και της αντίστοιχης καταναλισκόμενης, παρατηρούμε ότι η κατανάλωση είναι ιδιαίτερα μεγαλύτερη από την παραγωγή για τους μήνες Φεβρουάριο και Μάη. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην εκτεταμένη χρήση του εξωτερικού φωτισμού τον Φεβρουάριο και των εξετάσεων του Μάη. Επίσης, τους μήνες των καλοκαιρινών διακοπών, η παραγωγή είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανάλωση για ευνόητους λόγους. Την περίοδο από τον Ιούνιο του 2008 μέχρι τον Μάη του 2009, το σύστημα απέδωσε 29131.56 kWh ενώ το σχολείο κατανάλωσε 22357 kWh οπότε προέκυψε πλεόνασμα 6774.56 kWh. Το κόστος εγκατάστασης ήταν 87480 ευρώ, το ετήσιο κόστος συντήρησης 1750 ευρώ/έτος ,ενώ το ετήσιο οικονομικό όφελος βάση των τότε τιμών πώλησης της ενέργειας ήταν 13313 ευρώ και αντιστοιχούσε σε 7.5 έτη απόσβεσης. Αν λάβουμε υπόψη το

περιβαλλοντικό όφελος, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αντιστοιχεί σε 21.8 τόνους που είναι ισοδύναμο με την ικανότητα απορρόφησης 66 δέντρων. Εξετάζοντας την περίπτωση των 82 σχολείων, η μείωση αντιστοιχεί σε 97.4 τόνους και 293 δέντρα.

Σε άλλο παράδειγμα, Φ/Β ονομαστικής ισχύος 6 kW εγκαταστάθηκαν στο 6^ο νηπιαγωγείο Παλαιού Φαλήρου, του οποίου η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 15504 kWh. Η εγκατάσταση κάλυψε κατά το ήμισυ τις ανάγκες του σχολείου σε αντίθεση με άλλο μικρότερο νηπιαγωγείο (250 m²), όπου η εγκατάσταση 5.1 kW πρόσφερε κάλυψη 100% (Economou 2010).

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση του 4^{ου} γυμνασίου – λυκείου Αθήνας (εικόνα 1.15), όπου η εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων σχεδιάστηκε ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει και εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι μαθητές και καθηγητές του σχολείου έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τα Φ/Β συστήματα μετά από την συμμετοχή τους σε περιβαλλοντικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα και οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν την προθυμία τους να χρησιμοποιήσουν μια τέτοια μελλοντική εγκατάσταση για την εκπαίδευση των μαθητών. Το σχολείο ήταν είδη σε λειτουργία από το 1982 και αυτό έδωσε την δυνατότητα συλλογής δεδομένων κατανάλωσης περασμένων ετών που θα βοηθούσε στην βέλτιστη εκτίμηση του έργου. Τοποθετήθηκαν 50 πάνελ (315 W/πάνελ), συνολικής ονομαστικής ισχύος 15.75 kW υπό κλίση 38°, ενώ η μέγιστη ετήσια ικανότητα παραγωγής μπορεί να φθάσει τις 22447 kWh. Το περιβαλλοντικό όφελος αντιστοιχεί σε μείωση 19711 kg διοξειδίου του άνθρακα ετησίως. Σύμφωνα με τις τότε εκτιμήσεις, το έργο θα πρόσφερε όφελος 10000 ευρώ ανά έτος (διασυνδεδεμένο σύστημα) ,ενώ 3000 εξ αυτών θα δίνονταν για την πληρωμή του ηλεκτρικού ρεύματος. Το συνολικό κόστος εγκατάστασης υπολογίστηκε στα 138000 ευρώ και ο χρόνος απόσβεσης 10 έτη. Η εγκατάσταση δίνει την δυνατότητα επίσκεψης από τους μαθητές και μέσο ψηφιακού πίνακα, που βρίσκεται σε κεντρικό σημείο του σχολείου, οι μαθητές ενημερώνονται για την στιγμιαία ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας, την ισχύ εξόδου των Φ/Β, την συνολική ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε μέχρι εκείνη την στιγμή, το καύσιμο που έχει εξοικονομηθεί μέχρι εκείνη την στιγμή και τα κιλά CO₂ των οποίων η έκλυση έχει αποφευχθεί (Patargias et al., 2009).



Γράφημα 1.7: Μηνιαία κατανάλωση & παραγωγή ηλεκτρισμού 7^{ου} λύκειο Πειραιά (πηγή: Economou 2010)



Εικόνα 1.15: Εγκατάσταση Φ/Β στο 4^ο Γυμνάσιο – Λύκειο Αθήνας
(πηγή: www.photovoltaiic.gr)

1.5 Θέρμανση Ελληνικών σχολείων

1.5.1 Γενική κατάσταση

Σύμφωνα με τις οδηγίες του οργανισμού σχολικών κτιρίων (ΟΣΚ), οι επιθυμητές θερμοκρασίες στους χώρους των σχολικών μονάδων τον χειμώνα είναι:

- Αίθουσες διδασκαλίας 20 °C
- Γραφεία 20 °C
- Εργαστήρια 18 °C
- Βιβλιοθήκη 20 °C
- Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων 18 °C
- Διάδρομοι 16 °C
- Κυλικείο 18 °C

Για τους χώρους υγιεινής WC δεν προβλέπεται θέρμανση (Ο.Σ.Κ [2] 2008).

Όσο αφορά την θερμική άνεση, σύμφωνα με την γνώμη μαθητών και δασκάλων, σε έρευνα που έγινε σε 135 σχολεία: Το 14% των δασκάλων και το 7% των μαθητών την χαρακτήρισαν προβληματική (Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Σχετικά με το σύστημα θέρμανσης των σχολείων, η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι η χρήση λέβητα πετρελαίου στο 71,4% των σχολείων, λέβητα φυσικού αερίου στο 28,3%, λέβητα βιομάζας στο 0,3%, αντλία θερμότητας στο 1% ενώ το 7,3% χρησιμοποιεί αντλίες θερμότητας (split) ως συμπληρωματικό μέσο θέρμανσης. Ο μέσος βαθμός απόδοσης των χρησιμοποιούμενων λεβήτων είναι 84% και κυμαίνεται από 67% σε παλαιούς λέβητες πετρελαίου έως και 97% σε λέβητες αερίου. Ο μέσος συντελεστής απόδοσης των χρησιμοποιούμενων αντλιών θερμότητας είναι 2,96 με διακυμάνσεις τιμών από 2,2 έως και 3,5.

Η μέση κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 77% για θέρμανση, 20% για ηλεκτρική ενέργεια και 3% για κλιματισμό. Άρα βελτιωτικές επεμβάσεις στα

συστήματα θέρμανσης και μόνωσης σχολικών κτιρίων, έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην συνολική ενεργειακή τους συμπεριφορά (G.Droutsa et al. 2020).

Η συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια θέρμανσης όλων των ελληνικών σχολείων αγγίζει τις 192000 MWh (γράφημα 1.5) ,ενώ κατά μέσο όρο καταναλώνονται 68 kWh/m² ετησίως. Στην κλιματική ζώνη Γ, όπου οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι αυξημένες, η κατανάλωση φθάνει τις 150.37 kWh/m² με μια μέση τιμή τις 123.31 kWh/m². Αν εξετάσουμε τις τιμές για τα μονωμένα και μη μονωμένα κτίρια της ίδιας ζώνης, η τιμή κατά μέσο όρο είναι 115.38 kWh/m² και 139.16 kWh/m² αντίστοιχα. Κατά το τελευταίο, αποδεικνύεται η σπουδαιότητα της θερμικής μόνωσης (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014).

Σημαντικό ρόλο στην θερμική κατανάλωση ενός σχολείου διαδραματίζει και το σχήμα του. Τα κτίρια τύπου Π παρουσιάζουν την μικρότερη κατανάλωση, τα ευθύγραμμα την μεγαλύτερη ενώ στα τύπου Γ επικρατεί μια ενδιάμεση κατάσταση. Μελέτη ενός μεγάλου δείγματος έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα για μονωμένα και μη μονωμένα σχολικά κτίρια διαφορετικού σχήματος (γράφημα 1.8) :

Σχήματος Π → Μονωμένα 9 kWh/m² - Μη μονωμένα 20 kWh/m²

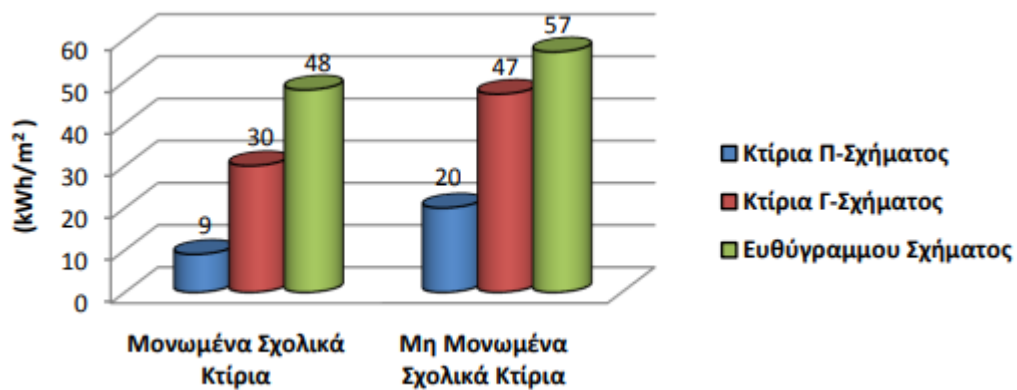
Σχήματος Γ → Μονωμένα 30 kWh/m² - Μη μονωμένα 47 kWh/m²

Ευθύγραμμου σχήματος → Μονωμένα 48 kWh/m² - Μη μονωμένα 57 kWh/m²
(Dascalaki, Sermpetzoglou, 2010).

Επίσης οι κατασκευαστικοί συντελεστές αναλογίας δομικών στοιχείων επηρεάζουν σημαντικά τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου και θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την κατασκευή τους (βλέπε ενότητα 1.1.3).

Η πλειοψηφία των σχολικών κτιρίων (63%) δεν φέρει καμία θερμική μόνωση αδιαφανών στοιχείων και η ύπαρξη μονών υαλοπινάκων ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τις υψηλές θερμικές απώλειες. Μονούς υαλοπίνακες φέρει το 60% των κτιρίων υψηλής κατανάλωσης στην ζώνη Α, το 82% στην ζώνη Β και το 90% στην ζώνη Γ. Πολλά σχολεία ανέλαβαν πρωτοβουλίες εξοικονόμησης ενέργειας. Το 43% εξ αυτών ανέφερε μέτρα βελτίωσης του σχολικού κελύφους (κατά πλειοψηφία αλλαγή κουφωμάτων) ενώ το 23% ανέφερε βελτιώσεις του συστήματος θέρμανσης (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014).

Βάση των προαναφερόμενων και με σκοπό την μείωση του κόστους θέρμανσης αλλά και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, επεμβάσεις όπως η αλλαγή κουφωμάτων, θερμομόνωσης κελύφους, ηλιακή θέρμανση, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, λέβητες υψηλού βαθμού απόδοσης, υδρόψυκτα Φ/Β για συμπαραγωγή θερμού νερού & ηλεκτρική ενέργεια, κατάλληλος σχεδιασμός κτιρίων και δημιουργία μικροκλίματος είναι θεμιτές.

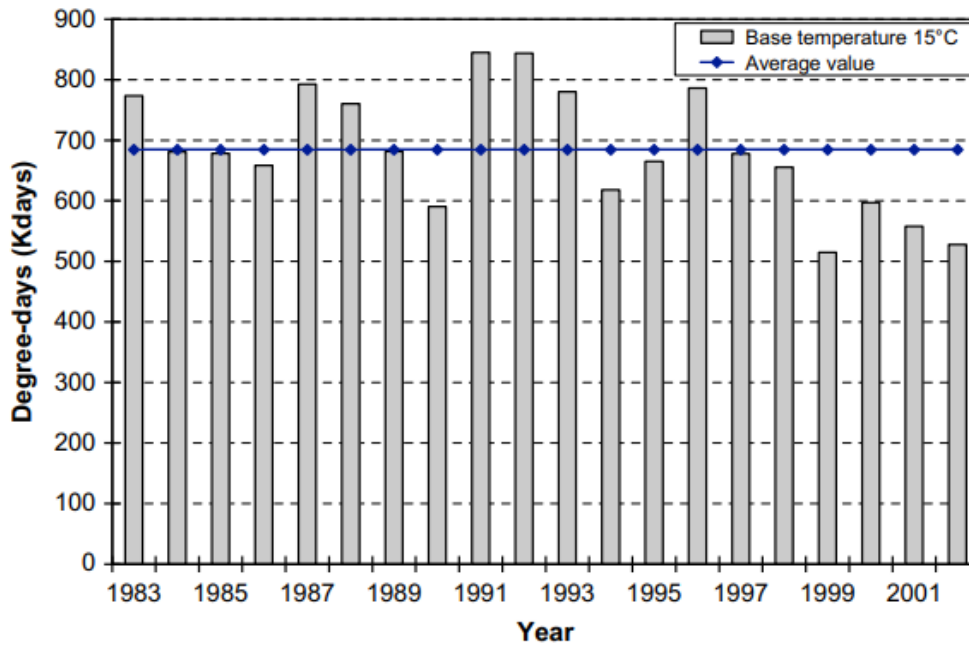


Γράφημα 1.8: Μέση κατανάλωση θερμικής ενέργειας ως συνάρτηση του κτιριακού σχήματος και της ύπαρξης ή μη μόνωσης (πηγή: ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ, 2014)

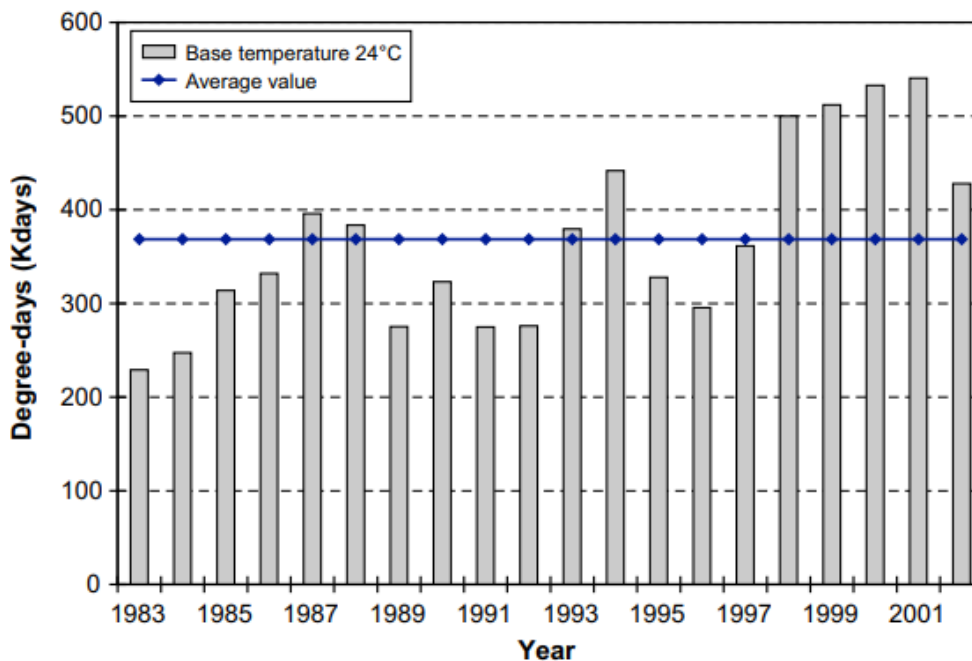
1.5.2 Κλιματική αλλαγή ως παράγοντας μεταβολής των κτιριακών θερμικών απαιτήσεων

Η αλλαγή του κλίματος είναι είδη σε εξέλιξη και θα συνεχιστεί τις επόμενες δεκαετίες ακόμα και αν οι προσπάθειες επανελέγχου του φαινομένου είναι απόλυτα επιτυχημένες. Στην νότια Ευρώπη γύρω από την λεκάνη της Μεσογείου, εκεί που ανήκει η Ελλάδα γεωγραφικά, παρατηρείται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας τόσο τους καλοκαιρινούς όσο και τους χειμερινούς μήνες. Αυτή η κλιματική μεταβολή έχει άμεση επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Στα υφιστάμενα κτίρια, οι απαιτήσεις για θέρμανση συνεχώς μειώνονται ενώ του κλιματισμού αυξάνονται.

Σύμφωνα με καταγραφές του εθνικού αστεροσκοπείου Αθηνών και του Αριστοτελείου πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, για την περίοδο 1983–2001, υπολογίστηκε η διακύμανση των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης των πόλεων της Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Οι βαθμομέρες θέρμανσης μειώθηκαν την περίοδο 1993 –2002 κατά 8-22% στην Αθήνα (γράφημα 1.9) και 4.5 - 9.5% για την Θεσσαλονίκη σε σχέση με την περίοδο 1983 – 1992. Όσο αφορά τις βαθμομέρες ψύξης, αυξήθηκαν 25-69% στην Αθήνα (γράφημα 1.10) και 10 – 21% στην Θεσσαλονίκη (Papakostas, Mavromatis, 2009).



Γράφημα 1.9: Μεταβολή Βαθμομερών θέρμανσης Αθήνας
(Πηγή: Parakostas, Mavromatis, 2009)

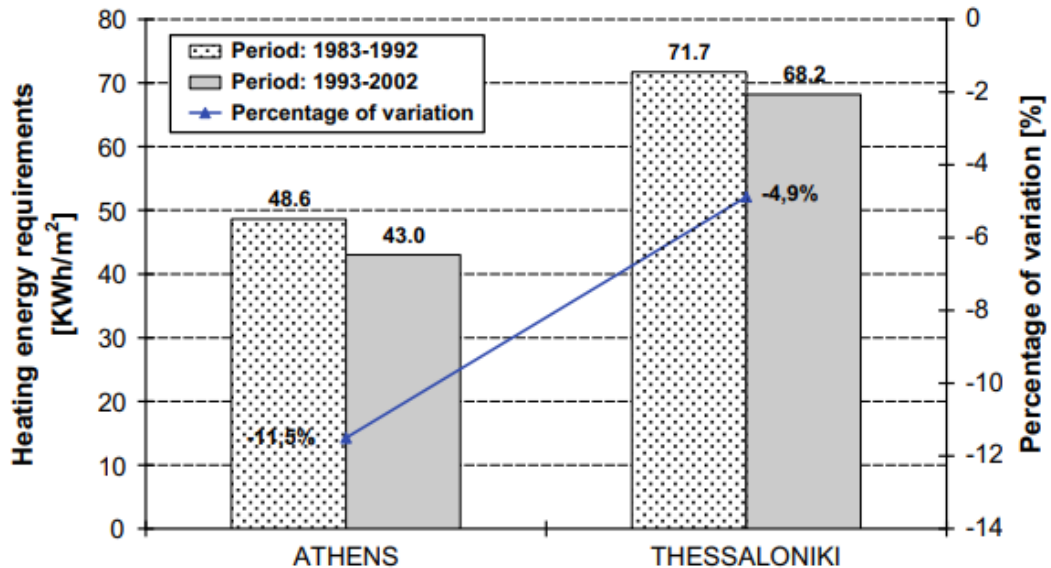


Γράφημα 1.10: Μεταβολή Βαθμομερών ψύξης Αθήνας
(Πηγή: Parakostas, Mavromatis, 2009)

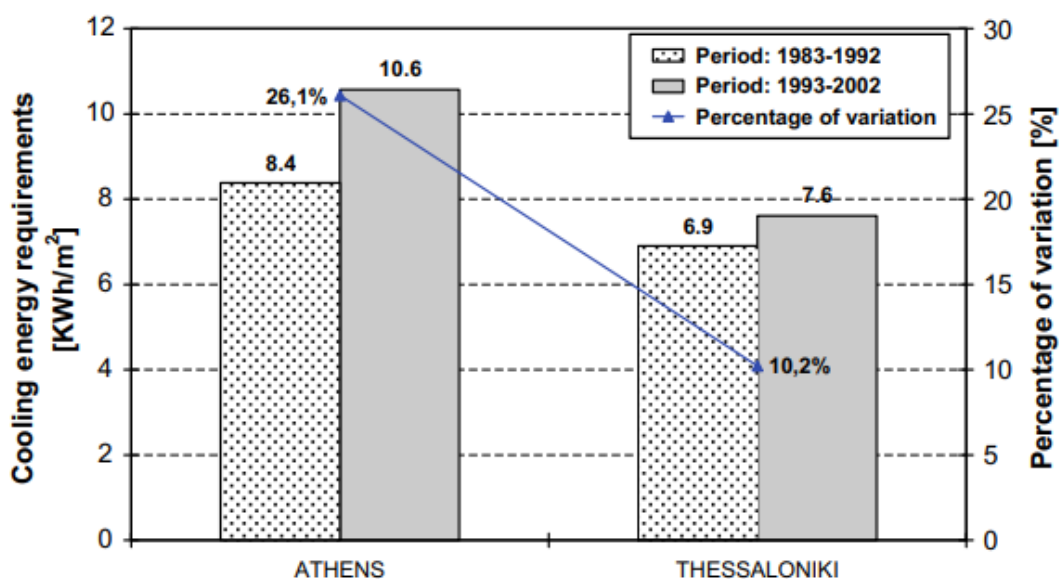
Με σκοπό να εκπονηθούν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με την μεταβολή των βαθμομερών, εκτιμήθηκαν οι απαιτήσεις θέρμανσης & ψύξης ενός μοντέλου τυπικού κτιρίου κατοικιών. Στην μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε, τα κλιματικά δεδομένα άλλαξαν κάθε 4 ώρες επιτρέποντας τον αναλυτικό συνυπολογισμό των θερμικών κερδών λόγω ηλιακής ακτινοβολίας. Η μέθοδος αυτή σε σχέση με την συμβατική των βαθμομερών προσφέρει ακριβέστερα αποτελέσματα. Το μοντέλο

κτιρίου ήταν τριώροφη πολυκατοικία με δυο διαμερίσματα 100 τετραγωνικών ανά όροφο, με επίπεδη οροφή και πυλωτή. Τα ανοίγματα είχαν προσανατολισμό σε βορά και νότο και κάλυπταν το 30% του εξωτερικού κελύφους. Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου τέθηκε ως $0.787 \text{ W/m}^2\text{K}$ τόσο για την προσομοίωση της Θεσσαλονίκης όσο και της Αθήνας. Ως εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου ορίστηκαν οι 20°C από τις 8:00 μέχρι τις 24:00 τον χειμώνα και 26°C το καλοκαίρι. Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα πετρελαίου ορίστηκε 0.85 και ο συντελεστής συμπεριφοράς του συστήματος κλιματισμού 2.5. Το συμπέρασμα (γράφημα 1.11 και 1.12) ήταν 11.5% μείωση κατανάλωσης για ην Αθήνα και 4.9% στην Θεσσαλονίκη τον χειμώνα. Το καλοκαίρι η αύξηση υπολογίστηκε 26.1% και 10.2% αντίστοιχα.

Όλα τα παραπάνω μας παρέχουν τροφή για σκέψη σχετικά πως το πως θα πρέπει να σχεδιάζονται τα κτίρια που ενώ κατασκευάζονται σήμερα, θα λειτουργήσουν στις δεκαετίες του μέλλοντος, όπου οι κλιματικές συνθήκες θα είναι ιδιαίτερα διαφορετικές. Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στα συστήματα κλιματισμού, σκίασης και φυσικού αερισμού – δροσισμού για να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις προκλήσεις του μέλλοντος (Papakostas, Mavromatis, 2009) .



Γράφημα 1.11: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης σε Αθήνα & Θεσσαλονίκη (πηγή: Papakostas, Mavromatis, 2009)



Γράφημα 1.12: Μεταβολή των ενεργειακών απαιτήσεων δροσισμού σε Αθήνα & Θεσσαλονίκη (πηγή: Papakostas, Mavromatis, 2009)

1.5.3 Τεχνικές μείωσης θερμικών απωλειών τον χειμώνα και των θερμικών κερδών το καλοκαίρι

Μια από τις πιο αποδοτικές μεθόδους μείωσης της ανταλλαγής θερμότητας των εσωτερικών χώρων ενός κτιρίου με το εξωτερικό περιβάλλον είναι η μόνωση των δομικών στοιχείων. Σύμφωνα με τις οδηγίες του οργανισμού σχολικών κτιρίων, στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχολείου, η εξωτερική θερμομόνωση θα πρέπει να περιβάλλει όλα τα αδιαφανή δομικά στοιχεία με κατάλληλο πάχος ώστε να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος για την κλιματική ζώνη συντελεστής θερμοπερατότητας. Επίσης, τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν πρέπει να είναι υδρόφιλα. Σε περίπτωση υφιστάμενων κτιρίων, όταν η επέμβαση κρίνεται ασύμφορη, μπορεί να τοποθετηθεί μια στρώση θερμοσοβά που συμβάλει σε κάποιο βαθμό στην μείωση των θερμικών απωλειών. Όταν πρόκειται για προστασία από υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, συνιστάται η εσωτερική θερμομόνωση έτσι ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία την ημέρα και επίσης βοηθά την γρηγορότερη ψύξη την νύχτα. Η εσωτερική θερμομόνωση προσφέρει μεγαλύτερη οικονομία αλλά παρόλα αυτά θα πρέπει να εφαρμόζεται μόνο όταν είναι δύσκολο να χρησιμοποιηθεί η εξωτερική. Η εξωτερική θερμομόνωση είναι πληρέστερη λύση γιατί εξασφαλίζει μικρότερες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας αλλά και προστασία του περιβλήματος από τις καιρικές συνθήκες. Άλλες λύσεις είναι:

(α) Η ενδιάμεση θερμομόνωση λαμβάνοντας κατάλληλη μέριμνα ώστε να αποφεύγονται οι θερμογέφυρες .

(β) Η έμμεση μόνωση όπου το κέλυφος μονώνεται με έμμεσο τρόπο όπως για παράδειγμα με διπλά πατώματα ή διπλούς τοίχους ή με επένδυση των δομικών στοιχείων με ξύλο και ενδιάμεσο κενό 5 εκατοστών. Το ξύλο δημιουργεί μικρόκλιμα μεταξύ αυτού και του τοίχου, τον σκιάζει και ελαττώνει την ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα.

(γ) Η παρεμβολή γύρω από το κτίριο κενών ημί-υπαίθριων χώρων που δημιουργούν περιοχές ενδιάμεσης θερμοκρασίας.

Κατά την μελέτη του κτιρίου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα μονωτικά υλικά γερνάνε μέσω μηχανισμών που δεν γνωρίζουμε ακριβώς. Το σίγουρο είναι πως τα υλικά αυτά αυξάνουν συνεχώς τον συντελεστή αγωγιμότητας τους. Επίσης ιδιαίτερη μέριμνα θα πρέπει να δίδεται στην στεγάνωση ,διότι η υγρασία μπορεί να εξουδετερώσει μερικώς ή ολικώς την θερμομονωτική ικανότητα των δομικών υλικών. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο συντελεστής αγωγιμότητας του νερού είναι 0.57 και του αέρα μόλις 0,024 W/mK. Το υλικό που επηρεάζεται περισσότερο από την υγρασία είναι ο υαλοβάμβακας όντας πολύ υδρόφιλος. Αντίθετα η πολυστερίνη και ο πετροβάμβακας παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στην απορρόφηση υγρασίας.

Στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, καλό είναι να επιλέγονται οικολογικά μονωτικά υλικά που σε αντίθεση με τα συμβατικά παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Απαιτούν λιγότερη ενέργεια για την παραγωγή τους. Για παράδειγμα ο φελλός απαιτεί 80 – 90 kWh/m³ ενώ η πολυστερίνη 1000 - 1200 kWh/m³.
- Δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή τους.
- Δεν περιέχουν τοξικούς και καρκινογόνους ρύπους όπως ο πετροβάμβακας, η πολυουρεθάνη, ο υαλοβάμβακας και η πολυστερίνη σύμφωνα με το διεθνές κέντρο έρευνας του καρκίνου.
- Είναι ανακυκλώσιμα.
- Κοστίζουν ελάχιστα (πλην του φελλού).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το λιναρόμαλλο (ρολό από υπολείμματα βαμβακιού) και ο διογκωμένος φελλός.

Μια λύση μόνωσης της οροφής, με άριστο αισθητικό αποτέλεσμα, είναι η φύτευση της (εικόνα 1.16). Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης ένας έμμεσος τρόπος επαναφοράς της βλάστησης στο αστικό περιβάλλον. Το καλοκαίρι εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία να έρθει σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, οπότε μειώνει σημαντικά τα ηλιακά κέρδη που επιβαρύνουν ιδιαίτερα την κλιματιστική εγκατάσταση. Επίσης τα φυτά λόγω εξάτμισης του νερού ψύχουν την οροφή προσφέροντας επιπρόσθετα φυσικό δροσισμό (Ο.Σ.Κ [1] 2008).



Εικόνα 1.16: Φυτεμένες οροφές
(Πηγή: www. www.b2green.gr)

1.5.4 Φύτευση οροφής

Οι φυτεμένες οροφές αποτελούν μια συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογία που εξαπλώνεται με ταχύ ρυθμό σε κτιριακές εφαρμογές, με σκοπό την βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης. Η βελτίωση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στον μετριασμό των θερμικών κερδών που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της καταναλισκόμενης για δροσισμό ενέργειας τους θερμούς μήνες, αλλά και της μικρής κλίμακας ελάττωση των θερμικών απωλειών τον χειμώνα. Έρευνα σε σχολικό κτίριο νηπιαγωγείου στο κέντρο της Αθήνας, όπου μελετήθηκε τόσο το ψυκτικό φορτίο το καλοκαίρι όσο και το θερμικό τον χειμώνα, απέδειξε όλα τα παραπάνω. Η έρευνα έγινε μέσο μαθηματικής προσέγγισης για την περίπτωση κάλυψης της οροφής κατά 40% με βλάστηση. Μελετήθηκε τόσο η εξοικονόμηση ενέργειας όλου του κτιρίου, όσο και του ορόφου κάτω από την πράσινη στέγη ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση ψυκτικών φορτίων κατά 6 – 49% για όλο το κτίριο και 12 -87% για τον όροφο κάτω από την πράσινη στέγη. Ωστόσο, η επιρροή στα θερμικά φορτία τον χειμώνα δεν ήταν σημαντική με την μέγιστη τιμή μείωσης 7% στην περίπτωση σύγκρισης μονωμένης φυτεμένης οροφής και μονωμένης μη φυτεμένης (πίνακας 1.13). Στην περίπτωση αυτή, για τους μήνες Ιανουάριο μέχρι και Απρίλιο, οι θερμικές απώλειες παρουσίασαν ακόμα και αύξηση 2 – 13%. Όσο αφορά τους θερινούς μήνες, τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά (πίνακας 1.14). Η μείωση των ψυκτικών φορτίων κυμαινόταν σταθερά σε πολύ υψηλές τιμές ,με το μέγιστο όφελος να εμφανίζεται στην περίπτωση σύγκρισης μη μονωμένης οροφής με ή χωρίς φύτευση (M. Santamouris et al. 2007).

Μήνας	Σύγκριση μη μονωμένης οροφής με ή χωρίς φύτευση	Σύγκριση μονωμένης οροφής με ή χωρίς φύτευση
Ιανουάριος	-3	2
Φεβρουάριος	-2	3
Μάρτιος	0	5
Απρίλιος	+12	13
Οκτώβριος	-3	-7
Νοέμβριος	-3	-2
Δεκέμβριος	-3	2

Πίνακας 1.13: Μεταβολή των θερμικών απωλειών σχολικού κτιρίου λόγω φύτευσης της οροφής του (πηγή: M. Santamouris et al. 2007)

Μήνας	Σύγκριση μη μονωμένης οροφής με ή χωρίς φύτευση	Σύγκριση μονωμένης οροφής με ή χωρίς φύτευση
Μάης	-49	-33
Ιούνιος	-28	-15
Ιούλιος	-20	-9
Αύγουστος	-15	-6
Σεπτέμβρης	-20	-7

Πίνακας 1.14: Μεταβολή των ψυκτικών φορτίων σχολικού κτιρίου λόγω φύτευσης της οροφής του (πηγή: M. Santamouris et al. 2007)

Εκτός από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, έρευνες έχουν δείξει πολλά ακόμα σημαντικά πλεονεκτήματα. Μερικά εκ των οποίων είναι τα παρακάτω:

- Η μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (heat island effect: Η θερμοκρασία στο κέντρο μιας πόλης είναι μεγαλύτερη από αυτής των προαστίων της) (Fabrio Fantozzi et al. 2021).

- Η μείωση του αστικού θορύβου, καθώς τα φυτά και το χώμα αποτελούν φίλτρο μόνωσης του ήχου.

- Η αύξηση της βιοποικιλότητας, λόγο του ότι είναι δυνατόν να πολλαπλασιαστούν είδη χλωρίδας, τα οποία στην στάθμη του εδάφους δεν θα μπορούσαν να αναπτυχθούν.

- Η αύξηση της διάρκειας ζωής των δομικών στοιχείων της οροφής.

- Η μείωση και καθυστέρηση της απορροής των βρόχινων υδάτων με αποτέλεσμα την αποφόρτιση του αστικού δικτύου (Tariku, Hagos, 2022).

- Η εξάτμιση της υγρασίας του χώματος αλλά και των φυτών, προσφέρει ψυκτικά φορτία με αποτέλεσμα τον δροσισμό του κτιρίου αλλά και του περιβάλλοντα χώρου.

- Το στρώμα ακίνητου αέρα, που σχηματίζεται πάνω στην ανώτερη επιφάνεια του φυτεμένου δώματος αλλά και στους θαλάμους αποστράγγισης, μειώνει σε κάποιο βαθμό τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα.

- Ένα μεγάλο μέρος των σωματιδίων της ατμόσφαιρας και των ρύπων δεσμεύεται από τα φύλλα των φυτών.

- Τα φυτά εμπλουτίζουν την ατμόσφαιρα με οξυγόνο και δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης.

- Με την δημιουργία βατών φυτεμένων δωματίων μπορούν να αξιοποιηθούν ανεκμετάλλετοι μέχρι πρότινος χώροι.

- Αισθητική βελτίωση του τοπίου.

- Αύξηση αξίας της ιδιοκτησίας (www.greekarchitects.gr).

- Επιδρά θετικά στην ποιότητα του αέρα εντός του κτιρίου μειώνοντας την συγκέντρωση αιωρούμενων μυκήτων. Η πιο αξιοσημείωτη μείωση παρατηρείται στους χώρους που βρίσκονται ακριβώς κάτω από την φυτεμένη στέγη. Σε σχετική έρευνα που διεξήχθη στο δημοτικό σχολείο της Νέας Σμύρνης, παρουσιάστηκαν τιμές CFU/m³ (Colony Forming Units: Μονάδες Σχηματισμού Αποικιών) έως και 227,6 για χώρους κάτω από τσιμεντένια οροφή και μόλις 71.3 για τους χώρους που βρίσκονται ακριβώς κάτω από το φυτεμένο δώμα (Ioanna Pyrrí et al. 2020).

Ως μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την οικονομική επιβάρυνση που απαιτείται για την κατασκευή, την στατική επιβάρυνση του κτιρίου, τον κίνδυνο υγρασίας σε περίπτωση κακοτεχνίας, τη δυσκολία μελλοντικής επισκευής σε περίπτωση βλάβης των στεγανωτικών στρώσεων και την συνεχή φροντίδα που απαιτεί ένας τέτοιος κήπος (www.greekarchitects.gr).

Για την φύτευση μιας οροφής θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Η φέρουσα κατασκευή να έχει υπολογιστεί για το αν μπορεί να αντέξει το βάρος του κήπου.

- Υγρομόνωση και θερμομόνωση της οροφής.

- Κατασκευαστικός διαχωρισμός κήπου – δομικού στοιχείου, διότι υπάρχει κίνδυνος διείσδυσης των ριζών.

- Επιλογή των κατάλληλων φυτών ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες.

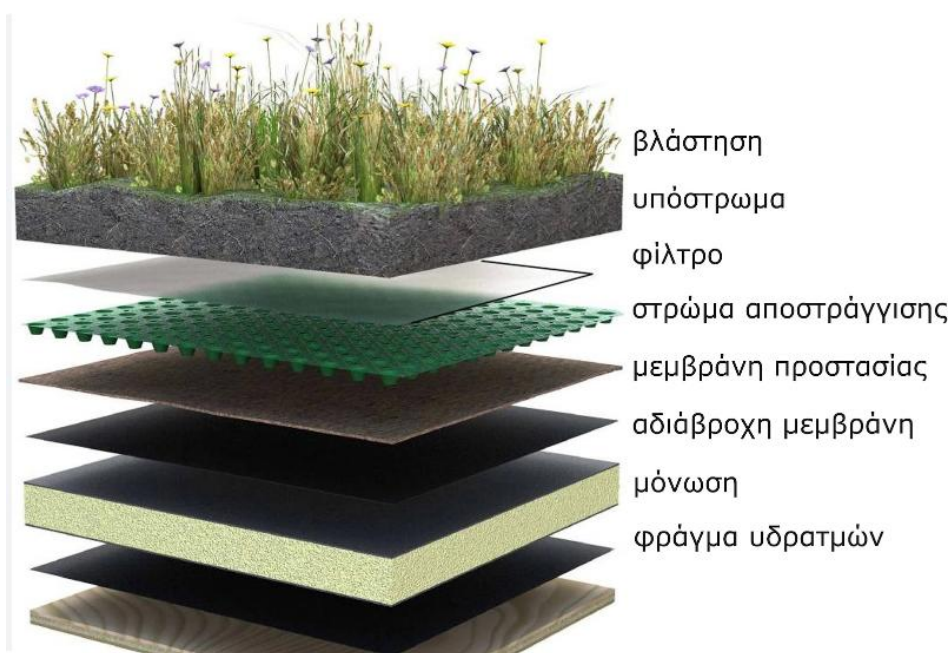
- Κατασκευή συστήματος άρδευσης και απορροής υδάτων.

(Ο.Σ.Κ [1] 2008).

Ένα φυτεμένο δώμα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα: Το δομικό τμήμα που αποτελεί το υπόβαθρο της όλης κατασκευής (φράγμα υδρατμών, μόνωση, αδιάβροχη μεμβράνη, μεμβράνη προστασίας), το φυτικό τμήμα που είναι στην ουσία η βλάστηση και το κηπευτικό τμήμα, όπου αναπτύσσεται η βλάστηση (στρώμα αποστράγγισης, φίλτρο, υπόστρωμα).

Από πάνω προς τα κάτω, συναντάμε τα παρακάτω στοιχεία (εικόνα 1.17):

- Την βλάστηση που επιλέγεται ανάλογα με τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.
- Το υπόστρωμα που είναι χώμα πάχους 10 – 90 εκατοστών και πάνω του αναπτύσσονται τα φυτά.
- Το φίλτρο συγκράτησης χώματος.
- Το στρώμα αποστράγγισης με πάχος 5 – 25 εκατοστά ανάλογα με τον τύπο του κήπου.
- Την μεμβράνη προστασίας των παρακάτω στρωμάτων από τις ρίζες των φυτών.
- Την αδιάβροχη μεμβράνη (συνήθως ασφαλτόπανο) που προστατεύει την μόνωση και την φέρουσα πλάκα από την υγρασία.
- Την θερμομόνωση που είναι συνήθως εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 5 εκατοστών.
- Το φράγμα υδρατμών.
- Την φέρουσα πλάκα του κτιρίου (www.greekarchitects.gr).



Εικόνα 1.17: Διαστρωμάτωση φυτεμένης οροφής
(Πηγή: www.ecologylearn.wordpress.com)

Από διαφορετική οπτική, η εγκατάσταση πράσινης οροφής δεν μπορεί να θεωρηθεί πάντα ως η καλύτερη λύση όσο αφορά την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου. Το παραπάνω ισχύει στην περίπτωση μίας καλά μονωμένης κεραμοσκεπής όμοιου συντελεστή θερμοπερατότητας. Επίσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η χρησιμοποιούμενη ανά εποχή ποσότητα νερού άρδευσης. Μία καλά ποτισμένη οροφή ταιριάζει καλύτερα στους θερινούς μήνες

ενώ μια καθόλου ποτισμένη στους χειμερινούς. Έρευνα σε τρεις Ιταλικές πόλεις έδειξε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας τον χειμώνα λόγω εγκατάστασης πράσινης σκεπής είναι πολύ μικρή σε σχέση με μια καλά μονωμένη κεραμοσκεπή ακόμα και αν η πρώτη δεν ποτίζεται. Στην Πίζα για παράδειγμα, η μείωση αυτή είναι 3,3 %. Αν πάλι συγκρίνουμε την περίπτωση καλά μονωμένης κεραμοσκεπής και ποτισμένης πράσινης σκεπής, το μέσο όφελος είναι μόλις 0,35%. Από την σκοπιά των θερινών θερμικών κερδών, βασιζόμενοι στο παράδειγμα της Πίζας, παρουσιάζεται σημαντική μείωση 21,8 % όταν συγκρίνουμε μια καλά ποτισμένη οροφή με μια καλά μονωμένη κεραμοσκεπή. Αν πάλι η βλάστηση δεν ποτίζεται, τα θερμικά κέρδη αυξάνονται κατά 19,2 %, κρίνοντας την εφαρμογή ενεργειακά μη βιώσιμη (Fabrio Fantozzi et al. 2021).

1.5.5 Υβριδικά συστήματα ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης

Τα συστήματα ηλιακής θέρμανσης έχουν κερδίσει ένα σημαντικό μερίδιο της αγοράς, διότι αναγνωρίζονται ως μια ελκυστική επιλογή βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και ασφάλειας των κτιρίων. Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ως μη επιβαρυντική για το περιβάλλον όταν χρησιμοποιείται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Γενικά, οι ηλιακοί συλλέκτες συλλέγουν και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία.

Οι συλλέκτες επίπεδων πιάτων (FP), που χρησιμοποιούνται κατά πλειοψηφία, αποτελούνται από ένα εσωκλειόμενο σκούρου χρώματος επίπεδο πιάτο με διόδους κυκλοφορίας του ρευστού και ένα διάφανο κρύσταλλο στο πάνω μέρος που εσωκλείει την κατασκευή επιτρέποντας την είσοδο των ηλιακών ακτινών. Το ρευστό που κυκλοφορεί εντός των διόδων, απορροφά την θερμότητα που συλλέγει η επιλεκτική επιφάνεια και την αποδίδει μέσω ενδιάμεσου εναλλάκτη στους χώρους θέρμανσης.

Οι ηλιακοί συλλέκτες κενού (ET) χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιοχές όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες λόγω της υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας που προσφέρει το κενό, αλλά και των ρευστών που χρησιμοποιούν με πολύ χαμηλό σημείο τήξης.

Τα υβριδικά πάνελ (PVTs) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα και ηλεκτρισμό (εικόνα 1.18). Τυπικά αποτελούνται από ένα Φ/Β στο πίσω μέρος του οποίου εφαρμόζεται μια υδρόψυκτη επιφάνεια αφαίρεσης της θερμότητας, με σκοπό την ψύξη των Φ/Β στοιχείων και ως αποτέλεσμα την βελτίωση του βαθμού απόδοσης. Το θερμό ρευστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμού νερού ή και για την θέρμανση κτιρίων ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει μέρος του ηλεκτρικού φορτίου. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μεγάλο ενδιαφέρον για τα PVTs αλλά ακόμα η αγορά είναι περιορισμένη (Rosato et al. 2018).



Εικόνα 1.18: PVTs Φ/Β πάνελ (Πηγή: www.solarguide.co.uk)

Τα υβριδικά συστήματα θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση αποτελούνται από (εικόνα 1.19) :

- Τους ηλιακούς συλλέκτες ως βάση παραγωγής θερμικής ενέργειας, συνήθως είναι επιλεκτικής επιφάνειας (FP) ή σωλήνων κενού (ET) στα πιο κρύα κλίματα.
- Τις δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας ,οι οποίες είναι καλά μονωμένα δοχεία με ενσωματωμένους εναλλάκτες.

- Το υποστηρικτικό σύστημα παραγωγής θερμότητας που μπορεί να είναι μια αντλία θερμότητας, ένας λέβητας αερίου, πετρελαίου ή βιομάζας κ.α.

Ο βασικός στόχος του συστήματος είναι η βέλτιστη συλλογή θερμικής ενέργειας από τον ήλιο και συνεισφορά της στο σύστημα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Η δεξαμενές αποθήκευσης θερμικής ενέργειας αποθηκεύουν την πλεονάζουσα θερμότητα και την συνεισφέρουν όταν η παραγωγή είναι μικρότερη από την ζήτηση. Επίσης, μέσο των ενσωματωμένων εναλλακτών, μεταφέρουν θερμότητα από το ρευστό του κλειστού κυκλώματος των ηλιακών πάνελ στο ζεστό νερό χρήσης καθώς και στο νερό που κυκλοφορεί στα θερμαντικά σώματα (Katsaprakakis, Zidianakis, 2017).

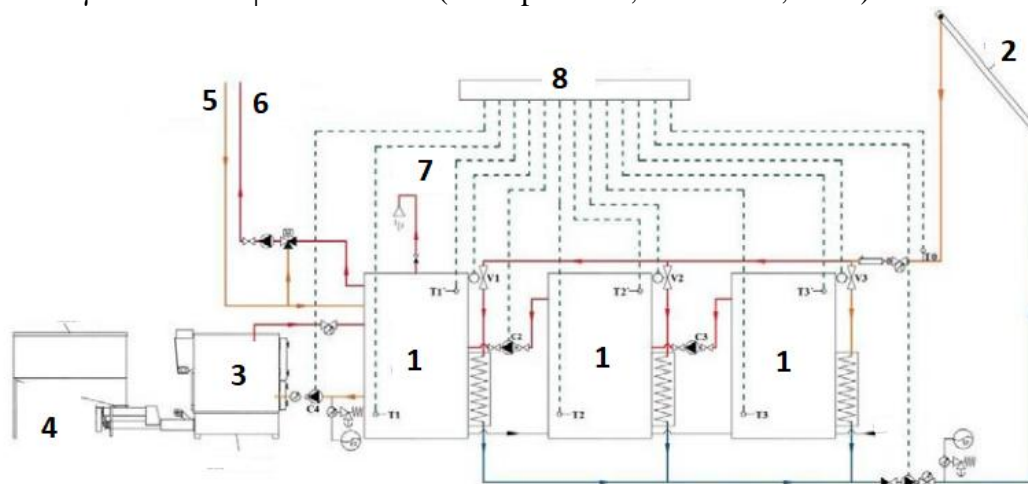
Η εφαρμογή υβριδικών συστημάτων ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης στα πλαίσια μιας συνολικής ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων είναι στο δρόμο για την επίτευξη των βιοκλιματικών σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας κτιρίων. Προσομοίωση αναβάθμισης παθητικών και ενεργητικών συστημάτων δύο σχολικών μονάδων στην Κρήτη το αποδεικνύει. Τα σχολεία είναι το ΕΠΑΛ Αρκαλοχωρίου και το ΓΕΛ Χαράκα και είχαν εγκριθεί για χρηματοδότηση. Και τα δύο σχολεία ήταν εφοδιασμένα με παλαιούς λέβητες πετρελαίου (B.A 75%), λαμπτήρες φθορισμού και προβολείς νατρίου στο προαύλιο. Το κέλυφος του ΕΠΑΛ ήταν μονωμένο ενώ τα παράθυρα ήταν με διπλό υαλοστάσιο χωρίς θερμοδιακοπή πλαισίου. Το κέλυφος του ΓΕΛ δεν έφερε μόνωση και τα παράθυρα ήταν παλαιά με μονό υαλοστάσιο. Σε όλες τις περιπτώσεις τα παράθυρα δεν παρουσίαζαν επαρκή στεγανότητα.

Οι μετατροπές που εξετάστηκαν ήταν οι ακόλουθες:

- Θερμομόνωση του ΓΕΛ (τοίχοι και οροφή).
- Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων με νέα διπλού υαλοστασίου και θερμοδιακοπή και στα δύο σχολεία.
- Τοποθέτηση σκίαστρων στις νότιες όψεις των κτιρίων.
- Εγκατάσταση Φ/Β 1 Kw ονομαστικής ισχύος στο ΓΕΛ και 2.5 στο ΕΠΑΛ.

- Αντικατάσταση του παλαιού συστήματος θέρμανσης με υβριδικό σύστημα ηλιακής υποβοήθησης αποτελούμενο από 106.2 m² πάνελ στο ΕΠΑΛ και 129.8 m² στο ΓΕΛ.
- Λέβητες βιομάζας, για την υποστήριξη του συστήματος, με καύσιμο πύρινες από ελιές που παράγονται ως απόβλητο στην γύρω περιοχή. Η ισχύς των λέβητων ήταν 266.8 kW για το ΕΠΑΛ και 150.8 για το ΓΕΛ.
- Αντικατάσταση παλαιών λαμπτήρων με LED.
- Αντικατάσταση προαύλιων προβολέων με σύγχρονους χαμηλής κατανάλωσης.
- Εφαρμογή υβριδικού δροσισμού μέσο ανεμιστήρων οροφής.

Τα ηλιακά πάνελ κάλυψαν κατά 45.04 % τις θερμικές ανάγκες του ΕΠΑΛ και κατά 58.51 του ΓΕΛ ενώ οι λέβητες βιομάζας ανέλαβαν να καλύψουν το υπόλοιπο φορτίο (πίνακας 1.17). Το σύνολο των ενεργειακών βελτιώσεων είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής ειδικής κατανάλωσης ενέργειας από 122.6 kWh/m² για το ΕΠΑΛ και 108.9 kWh/m² στο ΓΕΛ σε 71.43 και 33.62 αντίστοιχα. Η χαμηλή ενεργειακή κατηγορία των κτηρίων αναβαθμίστηκε από C σε B+ για το ΕΠΑΛ και A+ για το ΓΕΛ (πίνακες 1.15, 1.16). Επίσης παρουσιάστηκε σημαντική μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που ειδικά για το ΓΕΛ έφτασε το 65% (Katsaprakakis, Zidianakis, 2017).



Εικόνα 1.19: Υβριδικό σύστημα ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης

(1) Δεξαμενές αποθήκευσης θερμότητας, (2) ηλιακά πάνελ, (3) Λέβητας υποστήριξης με βιομάζα, (4) δεξαμενή τροφοδοσίας βιομάζας, (5) σωλήνας επιστροφής νερού από θερμαντικά σώματα, (6) σωλήνας τροφοδοσίας θερμαντικών σωμάτων, (7) ζεστό νερό χρήσης, (8) μονάδα ελέγχου.

(Πηγή: Katsaprakakis, Zidianakis, 2017)

Σχολείο (Κρήτη)	Ειδική κατανάλωση ενέργειας kWh/m ²	Ενεργειακή κλάση
ΕΠΑΛ Αρκαλοχωρίου	122.6	C
ΓΕΛ Χαρακίου	108.9	C

Πίνακας 1.15: Απόδοση σχολείων πριν από την ενεργειακή τους αναβάθμιση (πηγή: Katsaprakakis, Zidianakis, 2017)

Σχολείο	Ειδ. κατανάλωση ενέργειας kWh/m ²	Ενεργειακή κλάση	Μείωση εκπομπών CO ₂ %	Απόσβεση Έτη
ΕΠΑΛ	71.43	B+	40.43	18.23
ΓΕΛ	33.62	A+	65.21	21.63

Πίνακας 1.16: Απόδοση σχολείων μετά από ενεργειακή αναβάθμιση
(πηγή: Katsaprakakis, Zidianakis, 2017)

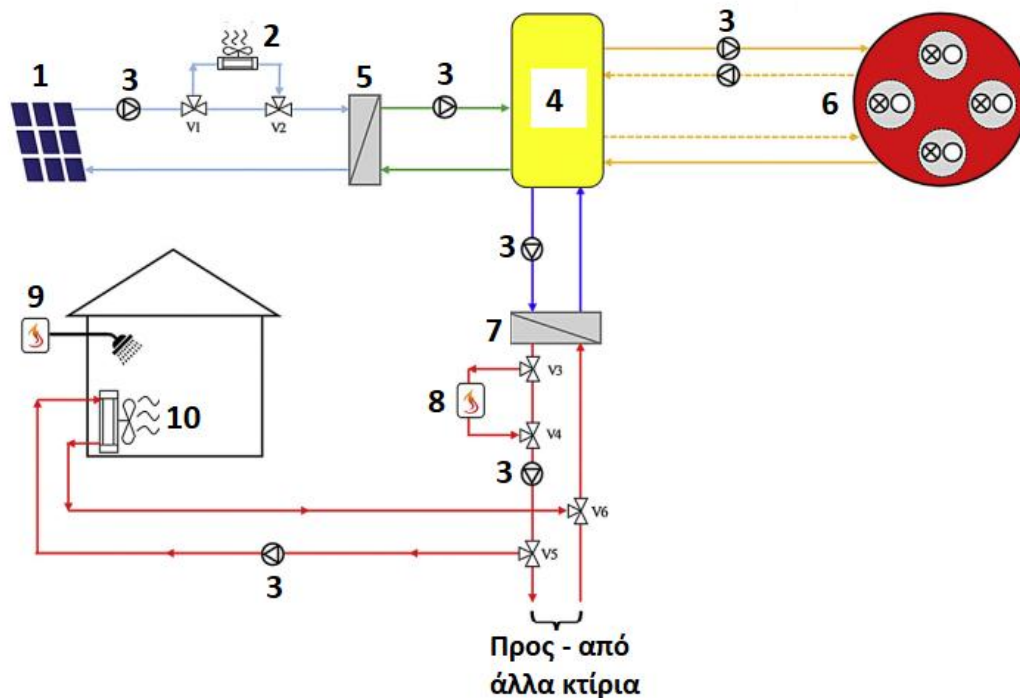
Σχολείο	Ετήσιο θερμικό φορτίο (MWh)	Ετήσια παραγωγή θερμικής ενέργειας			
		Από ηλιακά πάνελ		Από λέβητα βιομάζας	
		MWh	%	MWh	%
ΕΠΑΛ	48.27	21.74	45.04	26.53	54.96
ΓΕΛ	45.91	26.86	58.51	19.05	41.49

Πίνακας 1.17: Ανάλυση ετήσιας παραγόμενης θερμικής ενέργειας υβριδικού συστήματος θέρμανσης (πηγή: Katsaprakakis, Zidianakis, 2017)

Ένας σημαντικός παράγοντας κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος υβριδικής θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση είναι η επιλογή των συλλεκτών. Όπως είδαμε στην αρχή της ενότητας, οι βασικές επιλογές είναι οι συλλέκτες με επίπεδα πιάτα FP, με σωλήνες κενού ET και οι υβριδικοί για συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού PVTs. Μελέτη διαφορετικών σεναρίων χρήσης των παραπάνω τεχνολογιών προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα για την κατάλληλη επιλογή ανάλογα με το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα. Τα διαφορετικά σενάρια που μελετήθηκαν είναι κυρίως τα παρακάτω:

- 30 FP
- 36 ET
- 39 PVTs
- 13 FP + 26 PVTs
- 13 ET + 26 PVTs
- 26 FP + 13 PVTs
- 24 ET + 12 PVTs

Η προσομοίωση των διαφορετικών σεναρίων έγινε σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης που τροφοδοτεί 6 κατοικίες και 4 σχολικές μονάδες. Το σύστημα (εικόνα 1.20) αποτελείται από τα ηλιακά πάνελ (1), τον διασκορπιστή θερμότητας (2), τους κυκλοφορητές (3), το δοχείο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (4), τον ενδιάμεσο εναλλάκτη θερμότητας (5) για την μεταφορά της θερμικής ενέργειας από το ρευστό των ηλιακών πάνελ στην δεξαμενή αποθήκευσης, την κάθετη γεώτρηση αποθήκευσης θερμότητας (6), τον εναλλάκτη θέρμανσης του ρευστού που κυκλοφορεί στα θερμαντικά σώματα (7), τον λέβητα υποστήριξης (8), τους ατομικούς θερμαντήρες ζεστού νερού χρήσης (9) και τα θερμαντικά σώματα τύπου fancoil (10).



Εικόνα 1.20: Υβριδική θέρμανση (πηγή: Rosato et al. 2018)

Το ρευστό του κλειστού κυκλώματος των ηλιακών πάνελ μεταφέρει την θερμότητα του ηλίου στο δοχείο αποθήκευσης θερμικής ενέργειας (4) μέσω του εναλλάκτη (5) που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο κυκλωμάτων. Όταν η θερμοκρασία των πάνελ υπερβαίνει τους 95 °C, η πλεονάζουσα θερμότητα αποβάλλεται στο περιβάλλον μέσω του διασκορπιστή (2). Όταν δημιουργούνται ανάγκες θέρμανσης, η θερμότητα μεταφέρεται από το δοχείο αποθήκευσης προς τα θερμαντικά σώματα τύπου fancoil (10) μέσω του εναλλάκτη (7). Όταν δεν απαιτείται άμεσα θερμική ενέργεια από τους καταναλωτές, μεταφέρεται από το δοχείο αποθήκευσης στην γεώτρηση και παραμένει εκεί μέχρι να αυξηθούν και πάλι οι θερμικές απαιτήσεις. Ένας λέβητας φυσικού αερίου (8) καλύπτει τις ανάγκες του συστήματος όταν η συλλογή θερμικής ενέργειας από τους συλλέκτες δεν επαρκεί. Την θέρμανση του νερού χρήσης αναλαμβάνουν ατομικοί λέβητες φυσικού αερίου (10) ξεχωριστοί σε κάθε κτίριο.

Πριν από την παρουσίαση των συμπερασμάτων κρίνεται σκόπιμο να εξηγηθούν οι ορισμοί που θα αναλυθούν στην συνέχεια.

Συντελεστής PES = $(E_{conV} - E_{prop}) / E_{conV}$

E_{conV} = Συνολική ενέργεια (θερμική + ηλεκτρική) που καταναλώνει το συμβατικό σύστημα.

E_{prop} = Συνολική ενέργεια (θερμική + ηλεκτρική) που καταναλώνει το προτεινόμενο σύστημα.

Όσο μεγαλύτερος, τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικό είναι το προτεινόμενο σύστημα.

Συντελεστής SF = Q_p / Q_c

Q_p = Θερμότητα που παρέχουν οι ηλιακοί συλλέκτες στο σύστημα.

Q_c = Θερμότητα που απαιτείται από τις καταναλώσεις.

Όσο μεγαλύτερο, τόσο σε μεγαλύτερο βαθμό καλύπτονται οι θερμικές ανάγκες από τα πάνελ του προτεινόμενου συστήματος.

Συντελεστής ΔCO_2 = Δηλώνει τον βαθμό που ένα προτεινόμενο σύστημα μειώνει την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με ένα προ υπάρχον συμβατικό.

Όσο μεγαλύτερος, τόσο μεγαλύτερη είναι η μείωση έκλυσης.

Συντελεστής ΔCO = Δηλώνει τον βαθμό που ένα προτεινόμενο σύστημα μειώνει το κόστος λειτουργίας σε σχέση με ένα προ υπάρχον συμβατικό.

Όσο μεγαλύτερος, τόσο πιο οικονομικά αποδοτικό είναι το προτεινόμενο σύστημα.

Συμπεράσματα:

- Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται όπως είναι αναμενόμενο όταν έχουμε 39 PVTs , ενώ η αντίστοιχη θερμική παρουσιάζεται στην περίπτωση των 36 ET.

- Συγκρίνοντας τους δύο διαφορετικούς συνδυασμούς 13 FP+26 PVTs και 13 ET +26 PVTs παρατηρούμε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην πρώτη περίπτωση είναι 3.4 MWh/(5 έτη), ενώ στην δεύτερη 3.04 MWh. Αυτό αιτιολογείται λόγω της αυξημένης θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πάνελ , λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας νερού στην περίπτωση των σωλήνων κενού.

- Ο συντελεστής PES παρουσιάζει την μέγιστη τιμή (11.3 – 12.1%) όταν έχουμε 39 PVTs. Άρα λόγω της συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, έχουμε αθροιστικά μεγαλύτερη είσοδο συνολικής ενέργειας στο σύστημα σε σχέση με άλλους συνδυασμούς.

- Η 2^η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή PES (8.1%) εμφανίζεται όταν έχουμε 36 ET. Η ενέργεια που επηρεάζει την τιμή του συντελεστή στην προκειμένη περίπτωση είναι καθαρή θερμότητα.

- Υψηλές τιμές του συντελεστή PES (7.2%), εμφανίζονται και για 13 FP+26 PVTs ,ενώ αν αντί για FP συνδυάσουμε 13 ET τότε η τιμή μειώνεται δραματικά (5.9%) λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του νερού και μείωσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

- Η τιμή του συντελεστή SF είναι υψηλότερη όταν έχουμε 36 ET (48,2%) ενώ την 2^η μεγαλύτερη (32,5%) είναι για 39 FP. Εδώ μπορούμε να διακρίνουμε ξεκάθαρα την υπεροχή των σωλήνων κενού.

- Στην περίπτωση επιλογής συμπαραγωγής, όπως για παράδειγμα 13 FP+26 PVTs, η τιμή του SF μειώνεται σε 11,4%.

- Η βέλτιστη τιμή ΔCO_2 παρουσιάζεται και πάλι για 39 PVTs (11.7%) υποδεικνύοντας ότι είναι η πιο οικολογική εφαρμογή. Αξιόλογα αποτελέσματα συγκριτικά παρουσιάζει ο συνδυασμός 13 FP+26 PVTs (7.1%) , ενώ την ελάχιστη τιμή δίνει η περίπτωση των 39 FP (2.7%).

- Η βέλτιστη τιμή ΔCO παρουσιάζεται μια ακόμα φορά για 39 PVTs (26.4 %), υποδεικνύοντας ότι είναι η πιο οικονομικά αποδοτική εφαρμογή. Αξιόλογα αποτελέσματα συγκριτικά με άλλα παρουσιάζει ο συνδυασμός 13 FP+26 PVTs (21.8 %), ενώ την ελάχιστη τιμή δίνει η περίπτωση των 39 FP (13.4 %).

Συνοψίζοντας, αν ο βασικός στόχος είναι η κάλυψη μόνο θερμικών αναγκών, η βέλτιστη επιλογή είναι οι σωλήνες κενού. Οι συλλέκτες επίπεδων πιάτων παρουσιάζουν πολύ μικρότερη απόδοση , όμως μπορεί να επιλεγθούν βάση οικονομικών αναλύσεων λόγω πολύ χαμηλότερου κόστους.

Αν επιθυμούμε την βέλτιστη οικολογική και οικονομικά αποδοτική λύση, η καλύτερη επιλογή είναι τα υδρόψυκτα Φ/Β. Όμως παρουσιάζουν χαμηλή παραγωγή θερμικής ενέργειας. Εφόσον αυτή απαιτείται θα πρέπει να συνεργάζονται με πάνελ επίπεδων πιάτων και όχι με σωλήνες κενού γιατί η υψηλότερη θερμοκρασία του νερού μειώνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Rosato et al. 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

2.1 Στόχος & Μεθοδολογία έρευνας

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση, βασισμένη κατά το μεγαλύτερο ποσοστό σε άρθρα επιστημονικών περιοδικών, μας υπέδειξε τις ελλείψεις των σχολικών μονάδων εντός της ελληνικής επικράτειας σε θέματα διαχείρισης της ενέργειας. Σε δεύτερο στάδιο, εξετάστηκαν οι δυνατότητες και τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των ενεργειακά βιώσιμων τεχνικών και τεχνολογιών στα σχολεία. Στο σημείο αυτό κρίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί ο βαθμός ενημέρωσης αλλά και η θετική ή η αρνητική στάση των εκπαιδευτικών σε θέματα που αφορούν την ενεργειακή αναβάθμιση των σχολικών κτιρίων όπου υπηρετούν.

Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ενεργειακή κατάσταση των σχολικών μονάδων, η αξιολόγηση της από τους εκπαιδευτικούς καθώς και η διερεύνηση της ενημέρωσης αλλά και της στάσης των εκπαιδευτικών σε θέματα που αφορούν τις δυνατότητες ενεργειακής αναβάθμισης των σχολικών μονάδων. Η δημιουργία και διανομή ειδικά κατασκευασμένου για τις ανάγκες της έρευνας ερωτηματολογίου, αποτέλεσε το μέσο συλλογής των δεδομένων προς ανάλυση.

2.2 Ερευνητικό δείγμα

Το δείγμα που εξετάζεται στο ερευνητικό τμήμα της διπλωματικής εργασίας, αποτελείται από εκατό δεκαέξι εκπαιδευτικούς που ανήκουν σε είκοσι διαφορετικούς πανεπιστημιακούς κλάδους και υπηρετούν σε πενήντα σχολεία διαφόρων περιοχών της Ελλάδας. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών υπηρετεί σε σχολεία της διεύθυνσης δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του νομού Χαλκιδικής και Θεσσαλονίκης. Όσο αφορά τον τύπο του σχολείου, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών υπηρετεί σε επαγγελματικά λύκεια. Πιο συγκεκριμένα, το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής (32%) προέρχεται από σχολεία του νομού Θεσσαλονίκης, ακολουθεί ο νομός Χαλκιδικής (27,5%) και τρίτος κατά σειρά είναι ο νομός Αττικής (9,5%). Στην έρευνα συμμετείχαν εκπαιδευτικοί και από άλλους νομούς όπως Κιλκίς, Βέροιας, Δράμας, Σερρών άλλα και από νησιά όπως Ικαρία, Λέρο, Σάμο, Λήμνο, Ρόδο κ.α. Όσο αφορά τις σχολικές μονάδες, η μεγαλύτερη συμμετοχή σημειώθηκε από το ΕΠΑΛ Λαγκαδά και το ΕΠΑΛ Νικήτης.

Οι ηλεκτρονικές διευθύνσεις των σχολείων, για την αποστολή του ερωτηματολογίου, ελήφθησαν από τους εκάστοτε διαδικτυακούς τόπους ενώ καταλυτικής σημασίας ήταν η συνδρομή συναδέλφων που έστειλαν το ερωτηματολόγιο σε σχολεία που υπηρέτησαν παλαιότερα προτρέποντας για την συμπλήρωση του. Δεν δόθηκε η δυνατότητα αποστολής μέσω των διευθύνσεων εκπαίδευσης, λόγω του ότι μπορούν να το κάνουν μόνο υπό την προϋπόθεση ότι το παρέλαβαν από το υπουργείο παιδείας και αυτή η προοπτική απαιτεί την πάροδο μεγάλου χρόνου.

2.3 Ερευνητικό εργαλείο

Το ερευνητικό εργαλείο, που χρησιμοποιήθηκε για την συλλογή των δεδομένων, ήταν ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε στο google forms. Η βιβλιογραφική επισκόπηση απετέλεσε την βασική πηγή των ερωτήσεων που κατασκευάστηκαν για της ανάγκες της έρευνας. Η πλειοψηφία των ερωτήσεων είναι κλειστού τύπου, διότι δεν κουράζουν τον αναγνώστη και βοηθούν στην ταχύτερη κατανόηση και απάντηση του ερωτηματολογίου ενώ, όπου κρίθηκε απαραίτητο, χρησιμοποιήθηκαν και ερωτήσεις σύντομης ανάπτυξης.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 38 ερωτήσεις, οι οποίες χωρίζονται σε τέσσερις ενότητες με διαφορετικό σκοπό η καθεμία εξ αυτών.

Ο σκοπός της 1^{ης} ενότητας, που αποτελείται από 8 ερωτήσεις, είναι η συλλογή δημογραφικού τύπου στοιχείων που αφορούν τους εκπαιδευτικούς. Όπως το φύλο, ο τύπος του σχολείου υπηρέτησης, τα έτη προϋπηρεσίας ως εκπαιδευτικός κ.α.

Ο σκοπός της 2^{ης} ενότητας, που αποτελείται από 7 ερωτήσεις, είναι η συλλογή ενεργειακών & κτιριακών δεδομένων του σχολείου υπηρέτησης. Όπως το έτος κατασκευής, το σύστημα θέρμανσης, το σύστημα φωτισμού, οι ενεργειακές αναβαθμίσεις που έχει δεχθεί στο παρελθόν κ.α.

Ο σκοπός της 3^{ης} ενότητας είναι η αξιολόγηση της αποδοτικότητας & αποτελεσματικότητας των χρησιμοποιούμενων συστημάτων και αποτελεί μαζί με την 4^η ενότητα το βασικό μέρος του ερωτηματολογίου. Με 9 ερωτήσεις κλειστού τύπου και 1 ανάπτυξης, δίδεται η δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να αξιολογήσουν την θέρμανση, τον φωτισμό και τον αερισμό του σχολείου τους.

Ο σκοπός της 4^{ης} ενότητας είναι να βολιδοσκοπήσει κατά πρώτο λόγο την στάση των εκπαιδευτικών σε δυνητικές πρακτικές ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων και κατά δεύτερον την δυνατότητα επίτευξης τους. Αποτελείται από 13 ερωτήσεις κλειστού τύπου που καλούν τους εκπαιδευτικούς να εκφράσουν την γνώμη τους για ενεργειακές επεμβάσεις όπως η εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων, η φύτευση της στέγης κ.α.

2.4 Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα έγινε σε δείγμα 116 εκπαιδευτικών υπηρετούντων σε 50 σχολεία διαφόρων περιοχών της Ελλάδας. Το ερωτηματολόγιο, που συντάχθηκε στο google forms, αρχικά προωθήθηκε στις ηλεκτρονικές διεύθυνσης σχολείων του νομού Χαλκιδικής στις 18/12/2022. Μετά την πάροδο 2 εβδομάδων και λόγω της μικρής συμμετοχής, προωθήθηκε και πάλι με την συνδρομή συναδέλφων εκπαιδευτικών σε σχολεία παλαιότερης υπηρετήσης. Στις 20/1/2023 ο αριθμός των απαντημένων ερωτηματολογίων έφτασε τα 116, που είναι και ο καταληκτικός του δείγματος της έρευνας. Δεν υπήρξε συνδρομή των διευθύνσεων εκπαίδευσης λόγω του ότι μπορούν να αποστείλουν ερωτηματολόγια στα σχολεία της δικαιοδοσίας τους μόνο υπό την προϋπόθεση παραλαβής τους από το υπουργείο παιδείας και αυτή η προοπτική απαιτεί την πάροδο πολύ μεγάλου χρονικού διαστήματος.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν λογιστικά φύλλα excel όπου οι λεκτικές απαντήσεις μετατράπηκαν σε τιμές από το 1 μέχρι το 5 έτσι ώστε να μπορεί να γίνει ευκολότερη η επεξεργασία τους. Για την στατιστική περιγραφή χρησιμοποιήθηκαν κυκλικά διαγράμματα, ιστογράμματα, αραχνοειδή διαγράμματα και πίνακες που κατασκευάστηκαν στο excel.

Για καλύτερη πληροφόρηση, υπολογίστηκαν τα μέτρα θέσης & διασποράς των απαντήσεων της 3^{ης} και 4^{ης} ενότητας και κατασκευάστηκαν αραχνοειδή διαγράμματα μέσω των όρων των συνολικών απαντήσεων σε κάθε μια από αυτές τις ενότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

3. Γενικές πληροφορίες για το ερωτηματολόγιο

Το παρόν ερωτηματολόγιο εκπονήθηκε με σκοπό την συλλογή χρήσιμων πληροφοριών σχετικά με ενεργειακά θέματα που αφορούν τις σχολικές μονάδες όλων των βαθμίδων της Ελλάδας. Στην έρευνα συμμετείχαν 116 εκπαιδευτικοί ,που ανήκουν σε 20 διαφορετικούς πανεπιστημιακούς κλάδους και υπηρετούν σε 50 σχολεία. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 38 ερωτήσεις που χωρίζονται σε τέσσερις ενότητες με διαφορετικό σκοπό η καθεμία εξ αυτών. Ο σκοπός της 1^{ης} ενότητας είναι η συλλογή δημογραφικού τύπου στοιχείων που αφορούν τους εκπαιδευτικούς. Ο σκοπός της 2^{ης} ενότητας είναι η συλλογή ενεργειακών & κτιριακών δεδομένων. Ο σκοπός της 3^{ης} ενότητας είναι η αξιολόγηση της αποδοτικότητας & αποτελεσματικότητας των ενεργειακών συστημάτων. Ο κυρίως σκοπός της 4^{ης} ενότητας είναι να βολιδοσκοπήσει την στάση των εκπαιδευτικών σε δυνητικές πρακτικές ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων. Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε στο google forms και προωθήθηκε σε

σχολεία της διεύθυνσης εκπαίδευσης Χαλκιδικής και δυτικής Θεσσαλονίκης. Επίσης, μέσω δικτύου συναδέλφων, προωθήθηκε και σε σχολικές μονάδες που βρίσκονται εκτός των προαναφερόμενων διευθύνσεων εκπαίδευσης.

3.1 - 1^η Ενότητα. Δημογραφικές ερωτήσεις

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η στατιστική περιγραφή των δημογραφικού τύπου ερωτήσεων που αφορούν το φύλο, την εκπαίδευση, την προϋπηρεσία, τον τύπο και το όνομα του σχολείου υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Το σύνολο των ερωτήσεων είναι 8 και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση κυκλικών διαγραμμάτων, πινάκων, καθώς και ιστογραμμάτων που παρουσιάζονται στις υπό-ενότητες που ακολουθούν.

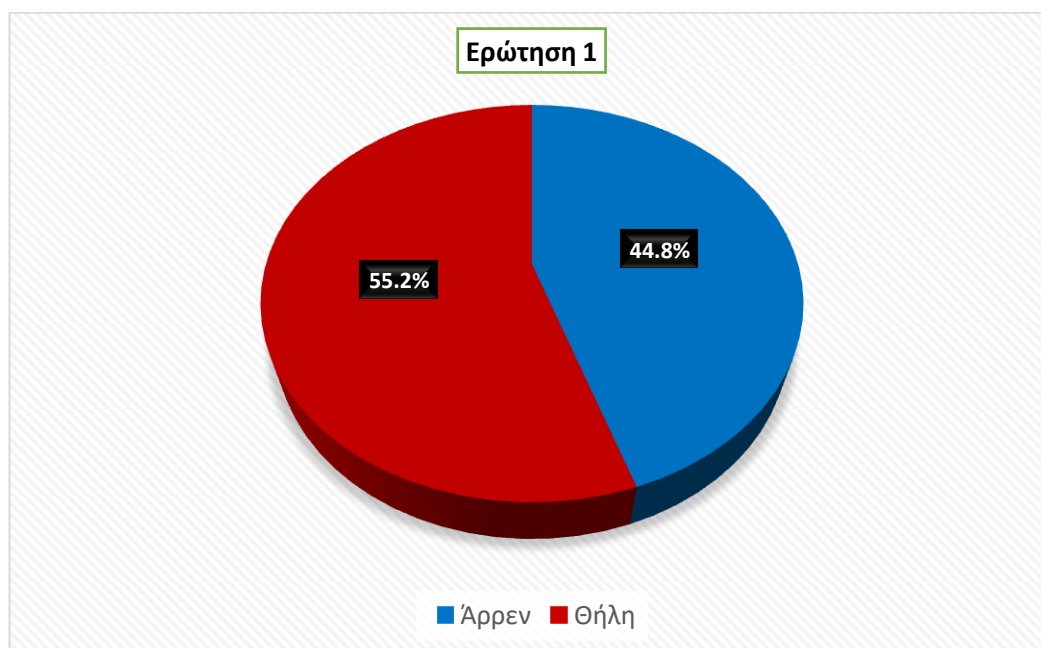
3.1.1 – 1^η Ερώτηση. Φύλο εκπαιδευτικών

Ερώτηση: Φύλο (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Άρρεν
(2) Θήλυ

Στο γράφημα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου δημογραφικής ερώτησης που σχετίζεται με το φύλο των συμμετεχόντων στην έρευνα εκπαιδευτικών. Από τις 116 απαντήσεις του συνόλου των ερωτηθέντων, οι 64 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 55,2% ήταν γυναίκες και οι 52 που αποτελούν το 44,8% άνδρες.

Ο αριθμός των γυναικών που απάντησαν είναι αναλογικά μεγαλύτερος, όπως θα ήταν και το αναμενόμενο, δεδομένου ότι το 67% των εκπαιδευτικών στην Ελλάδα είναι γένους θηλυκού σύμφωνα με πηγές της ΕΛΣΤΑΤ (www.alfavita.gr). Το 67% βέβαια απέχει κατά πολύ από το 55,2%. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το 56,9% των απαντήσεων προέρχονται από ΕΠΑΛ, όπου μόλις το 44% των εκπαιδευτικών είναι γυναίκες.



Γράφημα 3.1: Φύλο των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα

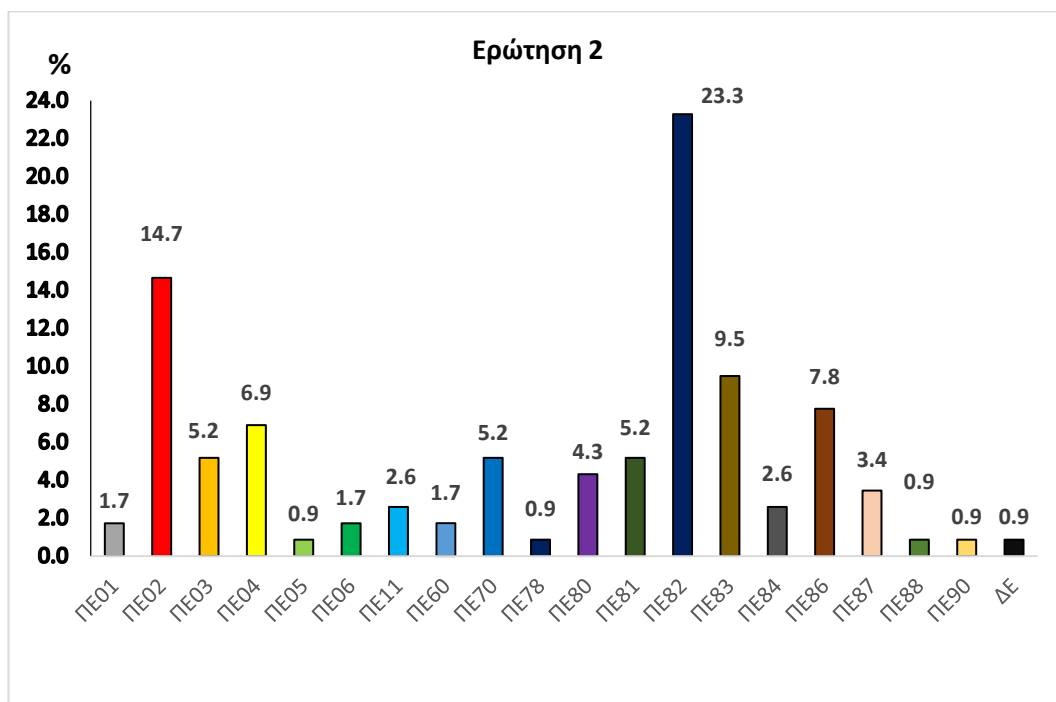
3.1.2 – 2ή Ερώτηση. Κλάδος Πανεπιστημιακής Εκπαίδευσης

Ερώτηση: Σε ποιόν κλάδο ΠΕ ανήκετε; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: Ως απάντηση, ο συμμετέχων στην έρευνα εκπαιδευτικός, αναγράφει τον διψήφιο αριθμό που χαρακτηρίζει τον πανεπιστημιακής εκπαίδευσης (ΠΕ) κλάδο που ανήκει. Αν για παράδειγμα είναι μηχανολόγος μηχανικός ΠΕ82, στο κελί που προσφέρεται για απάντηση αναγράφει 82.

Στο γραφήματα 3.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου δημογραφικής ερώτησης που σχετίζεται με τον κλάδο ΠΕ στον οποίο ανήκουν οι εκπαιδευτικοί. Από το δείγμα των 116 εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα 2 εκπαιδευτικοί (1,7% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ01 θεολόγων, 17 εκπαιδευτικοί (14,7% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ02 φιλόλογων, 6 εκπαιδευτικοί (5,2% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ03 μαθηματικών, 8 εκπαιδευτικοί (6,9% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ04 φυσικών επιστημών, 1 εκπαιδευτικός (0,9% του συνόλου) υπάγεται στον κλάδο ΠΕ05 Γαλλικής φιλολογίας, 2 εκπαιδευτικοί (1,7% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ06 Αγγλικής φιλολογίας, 3 εκπαιδευτικοί (2,6% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ11 φυσικής αγωγής, 2 εκπαιδευτικοί (1,7% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ60 νηπιαγωγών, 6 εκπαιδευτικοί (5,2% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ70 δασκάλων, 1 εκπαιδευτικός (0,9% του συνόλου) υπάγεται στον κλάδο ΠΕ78 κοινωνικών επιστημών, 5 εκπαιδευτικοί (4,3% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ80 οικονομίας, 6 εκπαιδευτικοί (5,2% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ81 πολιτικών μηχανικών και αρχιτεκτόνων, 27 εκπαιδευτικοί (23,3% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ82 μηχανολόγων, 11 εκπαιδευτικοί (9,5% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ83 ηλεκτρολόγων, 3 εκπαιδευτικοί (2,6% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ84 ηλεκτρονικών, 9 εκπαιδευτικοί (7,8 % του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ86 πληροφορικής, 4 εκπαιδευτικοί (3,4% του συνόλου) υπάγονται στον κλάδο ΠΕ87 υγείας πρόνοιας και ευεξίας, 1 εκπαιδευτικός (0,9% του συνόλου) υπάγεται στον κλάδο ΠΕ88 γεωπονίας διατροφής και περιβάλλοντος, 1 εκπαιδευτικός (0,9% του συνόλου) υπάγεται στον κλάδο ΠΕ90 ναυτικών μαθημάτων και 1 εκπαιδευτικός υπάγεται στην κατηγορία εργαστηριακών καθηγητών ΔΕ (δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης).

Το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων 23,3% προέρχεται από τον κλάδο ΠΕ82 μηχανολόγων ενώ το 52% προέρχεται από κλάδους ειδικοτήτων επαγγελματικών λυκείων. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο διότι το 56,9% των απαντήσεων προέρχεται από εκπαιδευτικούς ΕΠΑΛ.



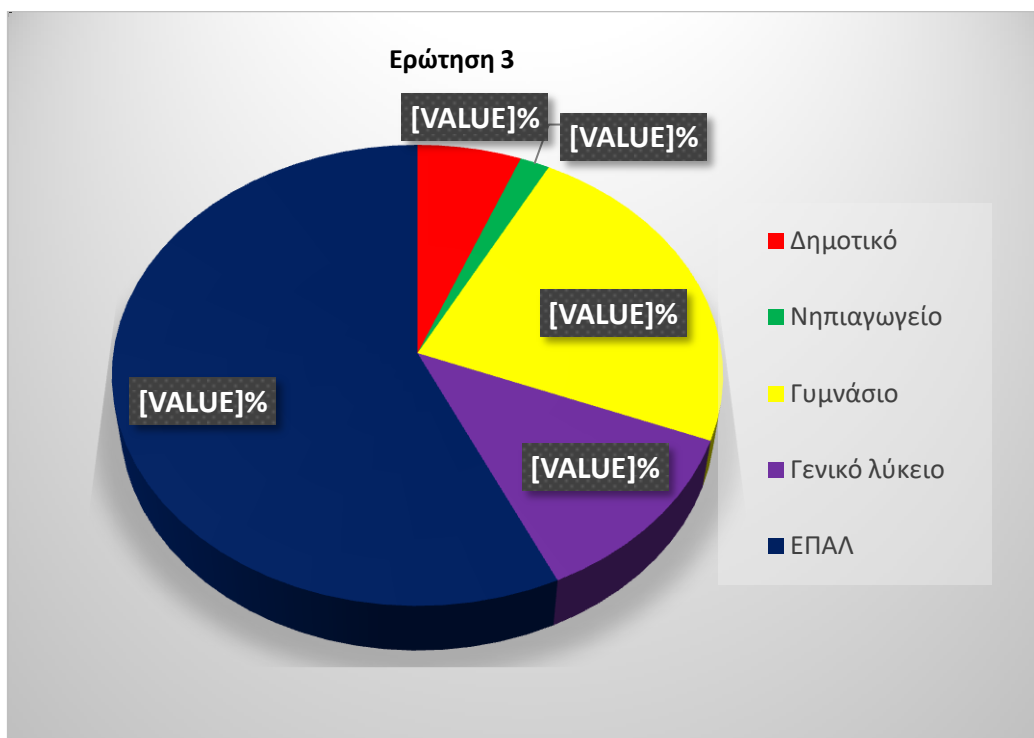
Γράφημα 3.2: Ποσοστό εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ανά κλάδο

3.1.3 – 3ή Ερώτηση. Τύπος σχολείου υπηρετήσης

Ερώτηση: Τύπος σχολείου που εργάζεστε; (Υποχρεωτικής απάντησης)

- Δυνατές απαντήσεις:
- (1) Νηπιαγωγείο
 - (2) Δημοτικό
 - (3) Γυμνάσιο
 - (4) Γενικό Λύκειο
 - (5) ΕΠΑΛ
 - (6) Ειδικό

Στο γράφημα 3.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου δημογραφικής ερώτησης που σχετίζεται με το ποσοστό των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ανά τύπο σχολείου. Οι 66 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 56,9% του γενικού συνόλου (116) εργάζονται σε ΕΠΑΛ, οι 14 που αποτελούν το 12,1% εργάζονται σε γενικά λύκεια, οι 27 που αποτελούν το 23,3% εργάζονται σε γυμνάσια, οι 7 που αποτελούν το 6% εργάζονται σε δημοτικά, οι 2 που αποτελούν το 1,7% εργάζονται σε νηπιαγωγεία ενώ δεν υπήρξε καμία απάντηση από ειδικά σχολεία.



Γράφημα 3.3

Ποσοστό εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ανά τύπο σχολείου

3.1.4 – 4ή Ερώτηση. Έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες

Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες.
(Υποχρεωτικής απάντησης)

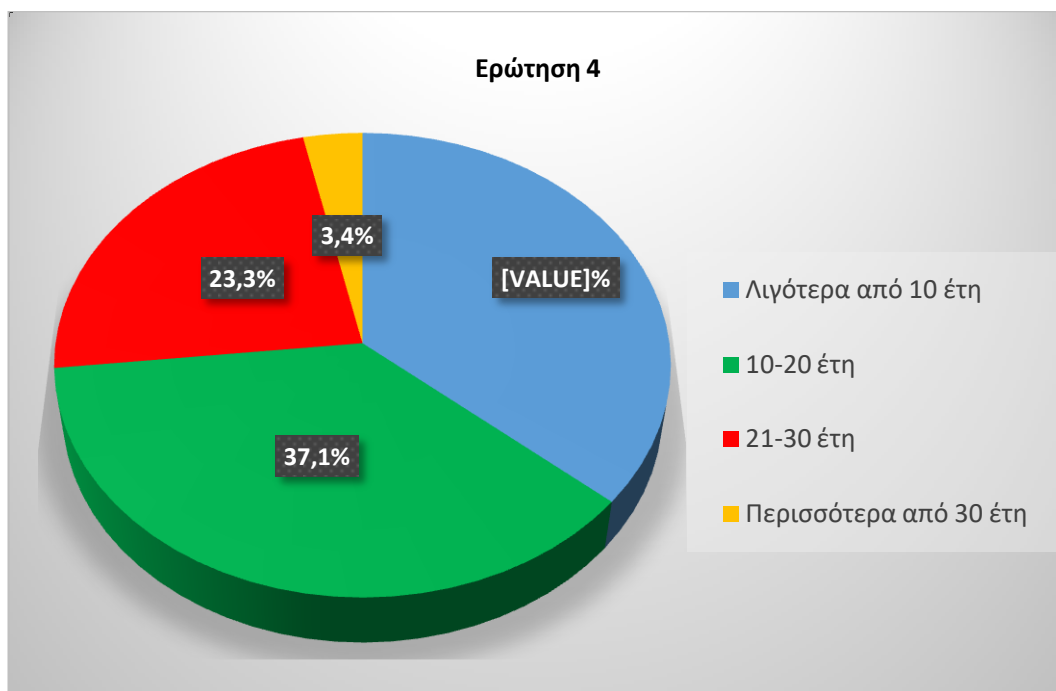
Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερο από 10 έτη.

(2) 10 – 20 έτη.

(3) 21 – 30 έτη.

(4) Περισσότερα από 30 έτη.

Στο γράφημα 3.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι 42 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 36,2% του δείγματος έχουν προϋπηρεσία μικρότερη των 10 ετών, οι 43 που αποτελούν το 37,1% έχουν 10 – 20 έτη, οι 27(23,3%) έχουν 21 – 30 έτη και 4(3,4%) έχουν περισσότερο από 30 έτη προϋπηρεσία.



Γράφημα 3.4

Έτη υπηρετήσεως σε σχολικές μονάδες των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα

3.1.5 – 5ή Ερώτηση. Σχολική μονάδα υπηρετήσεως

Ερώτηση: Σχολική μονάδα υπηρετήσεως. (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: Ως απάντηση, ο συμμετέχων στην έρευνα εκπαιδευτικός αναγράφει το όνομα του σχολείου όπου υπηρετεί.

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου δημογραφικής ερώτησης που σχετίζεται με το σχολείο υπηρετήσεως των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής 32% (37 εκπαιδευτικοί) προέρχεται από σχολεία του νομού Θεσσαλονίκης, ακολουθεί ο νομός Χαλκιδικής με ποσοστό 27,5% (32 εκπαιδευτικοί) και τρίτος κατά σειρά είναι ο νομός Αττικής με 9,5% (11 εκπαιδευτικοί). Στην έρευνα συμμετείχαν εκπαιδευτικοί και από άλλους νομούς όπως Κιλκίς, Βέροιας, Δράμας, Σερρών άλλα και από νησιά όπως Ικαρία, Λέρο, Σάμο, Λήμνο, Ρόδο κ.α.

Η μεγαλύτερη συμμετοχή σημειώθηκε από το ΕΠΑΛ Λαγκαδά με ποσοστό 13% (15 εκπαιδευτικοί), ακολουθήσε το ΕΠΑΛ Νικήτης με 8,6% (10 εκπαιδευτικοί), μετά το 9^ο ΕΠΑΛ Πειραιά και γυμνάσιο Πολυγύρου από 5% (6 + 6 εκπαιδευτικοί) και τέλος το Εσπερινό ΕΠΑΛ Ευόσμου και το Γυμνάσιο Λιβαδοχωρίου Λήμνου από 4,3% (5 + 5 εκπαιδευτικοί). Στο τέλος κάθε πίνακα, ως διάφορα, αναφέρονται οι καταχωρήσεις όπου δεν γίνεται με ακρίβεια σαφές ποιο είναι το σχολείο υπηρετήσεως. Όπως για παράδειγμα 8^ο ΕΠΑΛ, 15^ο ΕΠΑΛ, 1^ο Λύκειο κ.α. Οι συνολικές απαντήσεις με μικρό βαθμό σαφήνειας είναι 12 και αποτελούν το 10,3%.

ΕΠΑΛ	
Σχολική μονάδα υπηρετήσης	Αριθμός εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα
ΕΠΑΛ ΛΑΓΚΑΔΑ	15
ΕΠΑΛ ΝΙΚΗΤΗΣ	10
9 ΕΠΑΛ ΠΕΙΡΑΙΑ	6
ΕΣΠΕΡ ΕΠΑΛ ΕΥΟΣΜΟΥ	5
1ο ΕΠΑΛ ΚΑΛΑΜΑΡΙΑΣ	3
ΕΠΑΛ ΑΡΝΑΙΑΣ	2
ΕΠΑΛ ΠΟΛΥΓΥΡΟΥ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	2
13 ΕΣΠΕΡΙΝΟ ΕΠΑΛ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	2
ΕΠΑΛ ΣΕΡΡΩΝ	2
ΕΠΑΛ Ν ΜΟΥΔΑΝΙΩΝ	2
ΕΠΑΛ ΙΚΑΡΙΑΣ	1
ΕΣΠΕΡΙΝΟ ΕΠΑΛ ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗΣ	1
1ο ΕΠΑΛ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	1
ΕΠΑΛ ΚΡΕΣΤΕΝΑΣ	1
2ο ΕΣΠΕΡΙΝΟ ΕΠΑΛ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	1
2 ΕΠΑΛ ΚΙΑΚΙΣ	1
ΕΠΑΛ ΜΥΡΙΝΑΣ	1
ΕΠΑΛ ΠΛΩΜΑΡΙΟΥ	1
ΙΕΚ ΘΕΡΜΗΣ	1
ΔΙΑΦΟΡΑ	8
Σύνολο εκπαιδευτικών ΕΠΑΛ	66
ΓΕΝΙΚΑ ΛΥΚΕΙΑ	
Σχολική μονάδα υπηρετήσης	Αριθμός εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα
ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΑΡΝΑΙΑΣ	2
ΓΕΛ ΣΑΜΟΥ	2
24ο ΓΕΛ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	1
ΓΕΛ ΟΡΜΥΔΙΑΣ	1
2ο ΓΕΛ ΜΙΚΡΑΣ	1
ΕΣΠΕΡΙΝΟ ΛΕΡΟΥ	1
ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΝΕΑΠΟΛΗΣ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1
4ο ΓΕΛ ΣΕΡΡΩΝ	1
ΓΕΛ ΣΑΜΟΥ	1
8 ΓΕΛ ΠΕΙΡΑΙΑ	1
ΔΙΑΦΟΡΑ	2
Σύνολο εκπαιδευτικών γενικού λυκείου	14
ΓΥΜΝΑΣΙΑ	
Σχολική μονάδα υπηρετήσης	Αριθμός εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΠΟΛΥΓΥΡΟΥ	6

ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΛΙΒΑΔΟΧΩΡΙΟΥ ΔΗΜΝΟΥ	5
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΝΙΚΗΤΗΣ	3
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΟΡΜΥΛΙΑΣ	2
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΕΓΙΟ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	2
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΜΟΥΔΡΟΥ	1
2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΣΤΑΥΡΟΥΠΟΛΗΣ	1
5ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΒΕΡΟΙΑΣ	1
6ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΡΟΔΟΥ	1
2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΜΙΚΡΑΣ	1
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΝΕΟΥ ΜΑΡΜΑΡΑ	1
2ο ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΔΡΑΜΑΣ	1
ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΜΥΡΙΝΑΣ	1
ΔΙΑΦΟΡΑ	1
Σύνολο εκπαιδευτικών γυμνασίου	27
ΔΗΜΟΤΙΚΑ	
Σχολική μονάδα υπηρετήσης	Αριθμός εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα
3 ΔΣ ΑΧΑΡΝΩΝ	1
ΔΣ ΠΑΡΑΝΕΣΤΙΟΥ	1
50ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ	1
3ο ΔΣ ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟΥ	1
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΠΕΤΡΟΚΕΦΑΛΙΟΥ	1
ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΝΕΑΣ ΠΟΤΙΔΑΙΑΣ	1
ΔΙΑΦΟΡΑ	1
Σύνολο εκπαιδευτικών γυμνασίου	7
ΝΗΣΙΑΓΩΓΕΙΑ	
Σχολική μονάδα υπηρετήσης	Αριθμός εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα
2ο ΝΗΣΙΑΓΩΓΕΙΟ ΗΛΙΟΥΠΟΛΗΣ	1
2ο ΝΗΣΙΑΓΩΓΕΙΟ ΚΑΛΑΜΑΡΙΑΣ	1
Σύνολο εκπαιδευτικών γυμνασίου	2
Γενικό Σύνολο εκπαιδευτικών	116

Πίνακας 3.1: Σχολείο υπηρετήσης εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα

3.1.6 – 6ή Ερώτηση. Υπηρετήση σε θέση ευθύνης

Ερώτηση: Έχετε υπηρετήσει σε θέση ευθύνης; (Διευθυντής/Διευθύντρια - Υποδιευθυντής/Υποδιευθύντρια)

(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Ναι.

(2) Όχι.

Στο γράφημα 3.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με το αν οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν στην έρευνα έχουν υπηρετήσει ως διευθυντές/διευθύντριες ή υποδιευθυντές/υποδιευθύντριες. Οι 18 από τους 116 εκπαιδευτικούς έχουν υπηρετήσει σε θέση ευθύνης και

αποτελούν το 15,5% του συνόλου. Η συνδρομή εκπαιδευτικών σε διευθυντικές θέσεις είναι ιδιαίτερα σημαντική στην συγκεκριμένη έρευνα λόγω του ότι φέρουν υπό την ευθύνη τους τις κτιριακές υποδομές της σχολικής μονάδας και γνωρίζουν συνήθως με μεγαλύτερη ακρίβεια, τυχόν ενεργειακές επεμβάσεις που έχει δεχθεί το σχολικό κτίριο στο παρελθόν.



Γράφημα 3.5: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση ευθύνης

3.1.7 – 7ή Ερώτηση. Συνολικά έτη υπηρετήσης ως διευθυντής/διευθύντρια

Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσης ως διευθυντής/διευθύντρια.

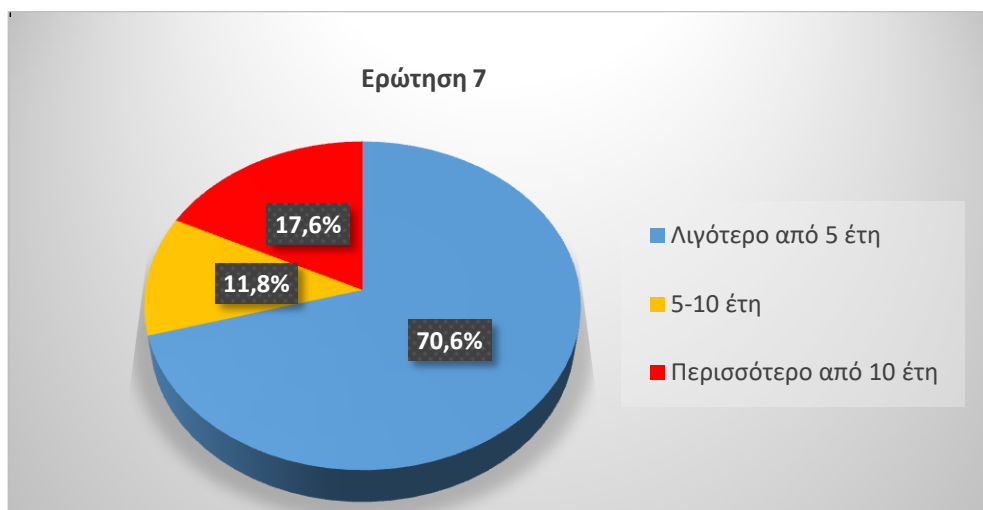
(Προαιρετικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερα από 5 έτη.

(2) 5 – 10 έτη.

(3) Περισσότερα από 10 έτη.

Στο γράφημα 3.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προαιρετικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με τα χρόνια προϋπηρεσίας σε θέση διευθυντή ή διευθύντριας των εκπαιδευτικών που απάντησαν ΝΑΙ στην 6^η ερώτηση. Από τους 18 εκπαιδευτικούς που έχουν υπηρετήσει σε θέση ευθύνης, οι 17 έχουν διατελέσει διευθυντές/διευθύντριες σχολείου. Οι 12 από αυτούς (70,6%) έχουν προϋπηρεσία μικρότερη των 5 ετών, οι 2 (11,8%) προϋπηρεσία 5 – 10 έτη και οι 3 (17,6%) άνω των 10 ετών.



Γράφημα 3.6: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση διευθυντή/διευθύντριας

3.1.8 – 8ή Ερώτηση. Συνολικά έτη υπηρετήσης ως υποδιευθυντής/ υποδιευθύντρια

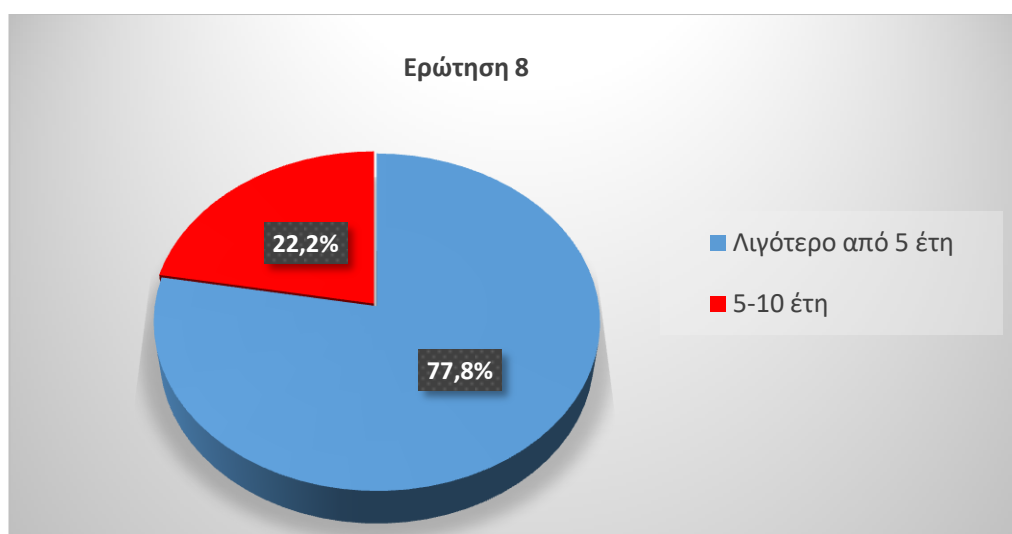
Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσης ως υποδιευθυντής/υποδιευθύντρια. (Προαιρετικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερα από 5 έτη.

(2) 5 – 10 έτη.

(3) Περισσότερα από 10 έτη.

Στο γράφημα 3.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προαιρετικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με τα χρόνια προϋπηρεσίας σε θέση υποδιευθυντή ή υποδιευθύντριας των εκπαιδευτικών που απάντησαν ΝΑΙ στην 6^η ερώτηση. Από τους 18 εκπαιδευτικούς που έχουν υπηρετήσει σε θέση ευθύνης, και οι 18 έχουν διατελέσει υποδιευθυντές ή υποδιευθύντριες σχολείου. Οι 14 από αυτούς (77,8%) έχουν προϋπηρεσία μικρότερη των 5 ετών, οι 4 (22,2%) προϋπηρεσία 5 – 10 έτη ενώ κανείς δεν έχει προϋπηρεσία άνω των 10 ετών.



Γράφημα 3.7: Υπηρετήση εκπαιδευτικών σε θέση υποδιευθυντή/υποδιευθύντριας

3.2 - 2^η Ενότητα. Κτιριακά & ενεργειακά στοιχεία σχολικών μονάδων.

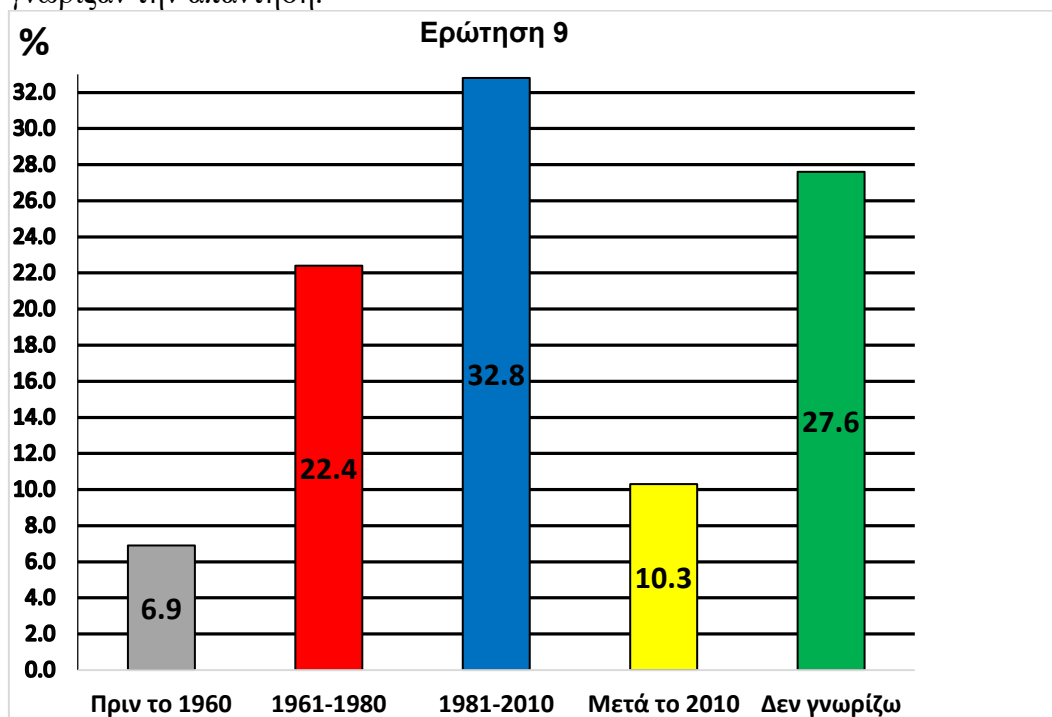
Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η στατιστική περιγραφή των ερωτήσεων που αφορούν τα ενεργειακά & κτιριακά στοιχεία των σχολικών μονάδων υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Το σύνολο των ερωτήσεων είναι 7 και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση κυκλικών διαγραμμάτων και ιστογραμμάτων που παρουσιάζονται στις υπό-ενότητες που ακολουθούν.

3.2.1 – 9^η Ερώτηση. Χρονολογία κατασκευής σχολείου υπηρετήσης

Ερώτηση: Πότε κατασκευάστηκε η σχολική μονάδα στην οποία υπηρετείται; (Υποχρεωτικής απάντησης)

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Πριν το 1960.
(2) 1961 - 1980.
(3) 1981 - 2010
(4) Μετά το 2010.
(5) Δεν γνωρίζω.

Στο γράφημα 3.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με έτος κατασκευής της σχολικής μονάδας υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι 8 εκπαιδευτικοί (6,9%) απάντησαν ότι σχολικές τους μονάδες έχουν κατασκευαστεί πριν το 1960, οι 26 (22,4%) μεταξύ 1961 - 1980, οι 38 (32,8%) μεταξύ 1980 – 2010, οι 12 (10,3%) μετά το 2010 ενώ 32 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 27,6% του συνόλου δεν γνώριζαν την απάντηση.



Γράφημα 3.8: Έτος κατασκευής σχολικής μονάδας

3.2.2 – 10ή Ερώτηση. Βαθμίδες που συστεγάσης

Ερώτηση: Επιλέξτε τις σχολικές βαθμίδες που συστεγάζονται στο σχολικό συγκρότημα που υπηρετείται (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Νηπιαγωγείο.

(2) Δημοτικό.

(3) Γυμνάσιο.

(4) Γενικό λύκειο.

(5) Επαγγελματικό λύκειο.

(6) Εσπερινό λύκειο.

Στο γράφημα 3.9 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με τις σχολικές βαθμίδες που στεγάζονται στο σχολικό συγκρότημα υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Από τους συνολικά 116 εκπαιδευτικούς, οι 3 (2,6%) υπηρετούν σε σχολείο όπου στεγάζεται μόνο νηπιαγωγείο, οι 3 (2,6%) μόνο δημοτικό, οι 15 (12,9%) μόνο γυμνάσιο, οι 14 (12,1%) μόνο γενικό λύκειο, οι 41 (35,3%) μόνο ΕΠΑΛ, ο ένας (0,9%) μόνο εσπερινό λύκειο, οι 3 (2,6%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται νηπιαγωγείο και δημοτικό, οι 17 (14,7%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται ΕΠΑΛ και εσπερινό λύκειο, οι 2 (1,7%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται γενικό λύκειο και ΕΠΑΛ, οι 8 (6,9%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται γυμνάσιο και γενικό λύκειο, οι 4% (3,4%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται γυμνάσιο, γενικό λύκειο και ΕΠΑΛ. Τέλος, 5 εκπαιδευτικοί υπηρετούν σε σχολικές μονάδες όπου παρουσιάζεται ο ακόλουθος συνδυασμός συστεγάσης:

1 - Δημοτικό, γυμνάσιο, γενικό λύκειο.

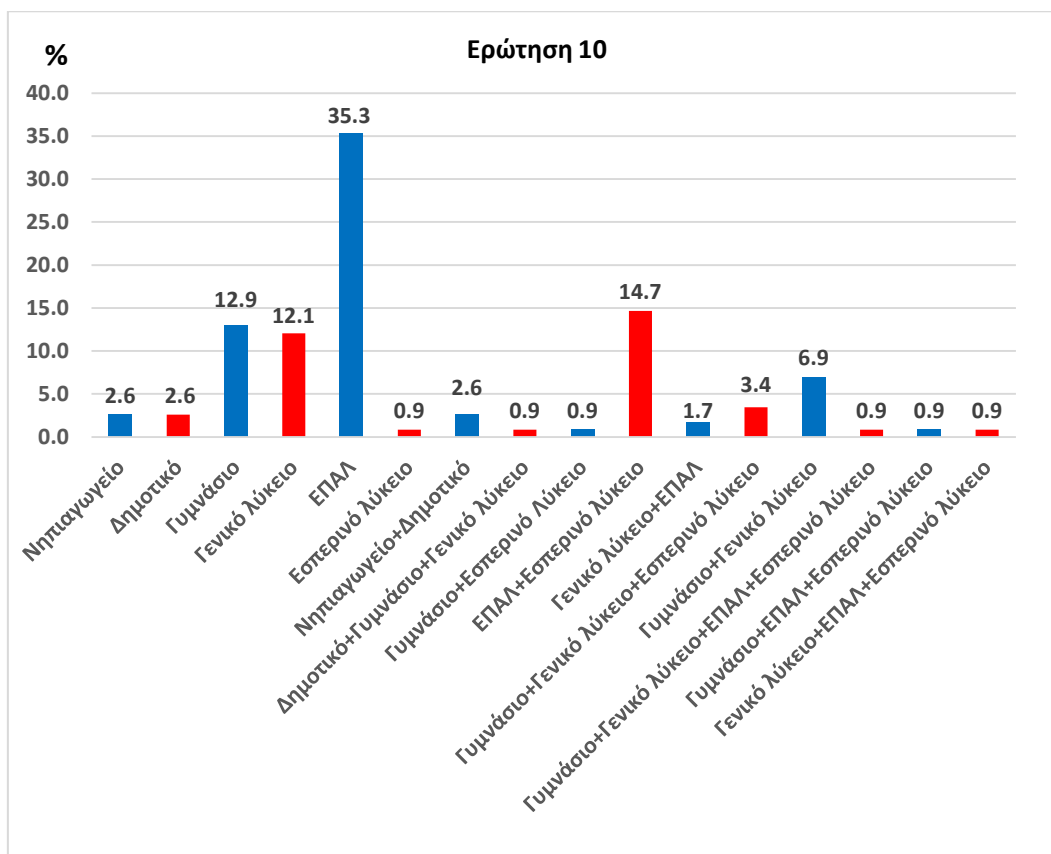
2 - Γυμνάσιο, εσπερινό λύκειο.

3 - Γυμνάσιο, ΕΠΑΛ, εσπερινό λύκειο.

4 - Γυμνάσιο, γενικό λύκειο, ΕΠΑΛ, εσπερινό λύκειο.

5 – Γενικό λύκειο, ΕΠΑΛ, εσπερινό λύκειο.

Παρατηρούμε ότι 77 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 66,4% του εξεταζόμενου συνόλου, υπηρετούν σε σχολείο όπου στεγάζεται μια μόνο σχολική βαθμίδα ενώ οι 39 (33,6%) σε κτίριο όπου συστεγάζονται από δύο έως και τέσσερις βαθμίδες. Επίσης οι 26 εκπαιδευτικοί, που αποτελούν το 22,4% του συνόλου, εργάζονται σε κτίρια όπου λειτουργούν εσπερινά σχολεία που αυξάνουν τις ώρες λειτουργίας και τα ενεργειακά κόστη. Στην τελευταία περίπτωση, τυχόν ενεργειακές αναβαθμίσεις θα μπορούσαν να επιφέρουν ταχύτερη απόσβεση επένδυσης.



Γράφημα 3.9: Βαθμίδες συστέγασης σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης

3.2.3 – 11ή Ερώτηση. Σύστημα θέρμανσης

Ερώτηση: Ποιο σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιείται στο σχολικό σας συγκρότημα ; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Λέβητας πετρελαίου.

(2) Λέβητας αερίου.

(3) Λέβητας βιομάζας.

(4) Αντλία θερμότητας.

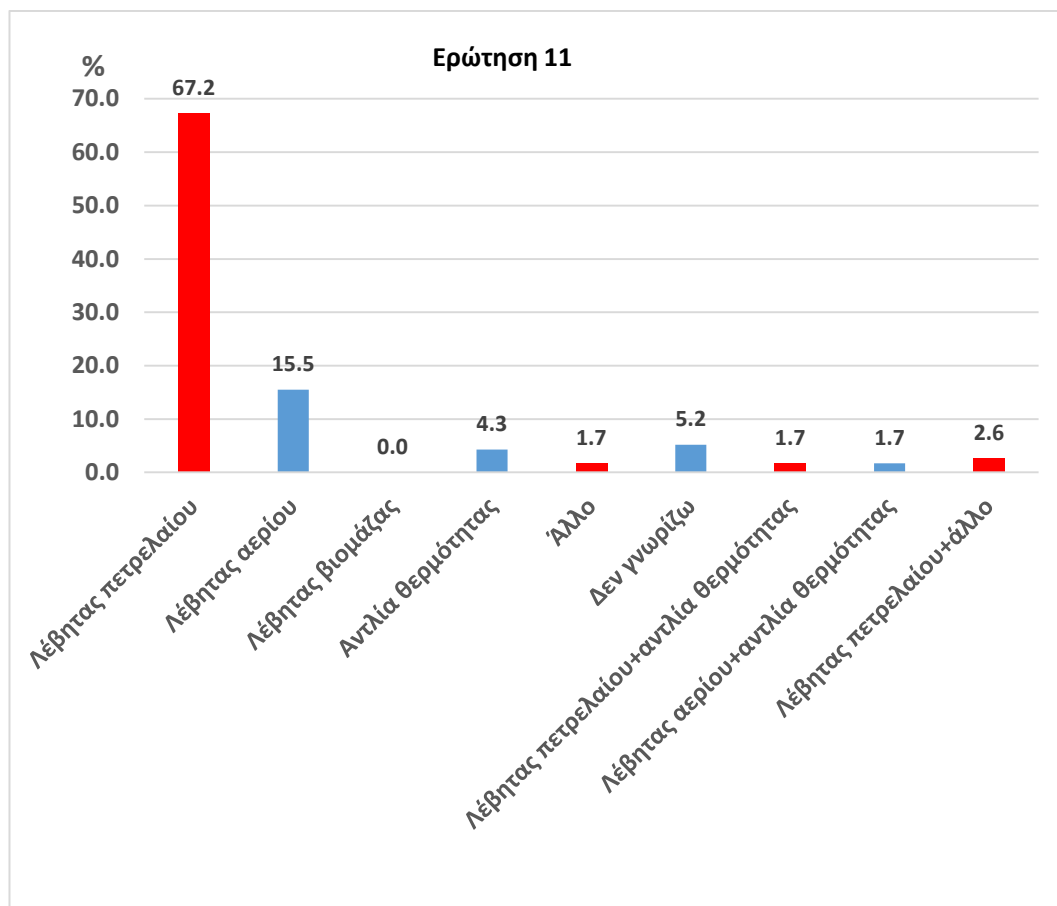
(5) Άλλο.

(6) Δεν γνωρίζω.

Στο γράφημα 3.10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με το σύστημα θέρμανσης του σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι 78 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 67,2% του δείγματος, υπηρετούν σε σχολεία όπου χρησιμοποιείται για την θέρμανση λέβητας πετρελαίου, οι 18 (15,5%) υπηρετούν σε σχολείο με λέβητα αερίου, οι 5 (4,3%) με αντλία θερμότητας, οι 2 (1,7%) σε συνδυασμένο σύστημα λέβητα πετρελαίου και αντλίας θερμότητας, οι 2 (1,7%) σε συνδυασμένο σύστημα λέβητα αερίου και αντλίας θερμότητας, οι 2 (1,7) εργάζονται σε σχολείο με κάποιο άλλο σύστημα θέρμανσης, οι 2 (1,7%) σε συνδυασμένο σύστημα λέβητα πετρελαίου με κάτι άλλο σε σχέση με όλα τα παραπάνω, 6 (5,2%) εκπαιδευτικοί δεν γνωρίζουν τι σύστημα θέρμανσης έχει το

σχολείο τους και κανένας εκπαιδευτικός δεν εργάζεται σε σχολείο όπου χρησιμοποιείται λέβητας βιομάζας.

Οι τιμές που προέκυψαν ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα παλαιότερης έρευνας σύμφωνα με την οποία: Η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι η χρήση λέβητα πετρελαίου στο 71,4% των σχολείων ενώ λέβητας βιομάζας χρησιμοποιείται μόλις στο 0,3% (G.Droutsa et al. 2020).



Γράφημα 3.10: Σύστημα θέρμανσης σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης

3.2.4 – 12ή Ερώτηση. Τύπος λαμπτήρων

Ερώτηση: Ποιος τύπος λαμπτήρων χρησιμοποιείται κατά πλειοψηφία στο σχολείο που υπηρετείται;

(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Οικονομίας φθορίου.

(2) Οικονομίας LED.

(3) Λαμπτήρες πυρακτώσεως.

(4) Άλλο.

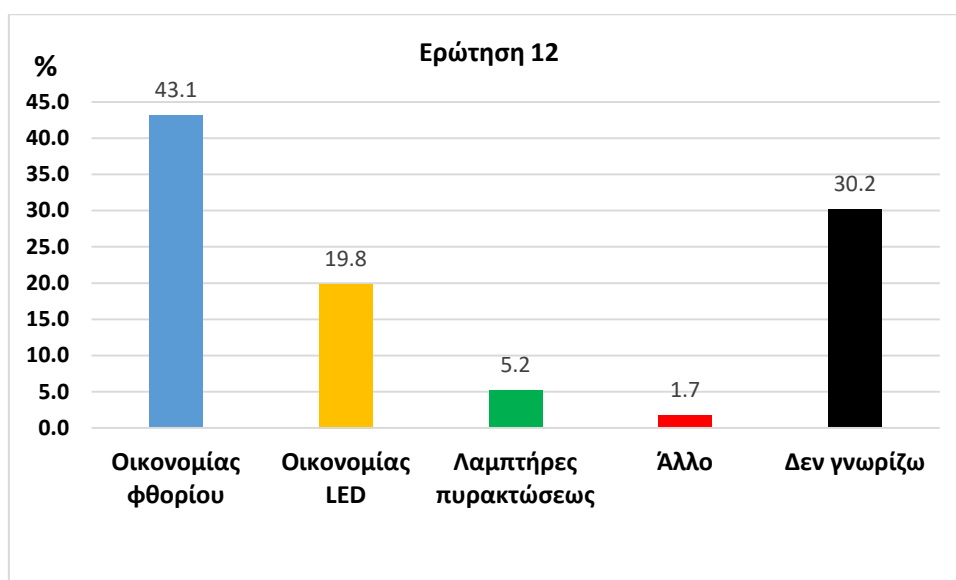
(5) Δεν γνωρίζω.

Στο γράφημα 3.11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με τον τύπο λαμπτήρων του σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι 50 εκπαιδευτικοί, που αποτελούν το 43,1% του δείγματος, υπηρετούν σε σχολεία όπου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες οικονομίας φθορίου, οι 23 (19,8%) σε σχολεία

με λαμπτήρες οικονομίας LED, οι 6 (5,2%) με λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι 2 (1,7%) δηλώνουν ότι το σχολείο τους χρησιμοποιεί άλλου τύπου λαμπτήρες ενώ 35 (30,2%) δεν γνωρίζουν την απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα.

Παρατηρούμε ότι οι λαμπτήρες φθορισμού εξακολουθούν να καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τον φωτισμό των σχολικών αιθουσών ενώ εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως. Στην πραγματικότητα η χρήση τους συνεχώς μειώνεται και σε αυτό έχουν συμβάλει κατά πολύ τα εκάστοτε προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων.

Σύμφωνα με έρευνες, οι λαμπτήρες LED είναι κατά πολύ πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες φθορισμού ακόμα και αν οι τελευταίοι είναι νέας τεχνολογίας (L.T Doulos et al. 2019). Αυτό θα πρέπει να το λαμβάνουμε σοβαρά υπόψη δεδομένου ότι στην χώρα μας καταναλώνονται 78000 MWh ηλεκτρικού ρεύματος από τις σχολικές μονάδες ετησίως. Επιπρόσθετα, η συντριπτική πλειοψηφία αυτής της ενέργειας καταναλώνεται για φωτισμό αιθουσών (ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ, ΤΣΑΟΥΣΗ. 2014).



Γράφημα 3.11: Τύπος λαμπτήρων σχολικής μονάδας υπηρετήσης

3.2.5 – 13ή Ερώτηση. Τύπος υαλοπινάκων

Ερώτηση: Τι τύπου υαλοπίνακες διαθέτουν τα παράθυρα του σχολείου που υπηρετείτε;

(Υποχρεωτικής απάντησης)

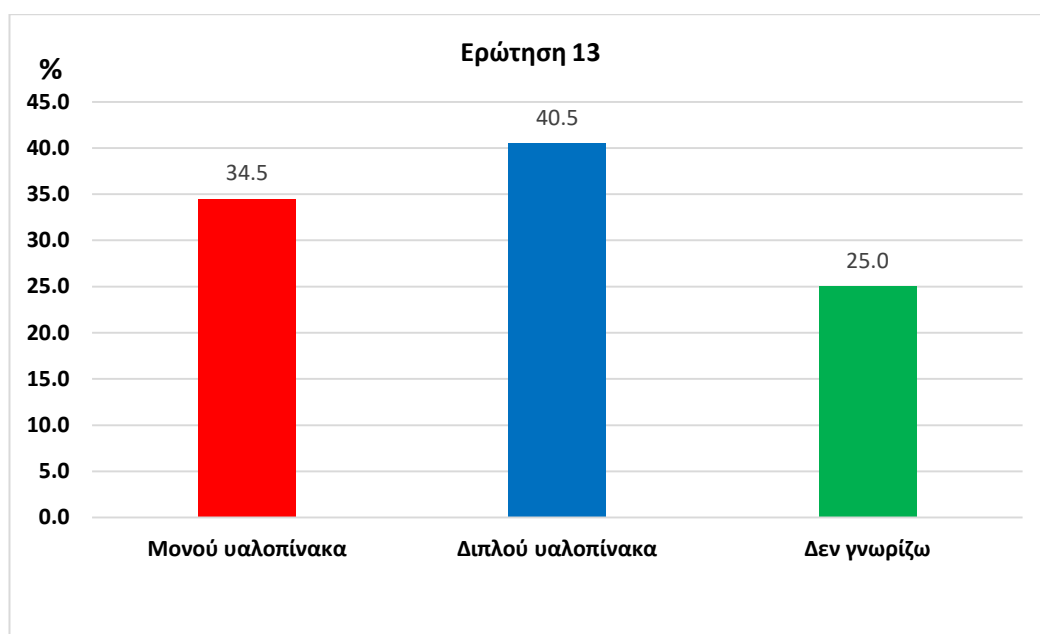
Δυνατές απαντήσεις: (1) Μονού υαλοπίνακα.

(2) Διπλού υαλοπίνακα.

(3) Δεν γνωρίζω.

Στο γράφημα 3.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με τον τύπο υαλοπινάκων του σχολικού συγκροτήματος υπηρετήσης των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι 40 εκπαιδευτικοί, που αποτελούν το 34,5% του δείγματος, υπηρετούν σε σχολεία που διαθέτουν μονούς υαλοπίνακες, οι 47 (40,5%) υπηρετούν σε σχολεία με διπλούς υαλοπίνακες ενώ 29 δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν την απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημάνουμε ότι πιθανόν να υπάρχει σφάλμα όσο αφορά την απάντηση ότι το 34,5% των σχολείων φέρει μονούς υαλοπίνακες. Το συμπέρασμα πηγάζει από το γεγονός ότι μόνο το 29,3% των εξεταζόμενων κτιρίων είναι κατασκευασμένα πριν το 1980 όπου δεν ίσχυε ο κανονισμός θερμομόνωσης και ότι τα σχολεία που κατασκευάστηκαν μετά το 1980 φέρουν διπλούς υαλοπίνακες. Κατόπιν προσεκτικής επεξεργασίας των απαντήσεων σε σχολεία όπου έχει τύχει να υπηρετήσω προσωπικά, εντόπισα ότι ένα ποσοστό της τάξης του 20% έδωσε λάθος απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα. Αν θεωρήσουμε ότι αυτό το ποσοστό σφάλματος είναι γενικευμένο, τότε μπορούμε να δικαιολογήσουμε την ύπαρξη αυτής της απόκλισης.



Γράφημα 3.12: Τύπος υαλοπινάκων σχολικής μονάδας υπηρετήσης

3.2.6 – 14ή Ερώτηση. Συμμετοχή σε πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης

Ερώτηση: Έχει συμμετέχει το σχολείο στο οποίο υπηρετείται σε κάποιο πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης;

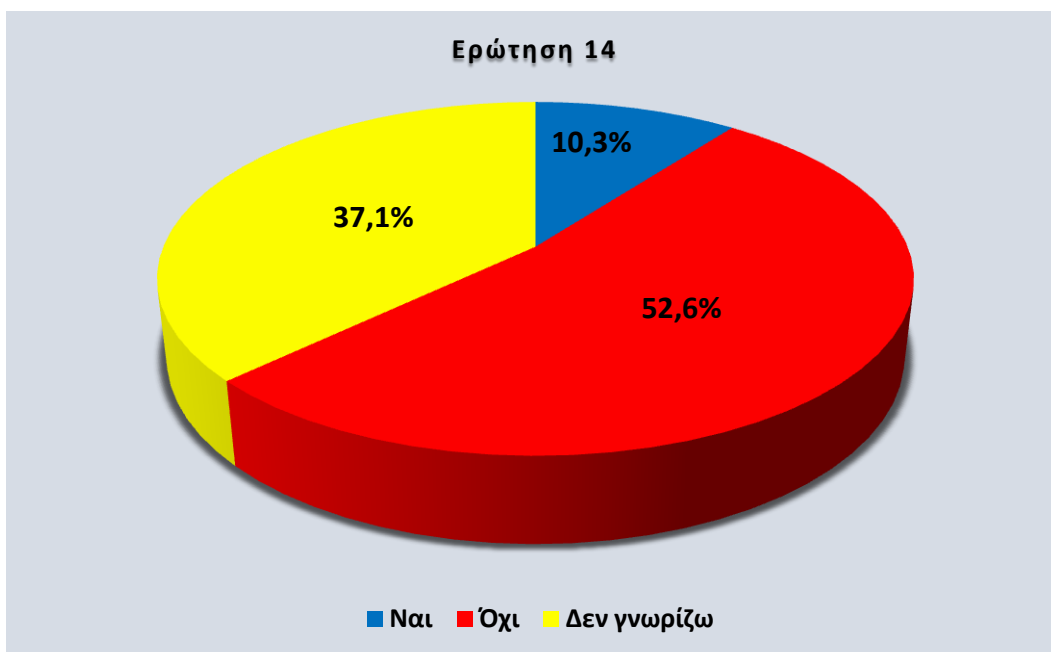
(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Ναι.

(2) Όχι.

(3) Δεν γνωρίζω.

Στο γράφημα 3.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υποχρεωτικού τύπου ερώτησης που σχετίζεται με την συμμετοχή των σχολικών μονάδων υπηρετήσης σε προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης. Μόλις 12 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 10,3% του δείγματος δήλωσαν ότι το σχολείο τους έχει συμμετάσχει σε πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης, 61(52,6%) δηλώνουν ότι ουδέποτε το σχολείο τους έχει συμμετάσχει σε πρόγραμμα αυτού του είδους και 43(37,1%) δεν γνωρίζουν, άρα δεν είναι και σε θέση να απαντήσουν.



Γράφημα 3.13

Συμμετοχή σχολικών μονάδων σε προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης

3.2.7 – 15ή Ερώτηση. Ενεργειακά αναβαθμισμένα κτιριακά στοιχεία

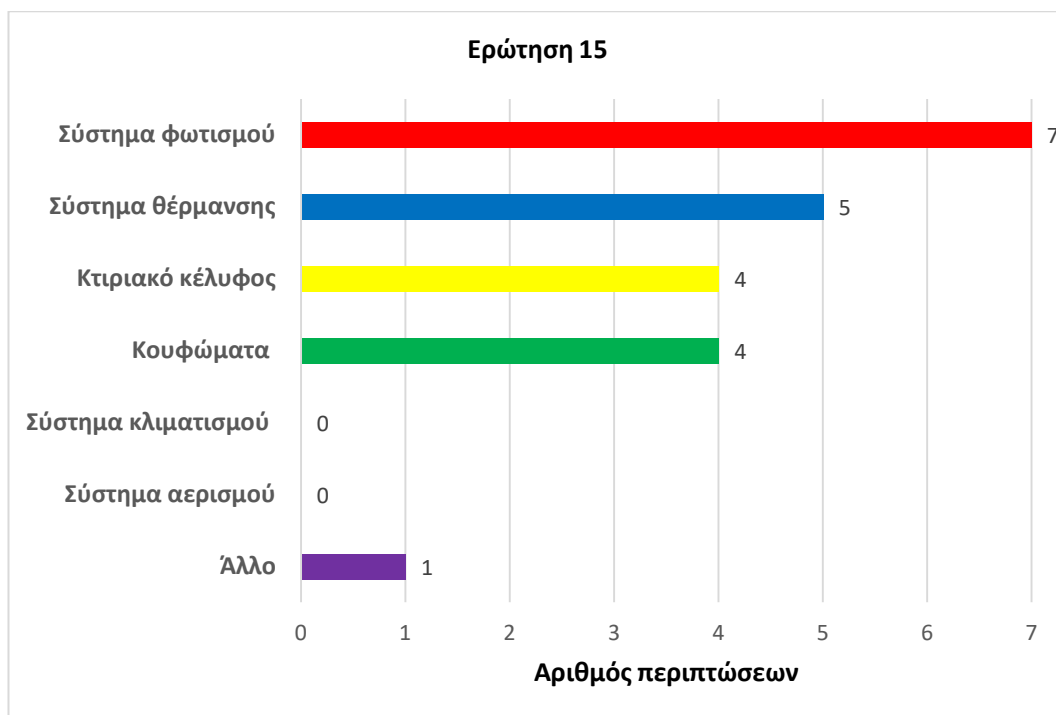
Ερώτηση: Επιλέξτε τα στοιχεία που δέχτηκαν ενεργειακή αναβάθμιση. (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

Προ-απαιτούμενο: Ο εκπαιδευτικός να έχει απαντήσει ναι στην προηγούμενη ερώτηση.

Δυνατές απαντήσεις:

- (1) Σύστημα θέρμανσης.
- (2) Σύστημα φωτισμού..
- (3) Κτιριακό κελύφος (επιλέξτε σε περίπτωση θερμομόνωσης).
- (4) Σύστημα αερισμού.
- (5) Σύστημα κλιματισμού.
- (6) Άλλο.

Στο γράφημα 3.14 παρουσιάζεται το πλήθος των ενεργειακών επεμβάσεων στα κτιριακά στοιχεία των σχολείων που συμμετείχαν σε κάποιο πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης. Το γράφημα αυτό βασίζεται στα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τους εκπαιδευτικούς που απάντησαν ναι στην προηγούμενη ερώτηση (12 θετικές απαντήσεις). Σύμφωνα με τα παραπάνω, αναφέρονται 5 περιπτώσεις αναβάθμισης του συστήματος θέρμανσης, 7 του συστήματος φωτισμού, 4 του κτιριακού κελύφους (θερμομόνωση), 4 κουφωμάτων, καμία στο σύστημα αερισμού και κλιματισμού και 1 σε κάποιο άλλο στοιχείο. Παρατηρούμε ότι υπερτερούν οι περιπτώσεις αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού και πιθανότατα αφορούν την αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων με LED δεδομένου ότι έχουν τρέξει προγράμματα αυτού του τύπου στο εγγύτερο παρελθόν.



Γράφημα 3.14: Κτιριακά στοιχεία που δέχθηκαν ενεργειακή αναβάθμιση.

3.3 - 3^η Ενότητα. Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας & αποδοτικότητας χρησιμοποιούμενων συστημάτων σχολικής μονάδας

Στόχος της παρούσας ενότητας είναι η στατιστική περιγραφή των ερωτήσεων που αφορούν την αξιολόγηση τόσο της αποδοτικότητας όσο και της αποτελεσματικότητας των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών συστημάτων. Το σύνολο των ερωτήσεων είναι 10 και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση ιστογραμμάτων και πινάκων που παρουσιάζονται στις υπό-ενότητες που ακολουθούν. Οι δυνατές απαντήσεις κυμαίνονται από το 1 που αντιστοιχεί στο κακό μέχρι και το 5 που αντιστοιχεί στο πολύ καλό. Για καλύτερη πληροφόρηση, παρουσιάζονται και πληροφορίες που αφορούν τα μέτρα θέσης & διασποράς των απαντήσεων. Επιπρόσθετα, στο τέλος της ενότητας, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των μέσων όρων με την βοήθεια αραχνοειδές διαγράμματος που κατασκευάστηκε για αυτό τον σκοπό.

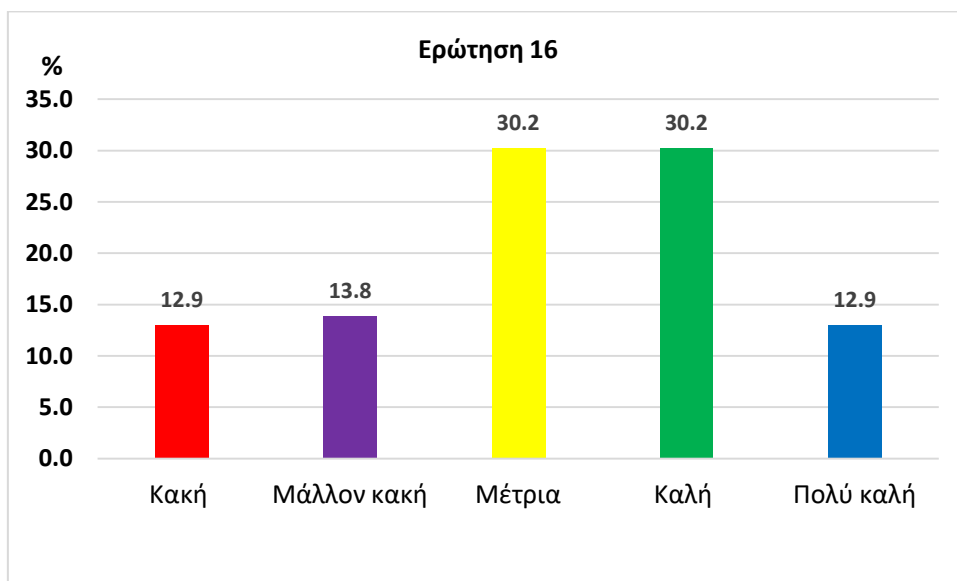
3.3.1 – 16^η Ερώτηση. Αξιολόγηση συστήματος θέρμανσης

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ενεργειακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης του σχολείου σας; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
 (2) Μάλλον κακή.
 (3) Μέτρια.
 (4) Καλή.
 (5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.15 & πίνακα 3.2 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την ενεργειακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης του σχολείου τους. 15 εκπαιδευτικοί (12,9%) χαρακτηρίζουν την απόδοση ως κακή,

16 (13,8%) μάλλον κακή, 35 (30,2%) ως μέτρια, 35 (30,2%) ως καλή και 15 (12,9%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,16 με διάμεσο το 3 και επικρατούσες τιμές το 3 και το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,21 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 2,941 έως και 3,386 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρούμε ότι μια μικρή πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (43,1%), έδωσε θετική απάντηση θεωρώντας καλή την απόδοση του συστήματος. Από την άλλη, το 27,7% των απαντήσεων είχε αρνητική χροιά ,ενώ ένα μεγάλο ποσοστό (30,2%) θεωρεί την απόδοση ως μέτρια και έλκει τον μέσο όρο προς το κέντρο.



Γράφημα 3.15: Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης του συστήματος θέρμανσης

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
16	3	3,16	3&4	1,21
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	Μέχρι
0,222			2,941	3,386
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

Πίνακας 3.2: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 16

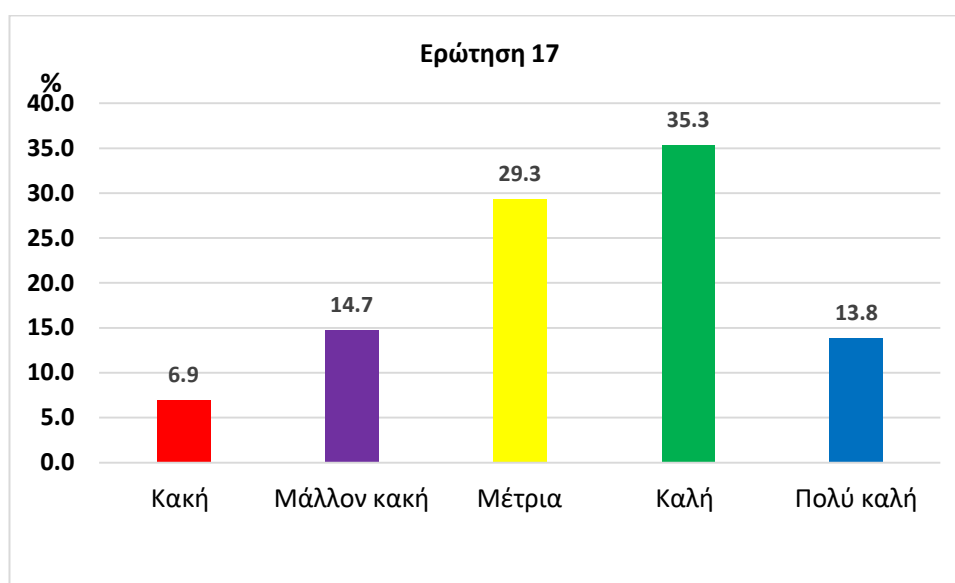
3.3.2 – 17ή Ερώτηση. Αξιολόγηση θερμικής άνεσης

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την θερμική άνεση των αιθουσών διδασκαλίας κατά τους χειμερινούς μήνες στο σχολείου σας; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
 (2) Μάλλον κακή.
 (3) Μέτρια.
 (4) Καλή.
 (5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.16 & πίνακα 3.3 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την θερμική άνεση των σχολικών αιθουσών κατά τους χειμερινούς μήνες. 8 εκπαιδευτικοί (6,9%) χαρακτηρίζουν την θερμική άνεση ως

κακή, 17 (14,7%) μάλλον κακή, 34 (29,3%) ως μέτρια, 41 (35,3%) ως καλή και 16 (13,8%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,34 με διάμεσο το 3 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,1 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,142 έως και 3,548 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Σε γενικές γραμμές, παρατηρούμε ότι οι απαντήσεις είναι κατά πλειοψηφία θετικές ενώ οι πολύ αρνητικές απαντήσεις είναι περιορισμένες. Αν η ερώτηση είχε τεθεί τα πρώτα χρόνια της οικονομικής κρίσης, η πλειοψηφία των απαντήσεων θα ήταν πιθανότατα αρνητικές. Την περίοδο εκείνη, λόγω ελλιπής χρηματοδότησης των σχολείων, η θέρμανση υπολειπομένη και όπως είναι αναμενόμενο η θερμοκρασία των αιθουσών διδασκαλίας ήταν αρκετά χαμηλότερη από την προβλεπόμενη. Το ίδιο ποσοστό αρνητικών απαντήσεων θα εισπράτταμε πιθανότατα και αν η ερώτηση είχε τεθεί τα 2 πρώτα χρόνια της υγειονομικής κρίσης (COVID-19) λόγω του ότι τα παράθυρα των σχολικών αιθουσών ήταν συνεχώς ανοικτά ακόμα και τις πιο ψυχρές μέρες του χειμώνα.



Γράφημα 3.16: Αξιολόγηση θερμικής άνεσης αιθουσών διδασκαλίας τον χειμώνα.

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
17	3	3,34	4	1,10
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	Μέχρι
0,203			3,142	3,548
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

Πίνακας 3.3: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 17

3.3.3 – 18ή Ερώτηση. Αξιολόγηση θερμομονωτικής ικανότητας κελύφους

Ερώτηση: Πώς θα χαρακτηρίζατε την θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους του σχολείου που υπηρετείται; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.

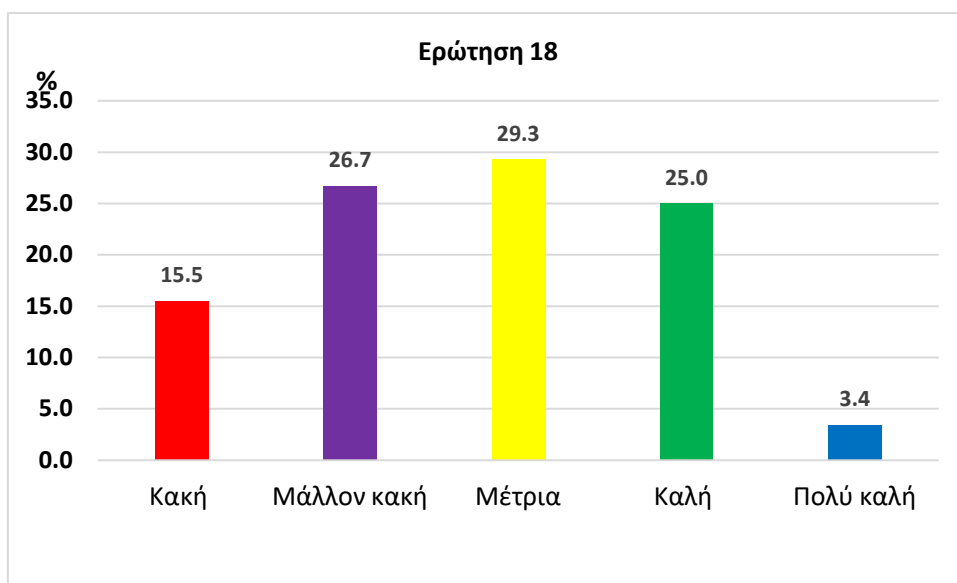
(2) Μάλλον κακή.

(3) Μέτρια.

(4) Καλή.

(5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.17 & πίνακα 3.4 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους του σχολείου τους. 18 εκπαιδευτικοί (15,5%) χαρακτηρίζουν την θερμομονωτική ικανότητα ως κακή, 31 (26,7%) μάλλον κακή, 34 (29,3%) ως μέτρια, 29 (25%) ως καλή και 4 (3,4%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 2,74 με διάμεσο το 3 και επικρατούσα τιμή το 3. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,1 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 2,538 έως και 2,944 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρούμε ότι οι αρνητικές απαντήσεις υπερτερούν λόγω της ελλιπής θερμομόνωσης των σχολικών μονάδων, δεδομένου ότι η πλειοψηφία αυτών έχει κατασκευαστεί την προ Κ.Εν.Α.Κ εποχή.



Γράφημα 3.17

Αξιολόγηση θερμομονωτικής ικανότητας του κτιριακού κελύφους

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
18	3	2,74	3	1,10
Απόκλιση από Μ.Ο	0,203	Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από 2,538	Μέχρι 2,944
			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.4: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 18

3.3.4 – 19ή Ερώτηση. Αξιολόγηση τεχνητού φωτισμού

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ενεργειακή απόδοση του συστήματος τεχνητού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας;

(Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.

(2) Μάλλον κακή.

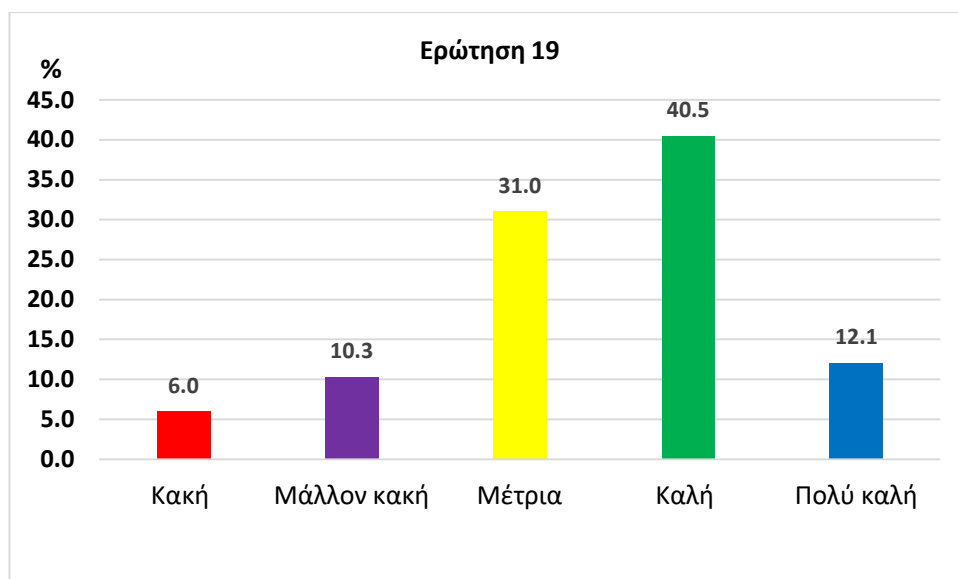
(3) Μέτρια.

(4) Καλή.

(5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.18 & πίνακα 3.5 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την ενεργειακή απόδοση του συστήματος φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας. 7 εκπαιδευτικοί (6%) χαρακτηρίζουν την απόδοση ως κακή, 12 (10,3%) μάλλον κακή, 36 (31%) ως μέτρια, 47(40,5%) ως καλή και 14 (12,1%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,42 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,03, ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,233 έως και 3,612 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, θεωρεί τα χρησιμοποιούμενα συστήματα ικανοποιητικά όσο αφορά την απόδοση τους. Για τον φωτισμό χρησιμοποιούνται λαμπτήρες οικονομίας φθορίου ή LED , που εκ των πραγμάτων παρουσιάζουν καλή απόδοση. Ωστόσο, για την βελτιστοποίηση των συστημάτων, θα πρέπει να αντικατασταθούν όλοι οι λαμπτήρες με LED, να εφαρμοστούν συστήματα ρύθμισης φωτεινότητας με σκοπό την αποφυγή υπερβάλλουσας χρήσης και τα νεόδμητα σχολικά κτίρια να κατασκευάζονται με γνώμονα την μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτός.



Γράφημα 3.18: Αξιολόγηση ενεργειακής απόδοσης του συστήματος τεχνητού φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
19	4	3,42	4	1,03
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
1,190			Από 3,233	Μέχρι 3,612
		Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%		

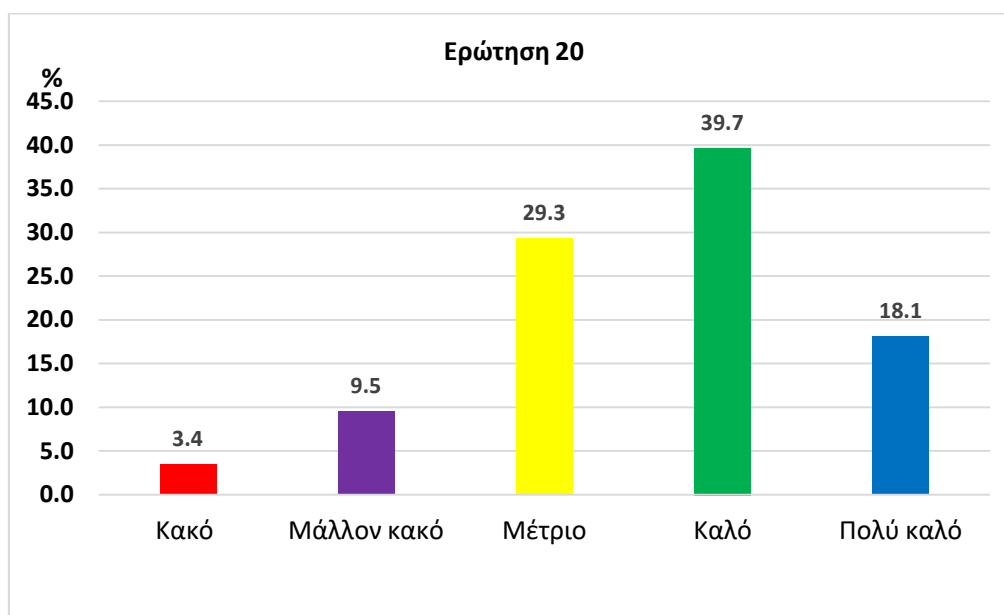
Πίνακας 3.5: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 19

3.3.5 – 20ή Ερώτηση. Αξιολόγηση εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε τον βαθμό εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας;
(Υποχρεωτικής απάντησης)

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακό.
 (2) Μάλλον κακό.
 (3) Μέτριο.
 (4) Καλό.
 (5) Πολύ καλό.

Στο γράφημα 3.19 & πίνακα 3.6 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από τον βαθμό εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας. 4 εκπαιδευτικοί (3,4%) χαρακτηρίζουν τον βαθμό εκμετάλλευσης ως κακό, 11 (9,5%) μάλλον κακό, 34 (29,3%) ως μέτριο, 46 (39,7%) ως καλό και 21 (18,1%) ως πολύ καλό. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,59 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,0 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,419 έως και 3,779 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (57,8%) θεωρεί ότι η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού γίνεται σε υψηλό επίπεδο ,ενώ λίγοι φέρουν αντίθετη άποψη (12,9%). Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο συντελεστής ηλιοφάνειας στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα μεγάλος προσφέροντας άπλετο φυσικό φως. Αυτό όμως μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά δημιουργώντας συνθήκες οπτικής δυσφορίας αν δεν λαμβάνονται επαρκή μέτρα σκίασης ειδικά τους θερμότερους μήνες.



Γράφημα 3.19
 Αξιολόγηση εκμετάλλευσης φυσικού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
20	4	3,59	4	1,00
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	Μέχρι
0,185			3,419	3,779
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

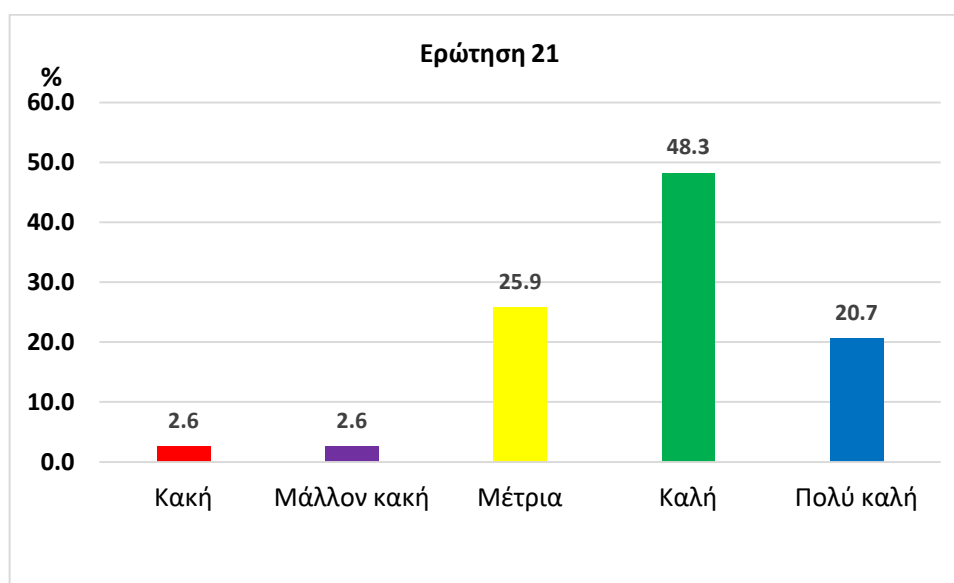
Πίνακας 3.6: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 20

3.3.6 – 21ή Ερώτηση. Αξιολόγηση επάρκειας φωτισμού

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την επάρκεια φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας; (Υποχρεωτικής απάντησης)

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
 (2) Μάλλον κακή.
 (3) Μέτρια.
 (4) Καλή.
 (5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.20 & πίνακα 3.7 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την επάρκεια φωτισμού των αιθουσών διδασκαλίας. 3 εκπαιδευτικοί (2,6%) χαρακτηρίζουν την επάρκεια ως κακή, 3 (2,6%) μάλλον κακή, 30 (25,9%) ως μέτρια, 56 (48,3%) ως καλή και 24 (20,7%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,82 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,88 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,657 έως και 3,981 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (69%), θεωρεί την επάρκεια φωτισμού καλή ή πολύ καλή ενώ οι αρνητικές απαντήσεις είναι ιδιαίτερα περιορισμένες (5,2%). Η υψηλή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, όπως είδαμε και στην προηγούμενη ερώτηση, έχει ως αποτέλεσμα ο φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας να είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα.



Γράφημα 3.20: Αξιολόγηση επάρκειας φωτισμού των σχολικών αιθουσών

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
21	4	3,82	4	0,88
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,162				Από 3,657 Μέχρι 3,981
		Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%		

Πίνακας 3.7: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 21

3.3.7 – 22ή Ερώτηση. Αξιολόγηση συστήματος αερισμού

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την αποτελεσματικότητα του συστήματος αερισμού των σχολικών αιθουσών; (Υποχρεωτικής απάντησης)

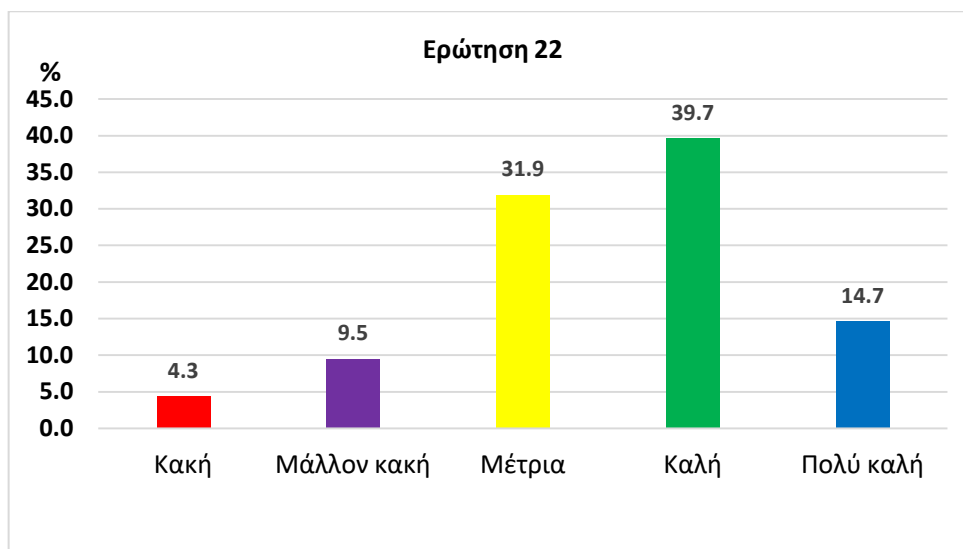
- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
(2) Μάλλον κακή.
(3) Μέτρια.
(4) Καλή.
(5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.21 & πίνακα 3.8 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την αποτελεσματικότητα του συστήματος αερισμού των αιθουσών διδασκαλίας του σχολείου τους. 5 εκπαιδευτικοί (4,3%) χαρακτηρίζουν την αποτελεσματικότητα ως κακή, 11(9,5%) μάλλον κακή, 37(31,9%) ως μέτρια, 46(39,7%) ως καλή και 17(14,7%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,51 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,0 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,325 έως και 3,692 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (54,4%) απάντησαν θετικά και μόνο το 13,8% αρνητικά.

Ο αερισμός των σχολικών αιθουσών στην Ελλάδα γίνεται με:

- (1) Το άνοιγμα των παραθύρων κατά την διάρκεια του διαλείμματος.
- (2) Αφήνοντας κάποια παράθυρα ανοικτά ή μερικώς ανοικτά κατά την διάρκεια της διδασκαλίας.
- (3) Τα παράθυρα παραμένουν ανοικτά καθ' όλη την διάρκεια λειτουργίας του σχολείου τους θερμότερους μήνες .

Αυτές οι τεχνικές δεν εξασφαλίζουν απαραίτητα την βέλτιστη ποιότητα αέρα λόγω του ότι δεν υπάρχει καμία αντικειμενική πληροφόρηση. Επίσης, οι μέθοδοι αυτοί είναι ιδιαίτερα ενεργοβόροι τους χειμερινούς μήνες. Συστήματα τεχνητού αερισμού με αισθητήρες συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσαν να ενεργοποιούν τον εξαερισμό μόνο όταν αυτό είναι πραγματικά απαραίτητο. Κάτι τέτοιο βελτιστοποιεί τόσο την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα όσο και την ενεργειακή απόδοση του συστήματος.



Γράφημα 3.21

Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας του συστήματος αερισμού των σχολικών αιθουσών

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
22	4	3,51	4	1,00
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,184				Από 3,325 Μέχρι 3,692
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

Πίνακας 3.8: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 22

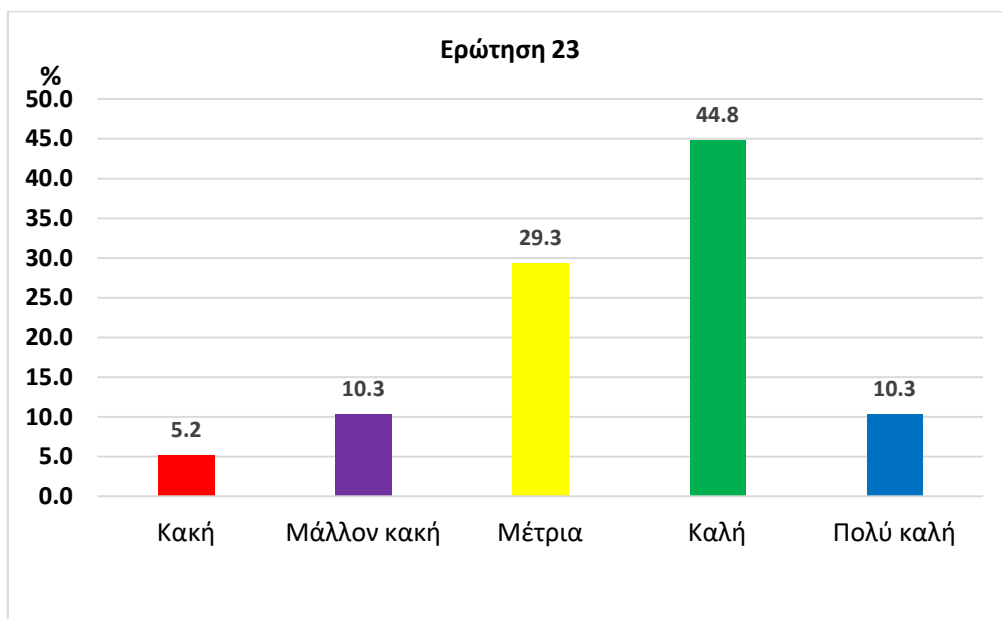
3.3.8 – 23ή Ερώτηση. Αξιολόγηση ποιότητας αέρα

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ποιότητα του αέρα των σχολικών αιθουσών; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
 (2) Μάλλον κακή.
 (3) Μέτρια.
 (4) Καλή.
 (5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.22 & πίνακα 3.9 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την ποιότητα του αέρα των αιθουσών διδασκαλίας του σχολείου τους. 6 εκπαιδευτικοί (5,2%) χαρακτηρίζουν την ποιότητα ως κακή, 12(10,3%) μάλλον κακή, 34(29,3%) ως μέτρια, 52(44,8%) ως καλή και 12(10,3%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,45 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,99 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,266 έως και 3,63 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι και σε αυτήν την ερώτηση, η συντριπτική πλειοψηφία απάντησε θετικά και ένα μικρότερο ποσοστό (15,5%) αρνητικά. Οι παρατηρήσεις που θα μπορούσαμε να επισημάνουμε είναι όμοιες με της ερώτησης 22.



Γράφημα 3.22: Αξιολόγηση ποιότητας αέρα στις σχολικές αίθουσες

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή		Τυπική απόκλιση δείγματος	
23	4	3,45	4		0,99	
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	3,266	Μέχρι	3,630
0,182			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%			

Πίνακας 3.9: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 23

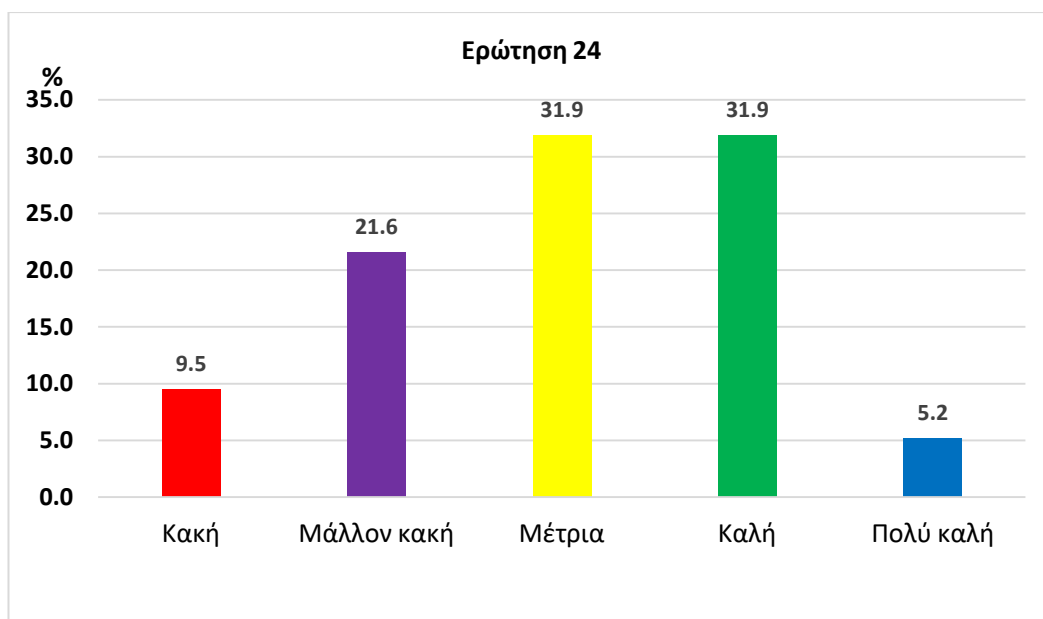
3.3.9 – 24ή Ερώτηση. Γενική ενεργειακή αξιολόγηση σχολικής μονάδας

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε σε γενικές γραμμές την ενεργειακή απόδοση της σχολικής μονάδας που υπηρετείται; (Υποχρεωτικής απάντησης)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή.
 (2) Μάλλον κακή.
 (3) Μέτρια.
 (4) Καλή.
 (5) Πολύ καλή.

Στο γράφημα 3.23 & πίνακα 3.10 παρουσιάζεται ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την γενική ενεργειακή απόδοση της σχολικής τους μονάδας. 11 εκπαιδευτικοί (9,5%) χαρακτηρίζουν την απόδοση ως κακή, 25(21,6%) μάλλον κακή, 37(31,9%) ως μέτρια, 37(31,9%) ως καλή και 6(5,2%) ως πολύ καλή. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,02 με διάμεσο το 3 και επικρατούσες τιμές το 3 και το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,06 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 2,822 έως και 3,213 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι οι θετικές απαντήσεις (37,1%) παρουσιάζουν ένα μικρό προβάδισμα σε σχέση με τις αρνητικές (31,1%). Στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα, πιθανότατα συντρέχουν και λόγοι που δεν θίγονται στην παρούσα έρευνα. Όπως: Ο φωτισμός της αυλής, ο κλιματισμός των γραφείων κατά τους θερμότερους μήνες, οι εργαστηριακές εγκαταστάσεις των επαγγελματικών λυκείων κ.α.



Γράφημα 3.23: Γενική ενεργειακή αξιολόγηση σχολικής μονάδας

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
24	3	3,02	3,4	1,06
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από 2,822	Μέχρι 3,213
0,195			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.10: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 24

3.3.10 – 25ή Ερώτηση. Επιπρόσθετα προβλήματα ενεργειακής απόδοσης

Ερώτηση: Σε ποια άλλα σημεία πιστεύετε ότι υστερεί ενεργειακά η σχολική σας μονάδα (Προαιρετική απάντηση);

Δυνατές απαντήσεις: Ο εκπαιδευτικός μπορεί να επισημάνει σε κείμενο, τα σημεία όπου το σχολείο του αντιμετωπίζει προβλήματα ενεργειακής απόδοσης, αλλά δεν του δόθηκε η ευκαιρία να τα αξιολογήσει στις προηγούμενες ερωτήσεις. Στον πίνακα 3.11 παρουσιάζονται οι πρόσθετες επισημάνσεις των προβλημάτων ενεργειακής απόδοσης των σχολείων που δεν δόθηκε η ευκαιρία να αξιολογηθούν από την παρούσα έρευνα. Συνολικά δόθηκαν 11 επιπλέον παρατηρήσεις από τους εκπαιδευτικούς. Από αυτές, κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε τα προβλήματα υγρασίας λόγω κακής στεγανότητας των δομικών στοιχείων, την ποιότητα αλλά και συντήρηση των ανοιγμάτων, την σκίαση που επηρεάζει τόσο θερμικά κέρδη όσο και την οπτική άνεση τους θερμότερους μήνες, τις ΑΠΕ που σπάνια χρησιμοποιούνται στα ελληνικά σχολεία.

	Επισημάνσεις ερωτηθέντων εκπαιδευτικών.
1η	Υγρασία κακή μόνωση.
2η	Μόνωση κτιρίου.
3η	Μόνωση τοιχοποιίας, στεγανότητα οροφής, θερμαντικά σώματα.
4η	Υαλοπίνακες. Τοιχοποιία.

5η	Θερμομόνωση τοίχων & κουφωμάτων .
6η	Σκίαση , φωτισμός, εκμετάλλευση ταράτσας, σύστημα αυτονομίας χώρων θέρμανσης.
7η	Χρειάζεται «κέλυφος».
8η	Συστήματα περιορισμού απωλειών θερμότητας.
9η	Ηχομόνωση Αιθουσών.
10	Θερμομόνωση.
11η	Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Πίνακας 3.11

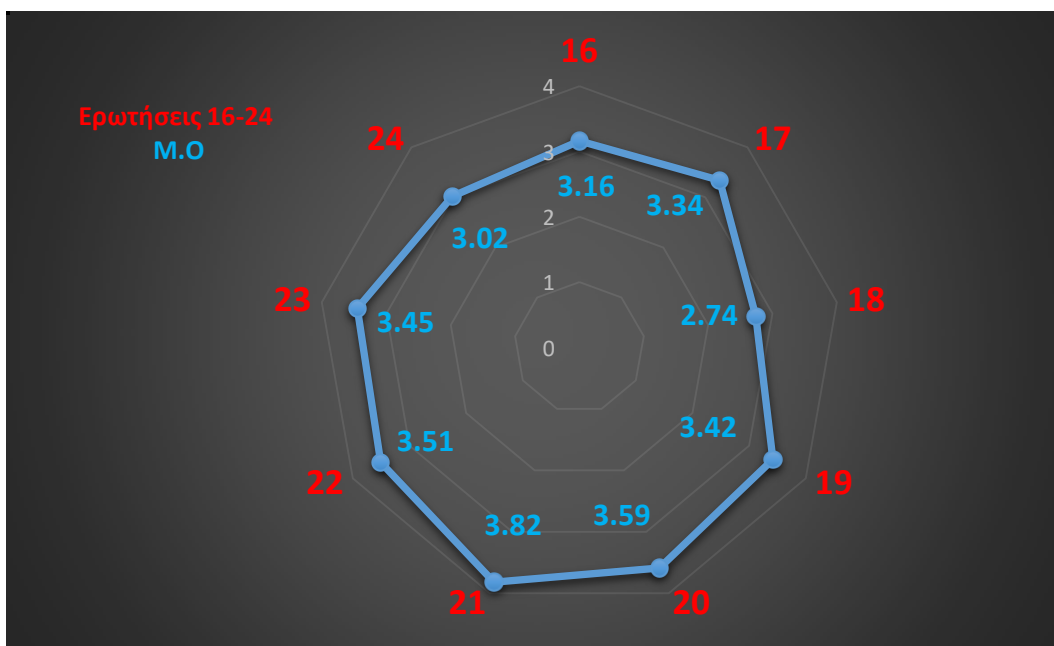
Επισημάνσεις επιπρόσθετων ενεργειακών προβλημάτων σχολικών μονάδων

3.3.11 – Σύγκριση Μ.Ο ερωτήσεων 16-24

Από την σύγκριση των μέσων όρων των ερωτήσεων 16-24, όπως μπορούμε να αντιληφθούμε και από το αραχνοειδές διάγραμμα 3.24, προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- (1) Μια αρκετά μεγάλη πλειοψηφία εκπαιδευτικών θεωρεί επαρκή τόσο το επίπεδο του φωτισμού όσο και την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός στις σχολικές αίθουσες.
- (2) Μια σχετική ικανοποίηση εκφράζεται για την θερμική άνεση, την απόδοση των συστημάτων φωτισμού, την αποτελεσματικότητα των συστημάτων αερισμού και την ποιότητα του αέρα.
- (3) Όσο αφορά την απόδοση του συστήματος θέρμανσης αλλά και την γενικότερη των κτιρίων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αξιολογούνται ως μέτριες.
- (4) Η θερμομονωτική ικανότητα των κτιρίων αξιολογείται αρνητικά κατά πλειοψηφία.

Ως πρόσθετο συμπέρασμα, που προκύπτει από τις τιμές της τυπικής απόκλισης ως δείκτη διασποράς (πίνακες 3.2-3.10), παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλο εύρος απόψεων σε θέματα που αφορούν την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα των κτιριακών εγκαταστάσεων. Η τυπικές αποκλίσεις κυμαίνονται σε τιμές που υπερβαίνουν την μονάδα και φθάνουν ακόμα και το 1,21 στην περίπτωση του συστήματος θέρμανσης. Εξάιρεση θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί η επάρκεια φωτισμού (0,88).



Γράφημα 3.24: Σύγκριση Μ.Ο των ερωτήσεων 16-24

3.4 - 4^η Ενότητα. Αξιολόγηση δυνητικών ενεργειακών επεμβάσεων

Στόχος της παρούσας ενότητας είναι η στατιστική περιγραφή των ερωτήσεων που αφορούν κατά πρώτο λόγο την στάση των εκπαιδευτικών σε δυνητικές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και κατά δεύτερον την δυνατότητα επίτευξής τους. Το σύνολο των ερωτήσεων είναι 13 και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε χρήση ιστογραμμάτων και πινάκων που παρουσιάζονται στις υπό-ενότητες που ακολουθούν. Οι δυνατές απαντήσεις κυμαίνονται από το 1 που αντιστοιχεί στο κακό μέχρι και το 5 που αντιστοιχεί στο πολύ καλό. Για καλύτερη πληροφόρηση, παρουσιάζονται και πληροφορίες που αφορούν τα μέτρα θέσης & διασποράς των απαντήσεων. Επιπρόσθετα, στο τέλος της ενότητας, παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις των μέσων όρων με την βοήθεια αραχνοειδές διαγράμματος που κατασκευάστηκε για αυτό τον σκοπό.

3.4.1 – 26^η Ερώτηση. Φ/Β συστήματα

Ερώτηση: Η εγκατάσταση διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του σχολείου θα μπορούσε να συνεισφέρει αποφασιστικά στην μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

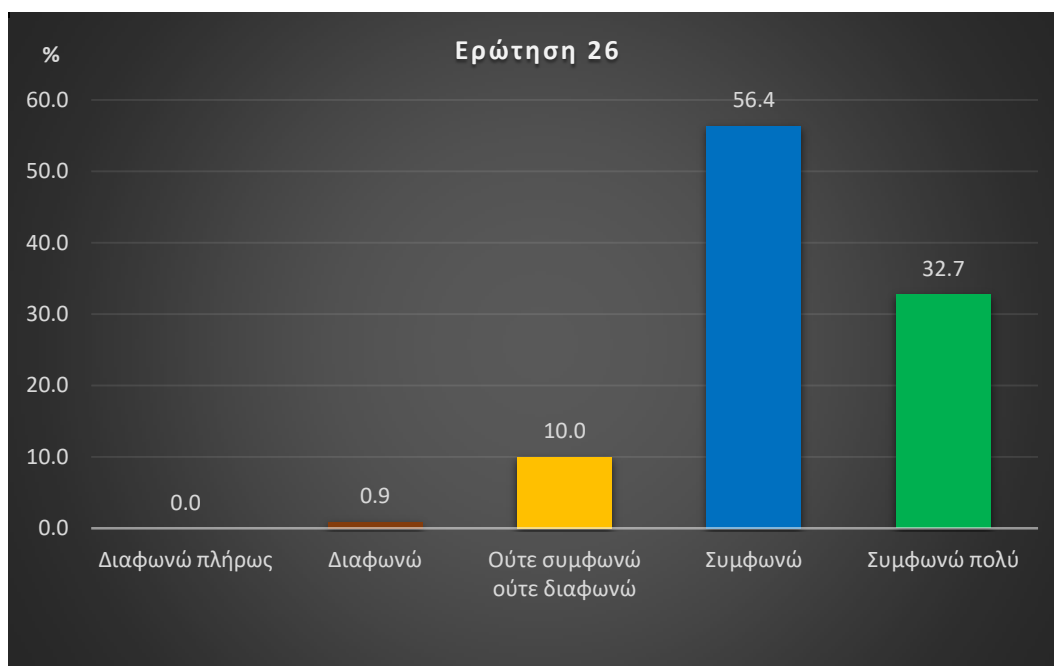
(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.25 & πίνακα 3.12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 26 που απαντήθηκε από 110 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι τα διασυνδεδεμένα Φ/Β στα σχολεία θα μπορούσαν να συνεισφέρουν αποφασιστικά στην μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας: Οι 36 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 32,7% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 62(56,4%) απάντησαν

ότι συμφωνούν, οι 11(10%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, ένας εκπαιδευτικός (0,9%) διαφωνεί και κανένας δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,21 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,65 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,086 έως και 4,332 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (89,1%) είναι πεπεισμένοι για την αποτελεσματικότητα των Φ/Β συστημάτων ενώ ένα μικρό ποσοστό (10%) διατηρεί κάποιους ενδοιασμούς. Επίσης, η χαμηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (0,65) μας υποδηλώνει την μεγάλη σύγκλιση απόψεων του δείγματος.



Γράφημα 3.25: Εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων στις σχολικές στέγες ως προοπτική μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή		Τυπική απόκλιση δείγματος	
26	4	4,21	4		0,65	
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	4,086	Μέχρι	4,332
0,123			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%			

Πίνακας 3.12: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 26

3.4.2 – 27ή Ερώτηση. Υβριδικά συστήματα θέρμανσης

Ερώτηση: Η Δυνατότητα εγκατάστασης υβριδικού συστήματος θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση θα μπορούσε να συνεισφέρει αποφασιστικά στην μείωση του κόστους θέρμανσης του σχολείου σας (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

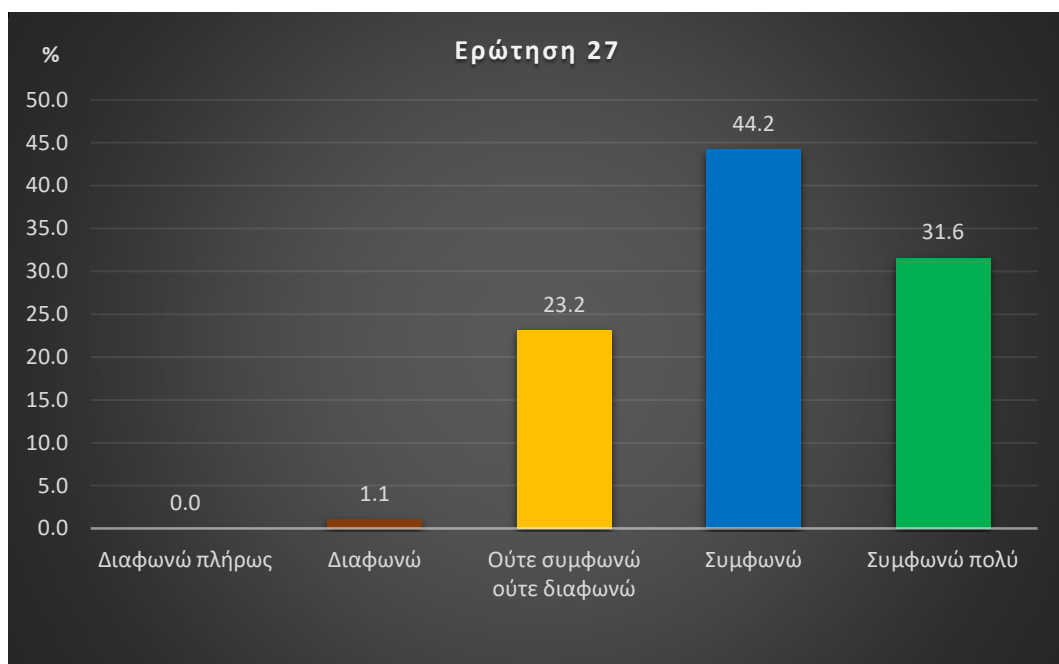
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.26 & πίνακα 3.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 27 που απαντήθηκε από 95 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η εγκατάσταση υβριδικού συστήματος θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση θα μπορούσε να συνεισφέρει αποφασιστικά στην μείωση του κόστους θέρμανσης του σχολείου: Οι 30 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 31,6% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 42(44,2%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 22(23,2%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, ένας εκπαιδευτικός (1,1%) διαφωνεί και κανένας δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,06 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,77 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,906 έως και 4,220 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των εκπαιδευτικών (75,8%) παρουσιάζει θετική στάση όσο αφορά τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης όντας εξοικειωμένοι από την μακράν πορεία τους στην ελληνική αγορά. Ηλιακοί θερμοσίφωνες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλές δεκαετίες έχοντας αποδείξει ότι συστήματα παραγωγής ζεστού νερού μπορούν να αποδώσουν το μέγιστο σε περιοχές με υψηλή ηλιοφάνεια όπως η Ελλάδα. Επίσης, η σχετικά χαμηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (0,77) μας υποδηλώνει μια επαρκώς μεγάλη σύγκλιση απόψεων του δείγματος.



Γράφημα 3.26: Υβριδικά συστήματα ηλιακής υποβοήθησης ως προοπτική μείωσης του κόστους θέρμανσης

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
27	4	4,06	4	0,77
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,157				Από 3,906 Μέχρι 4,220 Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Πίνακας 3.13: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 27

3.4.3 – 28ή Ερώτηση. Λέβητες βιομάζας

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου με λέβητα βιομάζας που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο αγροτικά απόβλητα που παράγονται στην περιοχή σας είναι μια εφικτή προοπτική (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

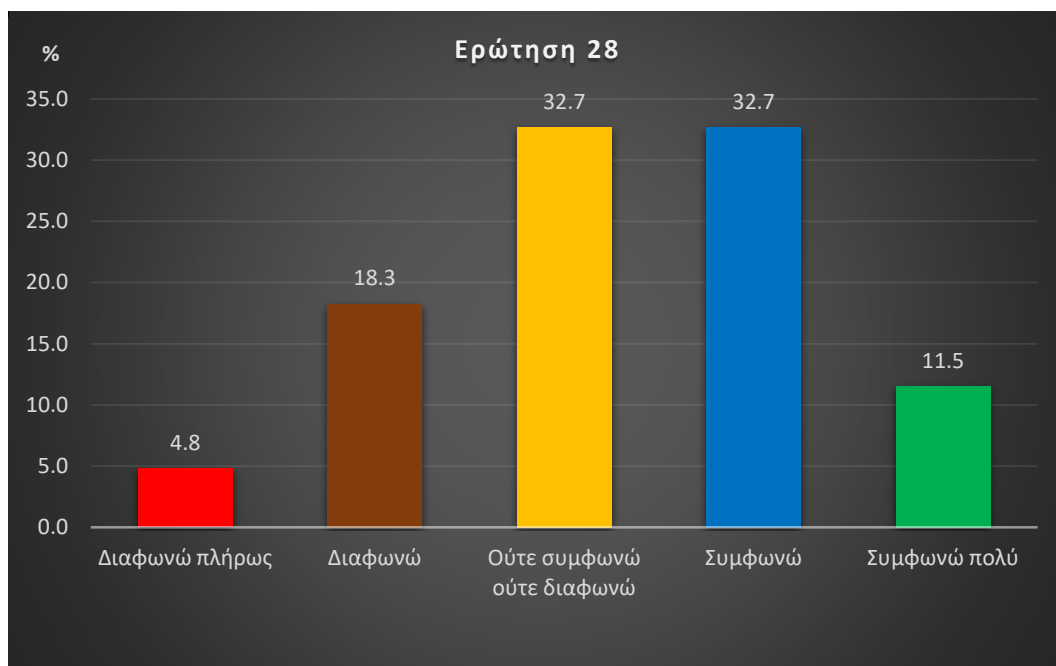
(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.27 & πίνακα 3.14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 28 που απαντήθηκε από 104 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι είναι μια εφικτή προοπτική η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου με βιομάζας που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο αγροτικά απόβλητα της εγγύτερης περιοχής του σχολείου: Οι 12 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 11,5% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 34(32,7%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 34(32,7%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 19(18,3%) διαφωνούν και οι 5(4,8%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,28 με διάμεσο το 3 και επικρατούσες τιμές το 3 και το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,05 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,075 έως και 3,482 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι εμφανίζεται μια γενική διχογνωμία με το 44,2% να παρουσιάζει θετική στάση, το 23,1% αρνητική ενώ το 32,7% διατηρεί τις επιφυλάξεις του. Το παραπάνω αποδεικνύεται και από την υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (1,05) που μας υποδηλώνει την μεγάλη απόκλιση απόψεων του δείγματος.

Η εφαρμογή της παραπάνω προοπτικής, έχει ως βασική προϋπόθεση την χρήση των γεωργικών αποβλήτων κοντά στις περιοχές παραγωγής. Λόγο του ότι αυτό δεν είναι εύκολα εφικτό στα μεγάλα αστικά κέντρα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το ποσοστό των απαντήσεων σε συνάρτηση με τον τόπο υπηρετήσης των εκπαιδευτικών.



Γράφημα 3.27: Χρήση λέβητα βιομάζας με καύσιμο τοπικά παραγόμενα αγροτικά απόβλητα ως εφικτή προοπτική

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
28	3	3,28	3,4	1,05
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από 3,075	Μέχρι 3,482
0,204			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.14: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 28

3.4.4 – 29ή Ερώτηση. Αντλίες θερμότητας

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου του σχολείου σας με γεωθερμική αντλία θερμότητας θα μπορούσε να μειώσει το κόστος θέρμανσης (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

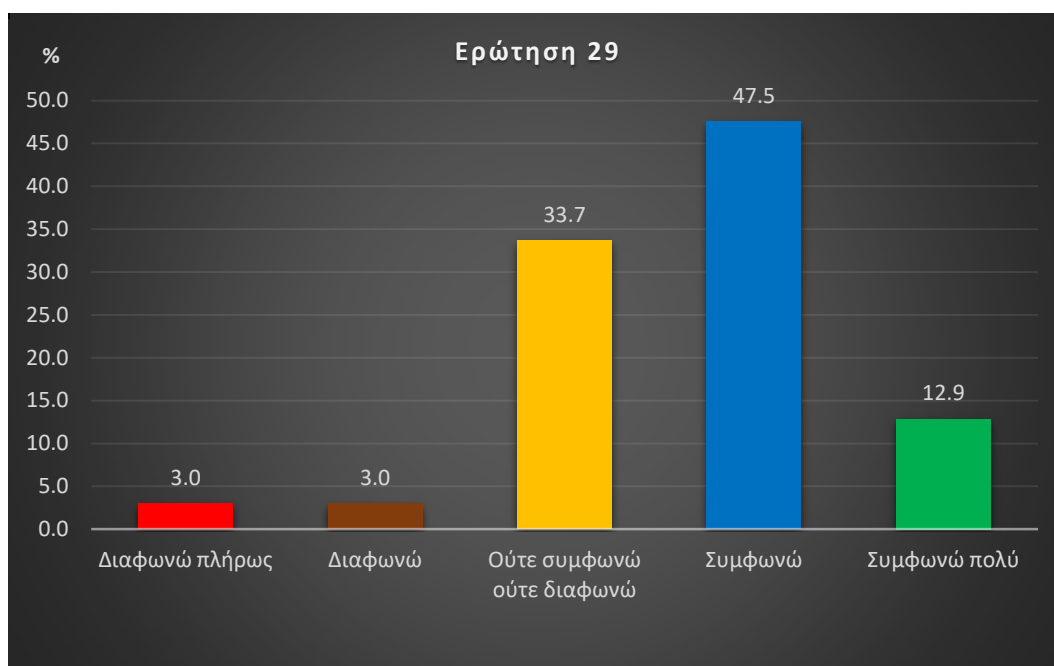
(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.28 & πίνακα 3.15 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 29 που απαντήθηκε από 101 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου με γεωθερμική αντλία θερμότητας θα μπορούσε να μειώσει το κόστος θέρμανσης: Οι 13 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 12,9% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 48(47,5%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 34(33,7%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 3(3%) διαφωνούν και οι 3(3%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,64 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση

ως μέτρο διασποράς είναι 0,85 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,475 έως και 3,812 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (60,4%) παρουσιάζει θετική στάση και μόλις το 6% αρνητική. Αξίζει επίσης να σημειώσουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό διατηρεί επιφυλάξεις (33,7%). Η τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,85 μας τονίζει την συγκεκριμένη διχογνωμία. Αυτό, πιθανότατα να οφείλεται στο ότι είναι μια σχετικά νέα για τα ελληνικά δεδομένα εφαρμογή που ίσως να μην έχει προλάβει να αποδείξει την αξία της. Επίσης, από καθημερινές συζητήσεις, γίνεται σαφές ότι υπάρχει η κατά πολλούς λάθος αντίληψη ότι για την εφαρμογή των προαναφερόμενων συστημάτων απαιτείται η ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων.



Γράφημα 3.28: Χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας ως προοπτική μείωσης του κόστους θέρμανσης

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
29	4	3,64	4	0,85
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	Μέχρι
0,169			3,475	3,812
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

Πίνακας 3.15: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 29

3.4.5 – 30ή Ερώτηση. Λέβητες αερίου συμπυκνώματος

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα που χρησιμοποιείται με σύγχρονο λέβητα φυσικού αερίου συμπύκνωσης αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη προοπτική (προαιρετική απάντηση).

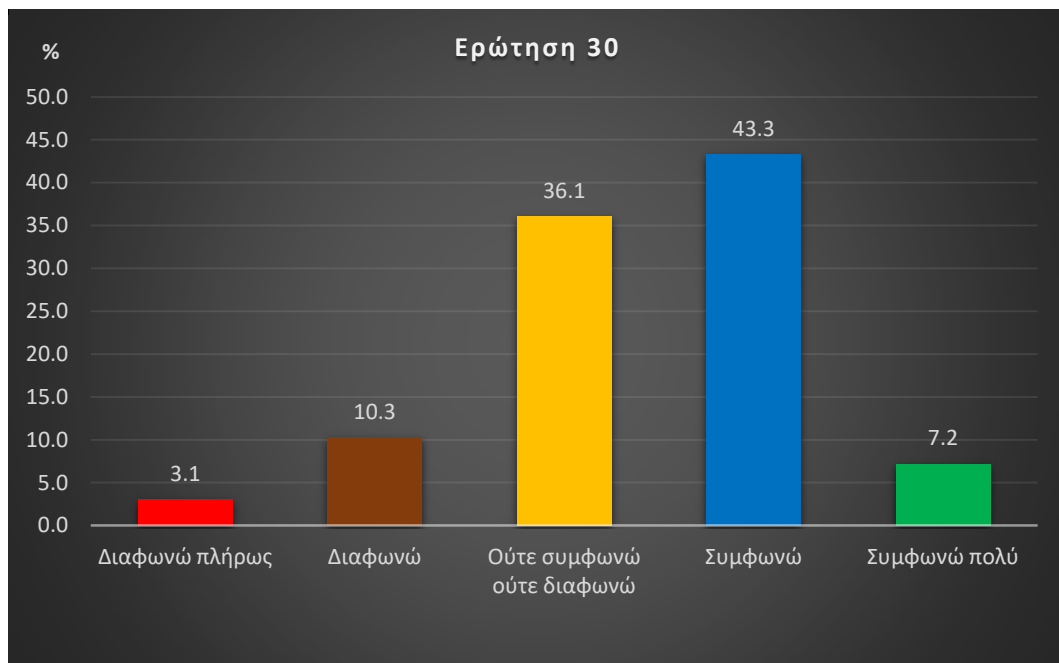
Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

- (3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.
 (4) Συμφωνώ.
 (5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.29 & πίνακα 3.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 30 που απαντήθηκε από 97 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η αντικατάσταση του λέβητα με ένα σύγχρονο φυσικού αερίου συμπύκνωσης αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη προοπτική: Οι 7 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 7,2% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 42(43,3%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 35(36,1%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 10(10,3%) διαφωνούν και οι 3(3,1%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,41 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,87 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,234 έως και 3,591 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (50,5%) παρουσιάζει, όχι και τόσο ένθερμα, θετική στάση στην παραπάνω προοπτική. Ένα μεγάλο ποσοστό 36,1% έχει τους ενδοιασμούς του ενώ το 13,4% παρουσιάζει αρνητική στάση. Η διχογνωμία μεταξύ ουδέτερης και θετικής στάσης, αποτυπώνεται και από την τιμή της τυπικής απόκλισης (0,87) ως δείκτη διασποράς. Η ενεργειακή κρίση του 2022 και η επίδραση της στην τιμή του Φ.Α πιθανότατα να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα.



Γράφημα 3.29: Οικονομική βιωσιμότητα επενδύσεων αντικατάστασης συμβατικών λεβήτων Φ.Α με συμπύκνωσης

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
30	4	3,41	4	0,87
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,179				Από 3,234 Μέχρι 3,591 Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Πίνακας 3.16: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 30

3.4.6 – 31ή Ερώτηση. Εκσυγχρονισμός συστήματος τεχνητού φωτισμού

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες LED, αισθητήρες φωτισμού και ροοστάτες ρύθμισης φωτεινής έντασης θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας.

(προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

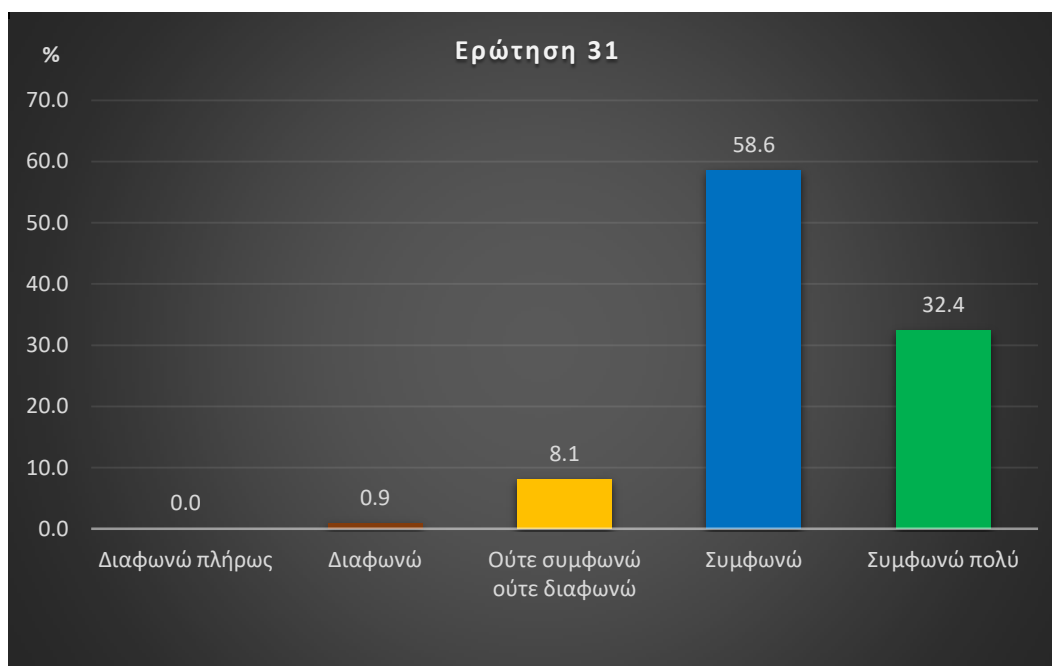
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.30 & πίνακα 3.17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 31 που απαντήθηκε από 111 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες LED, αισθητήρες φωτισμού και ρυθμιστές φωτεινής έντασης θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας: Οι 36 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 32,4% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 65(58,6%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 9(8,1%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, ένας εκπαιδευτικός (0,9%) διαφωνεί και κανένας δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,22 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,63 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,107 έως και 4,343 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η αδιαμφισβήτητη πλειοψηφία (91%) των εκπαιδευτικών παρουσιάζει θετική στάση σε τεχνολογίες που θα μπορούσαν να εξομαλύνουν την απρόσκοπτη σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας εξασφαλίζοντας παράλληλα την βέλτιστη φωτεινότητα των αιθουσών διδασκαλίας. Η παραπάνω παραδοχή, ενισχύεται και από την χαμηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (0,65) που μας υποδηλώνει την μεγάλη σύγκλιση απόψεων του δείγματος.



Γράφημα 3.30: Λαμπτήρες LED με αισθητήρες φωτισμού και ρυθμιστές φωτεινότητας ως προοπτική μείωσης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος		
31	4	4,22	4	0,63		
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	4,107	Μέχρι	4,343
0,118			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%			

Πίνακας 3.17: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 31

3.4.7 – 32ή Ερώτηση. Φυσικός φωτισμός

Ερώτηση: Οι εφαρμογές φυσικού φωτισμού θα πρέπει να είναι ο βασικός γνώμονας επίτευξης της απαιτούμενης φωτεινότητας των σχολικών αιθουσών. (Προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

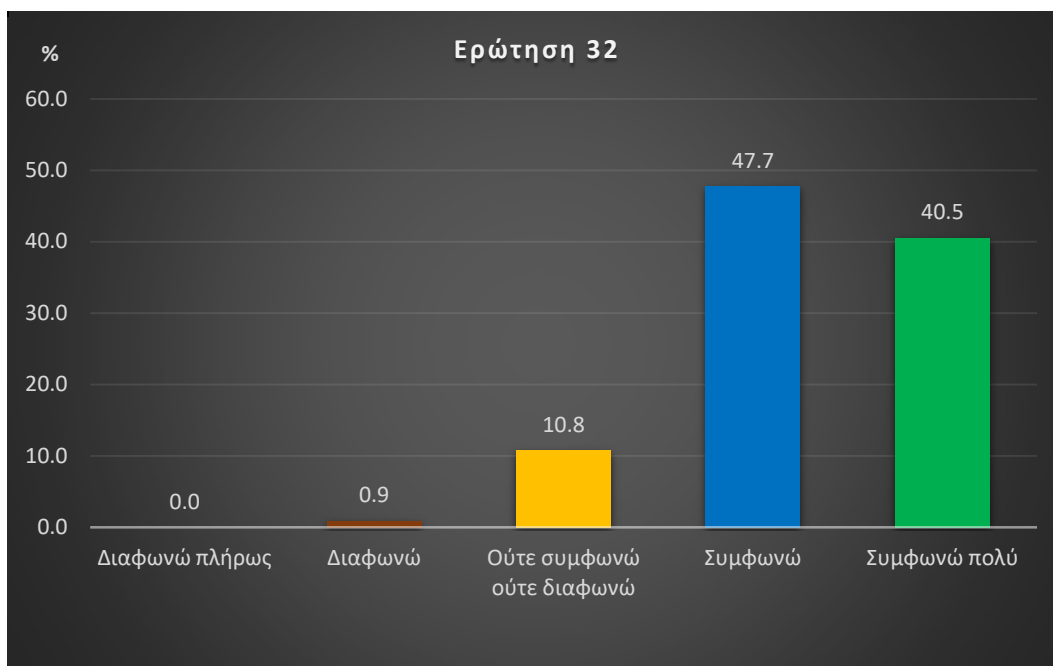
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.31 & πίνακα 3.18 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 32 που απαντήθηκε από 111 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι οι εφαρμογές φυσικού φωτισμού θα πρέπει να είναι ο βασικός γνώμονας επίτευξης της απαιτούμενης φωτεινότητας των σχολικών αιθουσών: Οι 45 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 40,5% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 53(47,7%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 12(10,8%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, ένας εκπαιδευτικός (0,9%) διαφωνεί και κανένας δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,28 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,69 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,149 έως και 4,409 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία (88,2%) των εκπαιδευτικών, αντιλαμβάνεται την σπουδαιότητα του φυσικού φωτισμού ως βασικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και θετικής επιρροής στην ανθρώπινη ψυχολογία. Η μεγάλη σύγκλιση απόψεων του δείγματος, ενισχύεται και από τη χαμηλή τιμή της τυπικής απόκλισης που παίρνει την τιμή 0,69.



Γράφημα 3.31
Φυσικός φωτισμός ως βασικός παράγοντας φωτισμού των σχολικών αιθουσών

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
32	4	4,28	4	0,69
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,130				Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

Πίνακας 3.18: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 32

3.4.8 – 33ή Ερώτηση. Αποδοτικά συστήματα αερισμού

Ερώτηση: Η εγκατάσταση συστήματος αερισμού με αισθητήρες ενεργοποίησης ανάλογα με την ποιότητα του αέρα θα βελτιώνει σημαντικά την υγεία και σχολική απόδοση των μαθητών σας (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

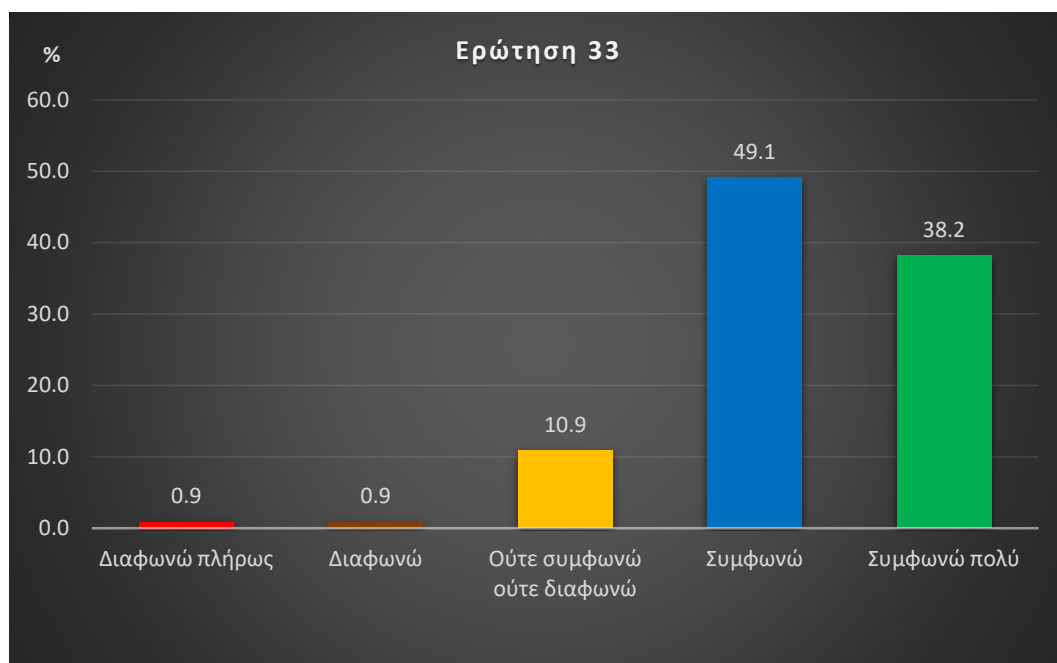
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.32 & πίνακα 3.19 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 33 που απαντήθηκε από 110 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η εγκατάσταση συστήματος αερισμού με αισθητήρες ποιότητας αέρα θα βελτιώνει σημαντικά την υγεία και σχολική απόδοση των μαθητών: Οι 42 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 38,2% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 54(49,1%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 12(10,9%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, ένας εκπαιδευτικός (0,9%) διαφωνεί και ένας (0,9%) διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,23 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,75 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,085 έως και 4,369 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι, κατά συντριπτική πλειοψηφία (87,3%), οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται την σπουδαιότητα της ποιότητας του αέρα στην επίδοση αλλά και καλή υγεία των μαθητών. Η υγειονομική κρίση των τελευταίων ετών, πιθανότατα μας βοήθησε να αντιληφθούμε τα κακώς κείμενα στις τεχνικές αερισμού του παρελθόντος με αποτέλεσμα να αναζητούμε την βελτίωση τους.



Γράφημα 3.32: Συστήματος αερισμού με αισθητήρες ποιότητας του αέρα ως προοπτική βελτίωσης της υγεία και της σχολικής απόδοσης των μαθητών.

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
33	4	4,23	4	0,75
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		
0,142				Από 4,085 Μέχρι 4,369
Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%				

Πίνακας 3.19: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 33

3.4.9 – 34ή Ερώτηση. Φύτευση σχολικών οροφών

Ερώτηση: Η κατάλληλη φύτευση της οροφής και αυλής του σχολείου σας με σκοπό την δημιουργία μικροκλίματος είναι μια δυνατή προοπτική δεδομένου των κατασκευαστικών λεπτομερειών του χώρου σας.

(Προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

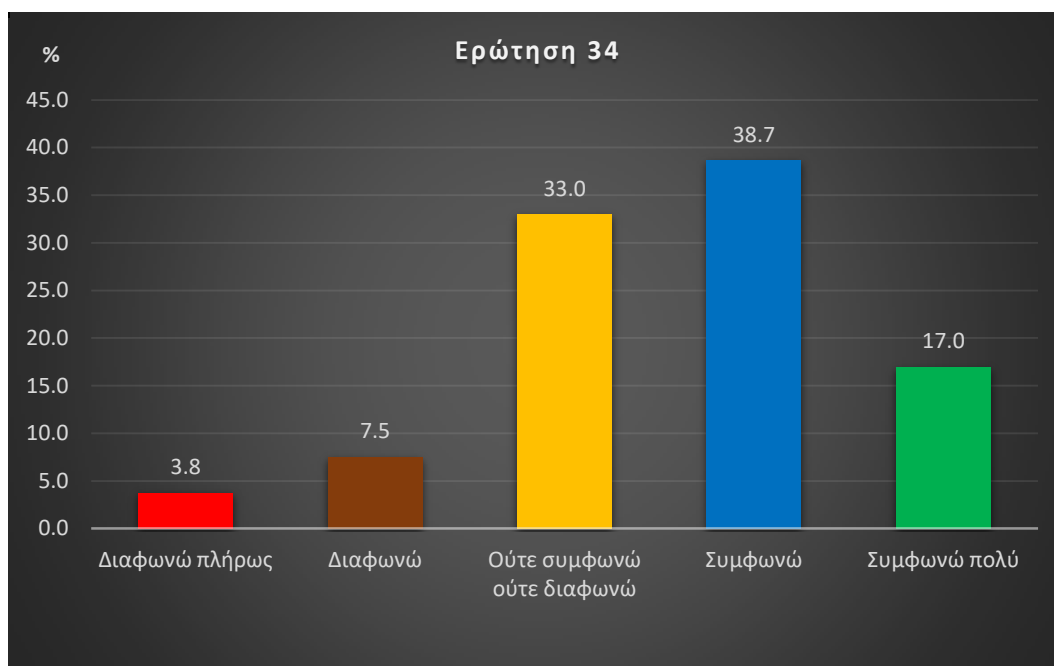
(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.33 & πίνακα 3.20 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 34 που απαντήθηκε από 106 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η φύτευση της οροφής & αυλής του σχολείου με σκοπό την δημιουργία μικροκλίματος είναι

μια δυνατή προοπτική δεδομένου των κατασκευαστικών λεπτομερειών του χώρου: Οι 18 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 17% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 41(38,7%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 35(33%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 8(7,5%) διαφωνούν και οι 4(3,8%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,58 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,98 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,386 έως και 3,765 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (55,7%), πιστεύει ότι θα μπορούσε να εφαρμοστεί στο σχολείο του η τεχνική φύτευσης της οροφής. Το 33% κρατά κάποιους ενδοιασμούς ενώ το 11,3% τηρεί αρνητική στάση. Η παραπάνω διχογνωμία, ενισχύεται και από την υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (0,98) που μας υποδηλώνει την μικρή σύγκλιση απόψεων του δείγματος. Η φύτευση της οροφής είναι εφικτή στις περισσότερες περιπτώσεις σχολείων και εξασφαλίζει πολλαπλά οφέλη ειδικά στην περίπτωση εφαρμογής σε σχολεία εντός μεγάλων πόλεων. Όσον αφορά τα ψυκτικά φορτία, τα σχολεία στην Ελλάδα δεν λειτουργούν τους καλοκαιρινούς μήνες και κατά συνέπεια η συνεισφορά μιας τέτοιας εφαρμογής στον τομέα αυτό δεν χρίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η συνεχής όμως μείωση των βαθμομερών θέρμανσης και αύξησης αυτών της ψύξης (Papakostas, Mavromatis, 2009), θα μας οδηγήσουν να επανεξετάσουμε εκ νέου τα δεδομένα.



Γράφημα 3.33: Δυνατότητα φύτευσης της οροφής & αυλής των σχολείων με σκοπό την δημιουργία μικροκλίματος

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
34	4	3,58	4	0,98
Απόκλιση από Μ.Ο	Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		Από	Μέχρι
0,190			3,386	3,765
			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.20: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 34

3.4.10 – 35ή Ερώτηση. Περιβαλλοντική εκπαίδευση μαθητών

Ερώτηση: Όλα τα παραπάνω συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

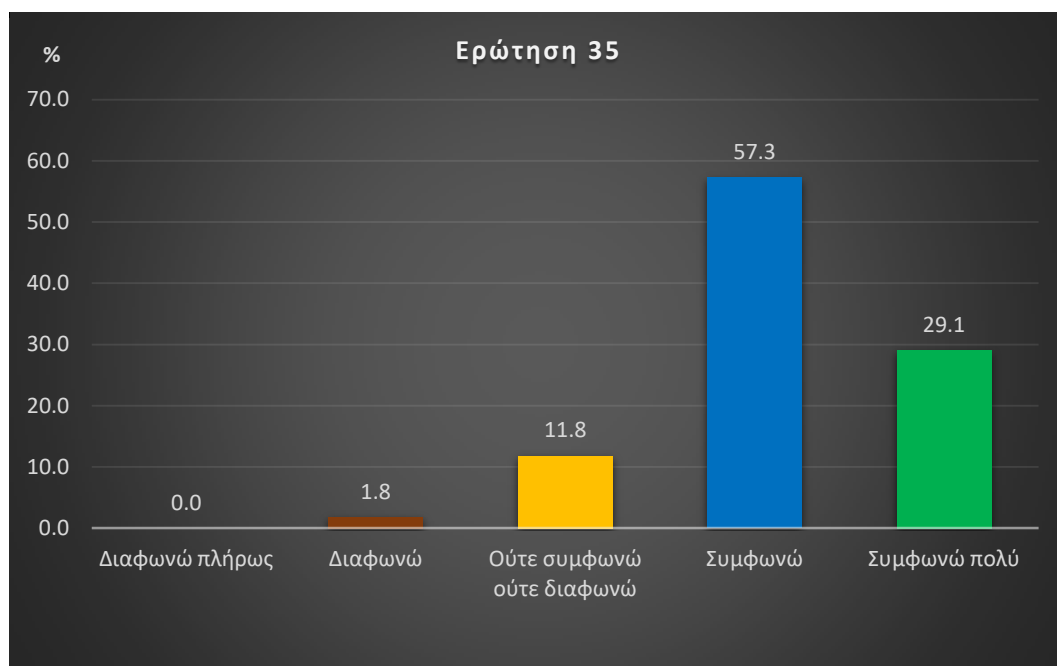
(2) Διαφωνώ.

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.34 & πίνακα 3.21 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 35 που απαντήθηκε από 110 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι τα προαναφερόμενα συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς: Οι 32 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 29,1% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 63(57,3%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 13(11,8%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 2(1,8%) διαφωνούν και κανένας δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,14 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,68 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,007 έως και 4,265 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.



Γράφημα 3.34

Δυνατότητα εκμετάλλευσης πράσινων συστημάτων για εκπαιδευτικούς σκοπούς

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος	
35	4	4,14	4	0,68	
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →			
		Από	4,007	Μέχρι	4,265

Πίνακας 3.21: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 35

3.4.11 – 36ή Ερώτηση. Καλλιέργεια περιβαλλοντικής ευαισθησίας μαθητών

Ερώτηση: Η ύπαρξη των παραπάνω συστημάτων θα βοηθούσε στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών. (Προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

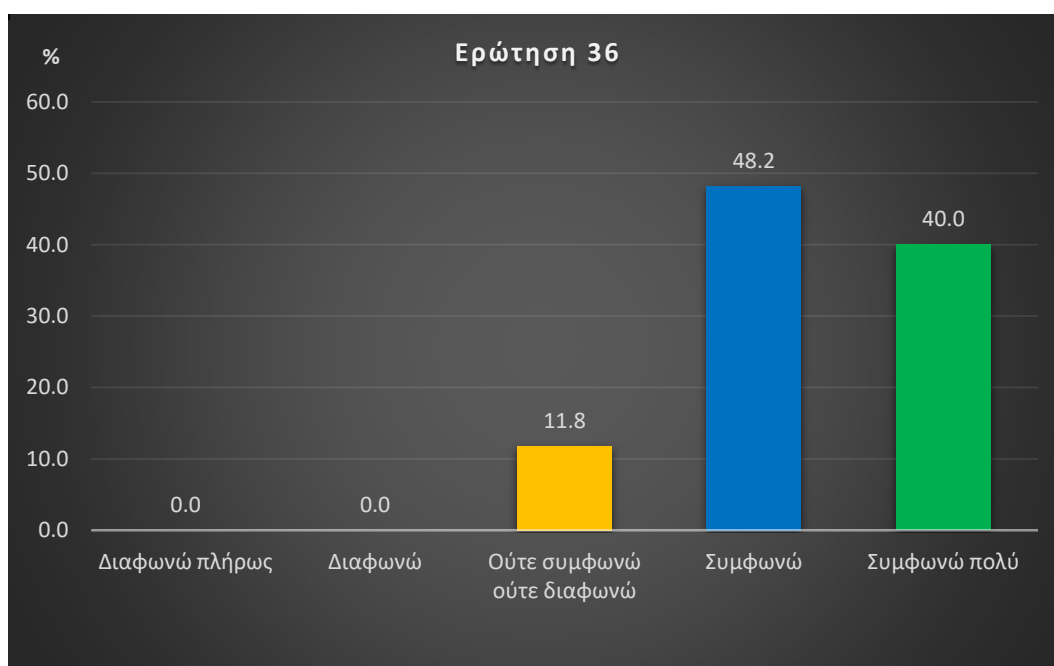
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.35 & πίνακα 3.22 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 36 που απαντήθηκε από 110 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι η ύπαρξη των παραπάνω συστημάτων θα βοηθούσε στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών : Οι 44 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 40% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 53(48,2%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 13(11,8%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν και κανένας εκπαιδευτικός δεν διαφωνεί ή δεν διαφωνεί πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 4,28 με διάμεσο το 4 και επικρατούσα τιμή το 4. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,66, ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 4,156 έως και 4,407 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Από τις ερωτήσεις 35 και 36, διακρίνουμε ξεκάθαρα ότι μια αδιαμφισβήτητη πλειοψηφία που αγγίζει το 90%, πιστεύει στην χρήση των προαναφερόμενων τεχνολογιών με σκοπό την εκπαίδευση αλλά και την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών. Επίσης, οι χαμηλές τιμές της τυπικής απόκλισης (0,68 & 0,66) μας υποδηλώνουν την μεγάλη σύγκλιση απόψεων του δείγματος.



Γράφημα 3.35: Συσχετισμός πράσινων συστημάτων στα σχολεία και καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης από τους μαθητές

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος		
36	4	4,28	4	0,66		
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από	4,156	Μέχρι	4,407
0,126			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%			

Πίνακας 3.22: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 36

3.4.12 – 37ή Ερώτηση. Πολιτική βούληση

Ερώτηση: Υπάρχει βούληση από το υπουργείο για την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων στα σχολεία (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

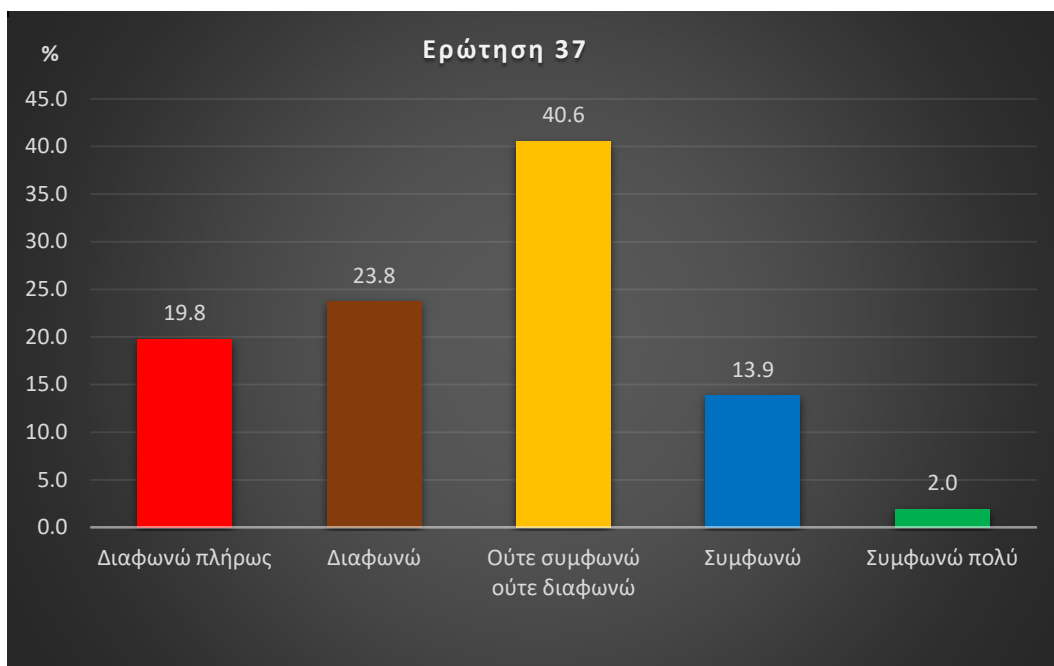
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.36 & πίνακα 3.23 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 37 που απαντήθηκε από 101 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι υπάρχει πολιτική βούληση για την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων στα σχολεία: Οι 2 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 2% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 14(13,9%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 41(40,6%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 24(23,8%) διαφωνούν και οι 20(19,8%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 2,54 με διάμεσο το 3 και επικρατούσα τιμή το 3. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 1,025 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 2,34 έως και 2,75 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, είτε δεν συμφωνεί (43,8) στο ότι υπάρχει πολιτική βούληση εφαρμογής ενεργειακά βιώσιμων πολιτικών στα σχολεία, είτε έχει ενδοιασμούς (40,6%) για το θέμα. Μόλις το 15,9% απάντησε θετικά ως αποτέλεσμα των μειωμένων κυβερνητικών προσπαθειών επί του θέματος τα τελευταία χρόνια. Η μεγάλη διχογνωμία αποτυπώνεται και από την υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης ως δείκτη διασποράς των απαντήσεων του δείγματος.



Γράφημα 3.36: Βαθμός πολιτικής βούλησης σχετικά με την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων στα σχολεία

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
37	3	2,54	3	1,025
Απόκλιση από Μ.Ο	Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →		Από 2,34	Μέχρι 2,75
0,2023			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.23: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 37

3.4.13 – 38ή Ερώτηση. Σεβασμός των ενεργειακών συστημάτων από τους μαθητές

Ερώτηση: Οι μαθητές θα σεβόντουσαν αυτά τα συστήματα δεδομένου ότι κάποια θα ήταν εύκολα προσβάσιμα (προαιρετική απάντηση).

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως.

(2) Διαφωνώ.

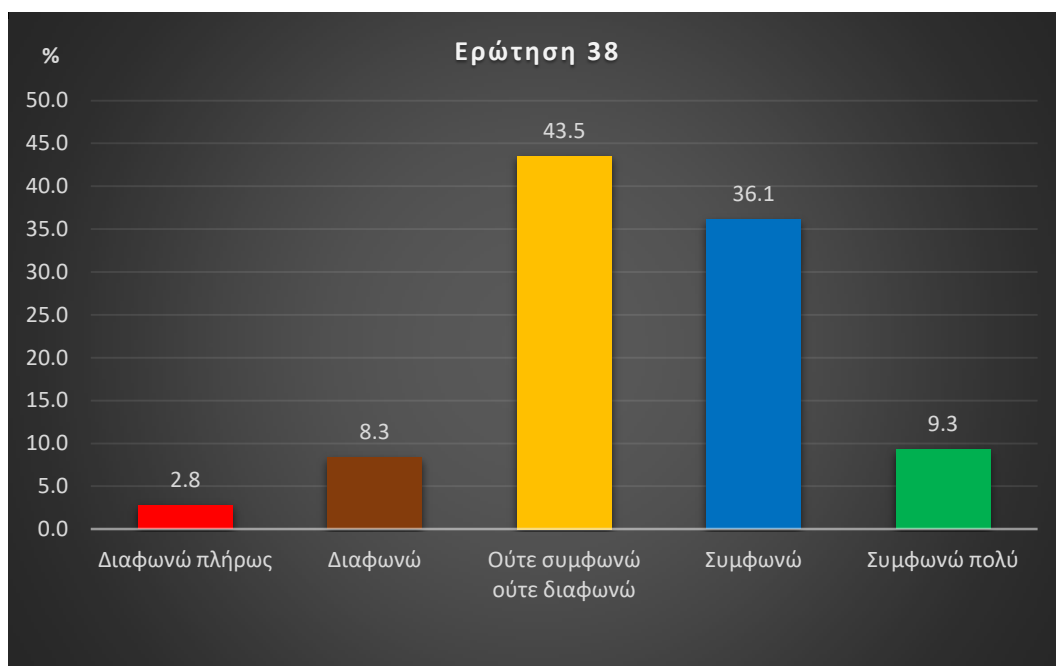
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ.

(4) Συμφωνώ.

(5) Συμφωνώ πολύ.

Στο γράφημα 3.37 & πίνακα 3.24 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ερώτησης 38 που απαντήθηκε από 108 εκπαιδευτικούς. Στην πρόταση ότι οι μαθητές θα σεβόντουσαν αυτά τα συστήματα: Οι 10 εκπαιδευτικοί που αποτελούν το 9,3% απάντησαν ότι συμφωνούν πολύ, οι 39(36,1%) απάντησαν ότι συμφωνούν, οι 47(43,5%) ούτε συμφωνούν ούτε διαφωνούν, οι 9(8,3%) διαφωνούν και οι 3(2,8%) διαφωνούν πλήρως. Η τιμή του Μ.Ο είναι 3,41 με διάμεσο το 3 και επικρατούσα τιμή το 3. Η τυπική απόκλιση ως μέτρο διασποράς είναι 0,88 ενώ το διάστημα εμπιστοσύνης κυμαίνεται από 3,24 έως και 3,574 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Παρατηρούμε ότι η όχι και τόσο μεγάλη αναλογικά πλειοψηφία (45,4%) εκπαιδευτικών, πιστεύει στον σεβασμό των πράσινων τεχνολογιών από τους μαθητές. Ένα μεγάλο ποσοστό (43,5) διατηρεί ενδοιασμούς ενώ ένα μικρό ποσοστό 11,1% απάντησε αρνητικά. Η προαναφερόμενη σχετική διχογνωμία, αποτυπώνεται και από την τιμή της τυπικής απόκλισης που για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0,88.



Γράφημα 3.37: Βαθμός σεβασμού των ενεργειακά πράσινων συστημάτων από τους μαθητές.

Ερώτηση	Διάμεσος	Μέσος όρος – Μ.Ο	Επικρατούσα τιμή	Τυπική απόκλιση δείγματος
38	3	3,41	3	0,88
Απόκλιση από Μ.Ο		Διάστημα εμπιστοσύνης δείγματος →	Από 3,240	Μέχρι 3,574
0,167			Επίπεδο εμπιστοσύνης 95%	

Πίνακας 3.24: Μέτρα θέσης & διασποράς ερώτησης 38

3.4.14 – Σύγκριση Μ.Ο ερωτήσεων 26-38

Από την σύγκριση των μέσων όρων των ερωτήσεων 26-38, όπως μπορούμε να αντιληφθούμε και από το αραχνοειδές διάγραμμα 3.38, προκύπτουν τα κάτωθι συμπεράσματα:

- (1) Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, παρουσιάζει θετική στάση σε τυχόν ενεργειακές επεμβάσεις που αφορούν Φ/Β, ηλιακή θέρμανση, αποδοτικά συστήματα φωτισμού, εφαρμογές φυσικού φωτισμού και εξελιγμένων συστημάτων αερισμού.
- (2) Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών πιστεύει ότι τα αποδοτικά από ενεργειακής απόψεως συστήματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς εκπαίδευσης αλλά και καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης.

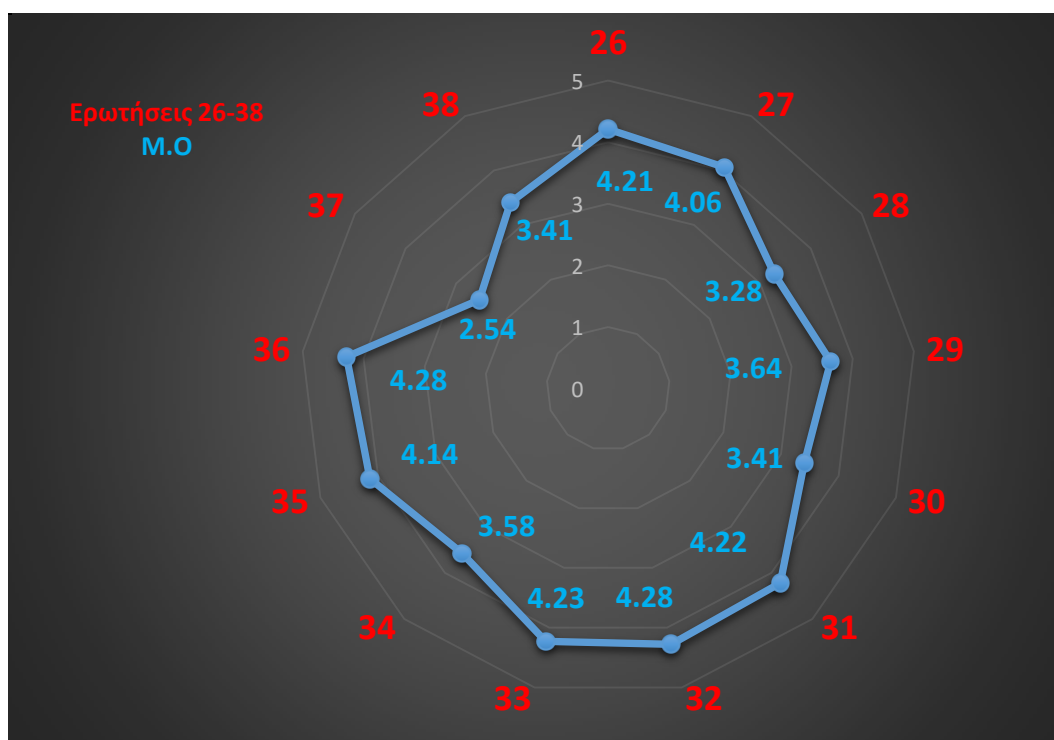
(3) Μια σχετικά μεγάλη πλειοψηφία εκπαιδευτικών, αντιμετωπίζει θετικά την προοπτική αντικατάστασης του λέβητα αερίου με έναν πιο αποδοτικής τεχνολογίας και βλέπει θετικά την προοπτική φύτευσης της οροφής του σχολείου. Επίσης, βλέπει θετικά τις εφαρμογές γεωθερμικών αντλιών θερμότητας.

(4) Μια σχετικά μεγάλη πλειοψηφία εκπαιδευτικών πιστεύει στο σεβασμό των συστημάτων από τους μαθητές.

(5) Κατά οριακή πλειοψηφία αλλά και μεγάλη διασπορά (τυπική απόκλιση = 1,05), οι εκπαιδευτικοί πιστεύουν στην δυνατότητα εφαρμογής συστημάτων βιομάζας.

(6) Κατά σχετική πλειοψηφία αλλά και μεγάλη διασπορά (τυπική απόκλιση = 1,025), οι εκπαιδευτικοί δεν πιστεύουν στην θέληση του υπουργείου για ενεργειακά αποδοτικές εφαρμογές στα σχολεία.

Ως πρόσθετο συμπέρασμα, που προκύπτει από τις τιμές της τυπικής απόκλισης ως δείκτη διασποράς (πίνακες 3.12-3.24), παρατηρούμε ότι στο σύνολο των απαντήσεων παρουσιάζεται μια σχετική σύγκλιση που εκφράζεται από τις χαμηλές τιμές διασποράς και φθάνει σε κάποιες περιπτώσεις το 0,63. Εξαιρέση αποτελούν οι δυο περιπτώσεις που αναφέρονται στα συμπεράσματα 5 και 6.



Γράφημα 3.38: Σύγκριση Μ.Ο των ερωτήσεων 26-38

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Συμπεράσματα βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Οι σχολικές μονάδες αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των δημόσιων κτιρίων στην Ελλάδα και δεδομένου της εκτεταμένης χρήσης τους απαιτούν υψηλές κρατικές δαπάνες για την ενεργειακή τους κάλυψη. Σε πολλές περιπτώσεις τα σχολικά κτίρια έχουν σχεδιαστεί όπως κάθε άλλο κτίριο, ενώ ένα ακόμα πρόβλημα εντοπίζεται στην υψηλή πληρότητα των αιθουσών με μαθητές.

Ο συνολικός αριθμός σχολικών κτιρίων στην Ελλάδα είναι 14446 και κατά πλειοψηφία είναι κατασκευασμένα πριν το 1964 με το 41% να είναι άνω των 30 ετών. Σε γενικές γραμμές η μέση ηλικία των ελληνικών σχολείων είναι 36,5 έτη. Το τυπικό ελληνικό σχολικό κτίριο στέκεται μόνο του, έχει δύο ορόφους ύψους 3-4 μέτρα, δεν διαθέτει υπόγειο, έχει ορθογώνιο ευθύγραμμο σχήμα, η αυλή δεν περικλείεται από το κτίριο, οι διάδρομοι είναι εσωτερικοί και η σκεπή είναι από πλάκα τσιμέντου και επίπεδη. Η τυπική ελληνική σχολική αίθουσα έχει νότιο προσανατολισμό και 51 τ.μ. εμβαδόν. Η μέση κατανομή της ενεργειακής κατανάλωσης είναι 77% για θέρμανση και 23% για ηλεκτρική ενέργεια. Η μέση συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι 98,8 kWh/m².

Η συνολική ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια θέρμανσης όλων των ελληνικών σχολείων αγγίζει τις 192000 MWh , ενώ κατά μέσο όρο καταναλώνονται 68 kWh/m² ετησίως. Η πλειοψηφία των σχολικών κτιρίων (63%) δεν φέρει καμία θερμική μόνωση αδιαφανών στοιχείων και η ύπαρξη μονών υαλοπινάκων ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τις υψηλές θερμικές απώλειες. Ένα υψηλό ποσοστό τους έχει κατασκευαστεί σε εποχές που δεν είχε καν τεθεί σε ισχύ κάποιος κανονισμός θερμομόνωσης και όσο αφορά την ενεργειακή απόδοση, μόνο το 4% των κτιρίων ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. Τα παραπάνω μας υποδεικνύουν ότι επεμβάσεις θερμικής μόνωσης κτιριακού κελύφους είναι θεμιτές.

Η πιο συνηθισμένη τεχνολογία θέρμανσης είναι η χρήση λέβητα πετρελαίου στο 71,4% των σχολείων. Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η εφαρμογή υβριδικών συστημάτων ηλιακής υποβοήθησης θέρμανσης στα πλαίσια μιας συνολικής ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων είναι στο δρόμο για την επίτευξη των βιοκλιματικών, σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, κτιρίων. Η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ως μη επιβαρυντική για το περιβάλλον και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την παραγωγή θερμότητας όσο και ηλεκτρισμού. Κατά τον σχεδιασμό ενός υβριδικού συστήματος θέρμανσης, μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στην επιλογή των συλλεκτών. Όταν βασικός στόχος είναι η κάλυψη μόνο θερμικών αναγκών, η βέλτιστη επιλογή είναι οι σωλήνες κενού. Οι συλλέκτες επίπεδων πιάτων παρουσιάζουν πολύ μικρότερη απόδοση, όμως μπορεί να επιλεγθούν βάση οικονομικών αναλύσεων κόστους. Αν επιθυμούμε την βέλτιστη οικολογική και οικονομικά αποδοτική λύση, η καλύτερη επιλογή είναι τα υδρόψυκτα Φ/Β , που όμως παρουσιάζουν χαμηλή παραγωγή θερμικής ενέργειας. Εφόσον αυτή απαιτείται δεν θα πρέπει να συνεργάζονται με σωλήνες κενού γιατί η υψηλότερη θερμοκρασία του νερού μειώνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να μας απασχολεί είναι η κλιματική μεταβολή που έχει άμεση επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη. Στα υφιστάμενα κτίρια, οι απαιτήσεις για θέρμανσης συνεχώς μειώνονται ,ενώ του κλιματισμού αυξάνονται. Αυτό μας παρέχει τροφή για σκέψη σχετικά με το πως θα πρέπει να σχεδιάζονται τα κτίρια, τα οποία ενώ

κατασκευάζονται σήμερα, θα λειτουργήσουν στις δεκαετίες του μέλλοντος όπου οι κλιματικές συνθήκες θα είναι ιδιαίτερα διαφορετικές. Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δίνεται στα συστήματα κλιματισμού, σκίασης, αερισμού και δροσισμού για να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις μελλοντικές προκλήσεις. Οι φυτεμένες οροφές προσανατολίζονται προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτό οφείλεται στον μετριασμό των θερμικών κερδών ,που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της καταναλισκόμενης για δροσισμό ενέργειας τους θερμούς μήνες. Εκτός από την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, έρευνες έχουν δείξει πολλά ακόμα σημαντικά πλεονεκτήματα. Η μείωση του αστικού θορύβου, η αύξηση της βιοποικιλότητας, η αύξηση της διάρκειας ζωής των δομικών στοιχείων, η μείωση της περιεκτικότητας του αέρα σε αιρούμενα σωματίδια και διοξείδιο του άνθρακα είναι μερικά από αυτά.

Τα συστήματα φωτισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των σχολικών αιθουσών τις τελευταίες έξη δεκαετίες, παρουσιάζουν ραγδαία πρόοδο όσον αφορά την ενεργειακή και οπτική απόδοση. Από πυκνότητα ισχύος 52.1 W/m², οδηγηθήκαμε στα 9.1 W/m², ενώ η ετήσια καταναλισκόμενη για φωτισμό ενέργεια μειώθηκε σε 679 kWh για μια τυπική τάξη. Σύμφωνα με τις τιμές πυκνότητας ισχύος που υπαγορεύουν ευρωπαϊκοί αλλά και εθνικοί κανονισμοί, η πλειοψηφία των σχολικών αιθουσών στην Ελλάδα έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα ισχύος από αυτή που πραγματικά απαιτείται. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη συστημάτων ελέγχου φωτισμού αλλά και την χρήση λαμπτήρων χαμηλής απόδοσης, ενώ έχει ως συνέπεια τον άσκοπο υπέρ φωτισμό και υπερκατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού, με ομαλή κατανομή του ηλιακού φωτός, μπορεί να αντιμετωπίσει δραστικά την άσκοπη χρήση τεχνητού φωτισμού, εξοικονομώντας ενέργεια και μειώνοντας το κόστος χρήσης ενός κτιρίου. Δεν πρέπει επίσης να ξεχνάμε ότι ο φυσικός φωτισμός επηρεάζει θετικά την ανθρώπινη συμπεριφορά με άμεσους ή έμμεσους τρόπους. Ο φυσικός φωτισμός στην Ελλάδα μπορεί να εξασφαλίσει, στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα βασικό επίπεδο φωτισμού. Ο τεχνητός φωτισμός από την άλλη, μπορεί να χρησιμοποιείται όταν πραγματικά κρίνεται αναγκαίο. Για να εκπληρωθεί η απαίτηση για σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας σχολικών κτιρίων, θα πρέπει να υπερισχύσει η εφαρμογή υψηλής απόδοσης λαμπτήρων σε συνδυασμό με συστήματα ελέγχου φωτισμού δεδομένου ότι τα περισσότερα σχολεία λειτουργούν σε ώρες όπου υπάρχει υψηλό επίπεδο φυσικού φωτός. Μεγάλη ενεργειακή εξοικονόμηση παρουσιάζουν οι λαμπτήρων LED συνεχούς ρεύματος με έναν ή πολλαπλούς αισθητήρες.

Μεγάλη έμφαση θα πρέπει να δίνεται και στην εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων που μπορούν να καλύψουν μεγάλο μέρος των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια ενός σχολείου. Τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν σχετικά μικρό χρόνο απόσβεσης ενώ μπορούν να αποφέρουν ακόμα και οικονομικά έσοδα σε μια σχολική μονάδα. Σε εθνικό επίπεδο, μέχρι και το 2010, είχαν εγκατασταθεί Φ/Β σε 82 σχολεία με συνολική ισχύ 828 kW. Το 7^ο λύκειο Πειραιά ήταν το πρώτο ενώ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση του 4^{ου} γυμνασίου – λυκείου Αθήνας όπου η εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων σχεδιάστηκε ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει και εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι η κακή ποιότητα του αέρα εμποδίζει τους μαθητές να αποκτήσουν τις γνωστικές ικανότητες. Επίσης, ένας ελλιπώς αεριζόμενος χώρος είναι εστία διάδοσης ασθενειών. Ο μέσος όρος συγκέντρωσης CO₂ στις

σχολικές αίθουσες της Ελλάδας είναι 855 ppm, που εκ πρώτης όψεως είναι εντός επιτρεπτών ορίων. Όμως πιο αναλυτικές καταγραφές απέδειξαν, ότι κατά την διακύμανση των τιμών, πολλές φορές ξεπερνιόντουσαν τα αποδεκτά όρια. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε ότι η εφαρμογή συστημάτων αερισμού με αισθητήρες CO₂ είναι αναγκαία. Εδώ θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις δυνατότητες του φυσικού αερισμού που είναι μέθοδος ανανέωσης του αέρα με φυσικά μέσα χωρίς να απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Οι βασικότερες σχεδιαστικές τεχνικές που εφαρμόζονται για την επίτευξη του είναι η εκμετάλλευση του διαμπερή αερισμού και του φαινομένου ελκυσμού. Στα πλαίσια των βιοκλιματικών σχολείων, σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, βασικός στόχος είναι οι χώροι διδασκαλίας να διασφαλίζουν την θερμική και οπτική άνεση, καθώς και να έχουν την απαιτούμενη ποιότητα αέρα. Αυτό αποτελεί απαραίτητο παράγοντα έτσι ώστε οι μαθητές να νιώθουν ευχάριστα και να μπορούν να αποδώσουν ανεπηρέαστοι στο μέγιστο. Τα παραπάνω όμως πρέπει να εξασφαλίζονται λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τόσο την βιωσιμότητα από την σκοπιά της οικονομίας, όσο και του περιβάλλοντος.

4.2 Συμπεράσματα ερευνητικού εργαλείου

4.2.1 Συμπεράσματα 1^{ης} & 2^{ης} ενότητας

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε είναι ερωτηματολόγιο 38 ερωτήσεων χωρισμένο σε 4 ενότητες. Το δείγμα αποτελείται από 116 εκπαιδευτικούς 20 διαφορετικών πανεπιστημιακών κλάδων που υπηρετούν σε όλους τους τύπους σχολείων πλην ειδικών. Κατά πλειοψηφία είναι γένους θηλυκού (55,2%), μηχανολόγοι (23,3%) και υπηρετούν σε ΕΠΑΛ (56,9%). Το 52% των εκπαιδευτικών ανήκει σε κλάδους που συναντάμε στα ΕΠΑΛ, ενώ μεγάλη αναλογικά συμμετοχή υπήρξε από υπηρετούντες σε γυμνάσια (23,3%) και κλάδου φιλολόγων (14,7%). Η προϋπηρεσία άνω των δέκα ετών είναι σε υψηλό επίπεδο (64%) και δεδομένου ότι ένα αξιόλογο ποσοστό (15,5%) έχει υπηρετήσει σε θέση ευθύνης, εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό η ακρίβεια των απαντήσεων. Πολλές από τις σχολικές μονάδες (43,1%) είναι κατασκευασμένες μετά το 1981 που εφαρμόστηκε ο ελληνικός κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων, ενώ αρκετές από αυτές είναι κατασκευασμένες την μετά Κ.Εν.Α.Κ εποχή. Στην πλειοψηφία τους στεγάζουν μια μόνο βαθμίδα, ενώ στο 22,4% λειτουργούν εσπερινά σχολεία που αυξάνουν τις ώρες λειτουργίας και τα ενεργειακά κόστη. Σε αυτή την περίπτωση, τυχόν ενεργειακές αναβαθμίσεις θα μπορούσαν να επιφέρουν ταχύτερη απόσβεση επένδυσης. Στο 67,2% των περιπτώσεων χρησιμοποιείται για την θέρμανση λέβητας πετρελαίου. Παρατηρούνται επίσης και αρκετές περιπτώσεις λέβητα αερίου, αντλίας θερμότητας και συνδυασμένου συστήματος. Οι τιμές ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τα αποτελέσματα παλαιότερης έρευνας σύμφωνα με την οποία: Η πιο συνηθισμένη πρακτική είναι η χρήση λέβητα πετρελαίου στο 71,4% των σχολείων, ενώ λέβητες βιομάζας χρησιμοποιούνται σπάνια. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (43,1%) υπηρετεί σε σχολεία όπου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες οικονομίας φθορίου, ενώ το 19,8% σε σχολεία με λαμπτήρες οικονομίας LED. Παρατηρούμε ότι οι λαμπτήρες φθορισμού εξακολουθούν να καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τον φωτισμό των σχολικών αιθουσών ενώ εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται λαμπτήρες πυρακτώσεως.

Στην πραγματικότητα, η χρήση τους συνεχώς μειώνεται και σε αυτό έχουν συμβάλει κατά πολύ τα εκάστοτε προγράμματα ενεργειακής αναβάθμισης σχολικών μονάδων. Σύμφωνα με έρευνες, οι λαμπτήρες LED είναι κατά πολύ πιο αποδοτικοί από τους λαμπτήρες φθορισμού ακόμα και αν οι τελευταίοι είναι νέας τεχνολογίας. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών υπηρετεί σε σχολεία με διπλούς υαλοπίνακες. Οι μονού τύπου εξακολουθούν να εμφανίζονται σε πολύ υψηλό ποσοστό γεγονός που αυξάνει, όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, τις ενεργειακές απώλειες. Μόλις το 10,3% του δείγματος υπηρετεί σε σχολείο που έχει συμμετάσχει σε πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης. Υπερτερούν οι περιπτώσεις αναβάθμισης του συστήματος φωτισμού και πιθανότατα αφορούν την αντικατάσταση των παλαιών λαμπτήρων με LED. Αυτό είναι και αναμενόμενο, δεδομένου ότι έχουν τρέξει προγράμματα αυτού του τύπου στο εγγύτερο παρελθόν.

4.2.2 Συμπεράσματα 3^{ης} ενότητας

Η 3^η ενότητα του ερωτηματολογίου, που αποτελεί το βασικό κομμάτι της έρευνας (μαζί με την 4^η), έχει ως στόχο την αξιολόγηση τόσο της αποδοτικότητας όσο και της αποτελεσματικότητας των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών συστημάτων.

Ο βαθμός ικανοποίησης των εκπαιδευτικών από την ενεργειακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης είναι οριακά θετικός, δεδομένου και της μέσης τιμής (3,16), ενώ ένα μεγάλο ποσοστό θεωρεί την απόδοση μη ικανοποιητική (27,7%) ή και μέτρια (30,2%).

Ο βαθμός ικανοποίησης από την θερμική άνεση των αιθουσών κατά τους χειμερινούς μήνες είναι κατά πλειοψηφία θετικός (Μ.Ο: 3,34) ενώ οι πολύ αρνητικές απαντήσεις είναι περιορισμένες. Αν φυσικά η ερώτηση είχε τεθεί τα πρώτα χρόνια της οικονομικής κρίσης, λόγω της ελλειπής θέρμανσης, η πλειοψηφία των απαντήσεων θα ήταν πιθανότατα αρνητικές. Το ίδιο ποσοστό αρνητικών απαντήσεων θα εισπράτταμε και αν η ερώτηση είχε τεθεί στην αρχή της υγειονομικής κρίσης λόγω του ότι τα παράθυρα των σχολικών αιθουσών ήταν συνεχώς ανοικτά ακόμα και τις πιο ψυχρές μέρες του χειμώνα.

Όσο αφορά τον βαθμό ικανοποίησης από την θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους, παρατηρούμε ότι οι αρνητικές απαντήσεις υπερτερούν λόγω της ελλιπής θερμομόνωσης των σχολικών μονάδων. Αυτό οφείλεται στο ότι η πλειοψηφία τους έχει κατασκευαστεί την προ Κ.Εν.Α.Κ εποχή. Το παραπάνω εκφράζεται και από την τιμή του μέσου όρου (2,74) ενώ η τυπική απόκλιση (1,10) ως μέτρο διασποράς του δείγματος μας δηλώνει ότι υπάρχει μικρή σύγκλιση απόψεων.

Σχετικά με τον βαθμό ικανοποίησης από την ενεργειακή απόδοση του συστήματος φωτισμού, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία (52,6%) των εκπαιδευτικών θεωρεί τα χρησιμοποιούμενα συστήματα ικανοποιητικά όσο αφορά την απόδοση τους. Ένα μεγάλο ποσοστό (31%) θεωρεί την απόδοση μέτρια και μειώνει τον μέσο όρο στο 3,42 παρόλο που οι αρνητικές απαντήσεις είναι περιορισμένες. Για τον φωτισμό χρησιμοποιούνται λαμπτήρες οικονομίας φθορίου ή LED που εκ των πραγμάτων παρουσιάζουν σχετικά καλή απόδοση. Ωστόσο, για την βελτιστοποίηση των συστημάτων, θα πρέπει να αντικατασταθούν όλοι οι λαμπτήρες με LED, να εφαρμοστούν συστήματα ρύθμισης φωτεινότητας με σκοπό την αποφυγή υπερβάλλουσας χρήσης και τα

νεόδημητα σχολικά κτίρια να κατασκευάζονται με γνώμονα την μέγιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτός.

Αν εξετάσουμε τον βαθμό ικανοποίησης από την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (57,8%) θεωρεί ότι γίνεται σε υψηλό επίπεδο ενώ λίγοι φέρουν αντίθετη άποψη (12,9%). Η τιμή του μέσου όρου είναι αρκετά υψηλή (3,59). Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο συντελεστής ηλιοφάνειας στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα μεγάλος και προσφέρει άπλετο φυσικό φως. Αυτό όμως μπορεί να λειτουργήσει αρνητικά δημιουργώντας συνθήκες οπτικής δυσφορίας, αν δεν λαμβάνονται επαρκή μέτρα σκίασης ειδικά τους θερμότερους μήνες.

Κατά συντριπτική πλειοψηφία (69%) οι εκπαιδευτικοί είναι ικανοποιημένοι από τον φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας (Μ.Ο: 3,82). Επίσης, παρατηρείται σχετικά μικρή διασπορά που υποδηλώνει μια σύγκλιση απόψεων ενώ οι αρνητικές απαντήσεις είναι ιδιαίτερα περιορισμένες (5,2%). Η υψηλή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, όπως είδαμε και στην προηγούμενη ερώτηση, έχει ως αποτέλεσμα ο φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας να είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Όσο αφορά τον βαθμό ικανοποίησης από την αποτελεσματικότητα του συστήματος αερισμού των αιθουσών διδασκαλίας, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (54,4%) απάντησαν θετικά και μόνο το 13,8% αρνητικά. Σχετικά με τον βαθμό ικανοποίησης από την ποιότητα του αέρα μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας, η πλειοψηφία (55,1%) απάντησε θετικά και μόλις ένα μικρότερο ποσοστό (15,5%) αρνητικά. Ο αερισμός των σχολικών αιθουσών στην Ελλάδα γίνεται με το άνοιγμα των παραθύρων κατά την διάρκεια του διαλείμματος, αφήνοντας κάποια παράθυρα ανοικτά κατά την διάρκεια της διδασκαλίας, ενώ παραμένουν συνεχώς ανοικτά κατά τους θερμότερους μήνες. Αυτές οι τεχνικές δεν εξασφαλίζουν απαραίτητα την βέλτιστη ποιότητα αέρα λόγω του ότι δεν υπάρχει καμία αντικειμενική πληροφόρηση. Επίσης, οι μέθοδοι αυτοί είναι ιδιαίτερα ενεργοβόροι τους χειμερινούς μήνες. Συστήματα τεχνητού αερισμού με αισθητήρες συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσαν να ενεργοποιούν τον εξαερισμό μόνο όταν αυτό είναι πραγματικά απαραίτητο. Κάτι τέτοιο, βελτιστοποιεί τόσο την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα όσο και την ενεργειακή απόδοση του συστήματος.

Όσο αφορά την γενική ενεργειακή απόδοση της σχολικής μονάδας, παρατηρούμε ότι οι θετικές απαντήσεις (37,1%) παρουσιάζουν ένα μικρό προβάδισμα σε σχέση με τις αρνητικές (31,1%). Στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα συντρέχουν και λόγοι που δεν θίγονται στην παρούσα έρευνα όπως ο φωτισμός της αυλής, ο κλιματισμός των γραφείων, οι εργαστηριακές εγκαταστάσεις κ.α.

Στην ερώτηση όπου οι εκπαιδευτικοί καλούνται να επισημάνουν τα σημεία που υστερεί ενεργειακά η σχολική τους μονάδα και δεν τους δόθηκε η ευκαιρία να σχολιάσουν, κρίνεται σκόπιμο να αναφέρουμε τα προβλήματα υγρασίας λόγω κακής στεγανότητας των δομικών στοιχείων, την ποιότητα αλλά και συντήρηση των ανοιγμάτων, την σκίαση που επηρεάζει τόσο τα θερμικά κέρδη όσο και την οπτική άνεση και τις ΑΠΕ που σπάνια χρησιμοποιούνται στα ελληνικά σχολεία.

4.2.3 Συμπεράσματα 4^{ης} ενότητας

Στόχος της παρούσας ενότητας είναι να αποτυπώσει την στάση των εκπαιδευτικών σε δυνητικές επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης καθώς και να διερευνήσει την άποψη που επικρατεί σχετικά με την δυνατότητα επίτευξης τους. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (89,1%) είναι πεπεισμένη για την αποτελεσματικότητα των Φ/Β συστημάτων ενώ ένα μικρό ποσοστό (10%) διατηρεί κάποιους ενδοιασμούς.

- Η αδιαμφισβήτητη πλειοψηφία (91%) παρουσιάζει θετική στάση σε τεχνολογίες που θα μπορούσαν να εξομαλύνουν την απρόσκοπτη σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό και εξασφαλίζουν παράλληλα την βέλτιστη φωτεινότητα των αιθουσών διδασκαλίας.

- Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία (88,2%) των εκπαιδευτικών, αντιλαμβάνεται την σπουδαιότητα του φυσικού φωτισμού ως βασικό παράγοντα εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και θετικής επιρροής στην ανθρώπινη ψυχολογία.

- Κατά συντριπτική πλειοψηφία (87,3%), οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται την σπουδαιότητα της ποιότητας του αέρα στην επίδοση αλλά και καλή υγεία των μαθητών. Οι υγειονομική κρίση των τελευταίων ετών, πιθανότατα μας βοήθησε να αντιληφθούμε τα κακώς κείμενα στις τεχνικές αερισμού του παρελθόντος, με αποτέλεσμα να αναζητούμε την βελτίωση τους.

- Με μεγάλη σύγκλιση απόψεων αλλά και ξεκάθαρη πλειοψηφία που αγγίζει το 90%, οι εκπαιδευτικοί πιστεύουν στην χρήση των προαναφερόμενων τεχνολογιών με σκοπό την εκπαίδευση αλλά και την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών.

- Παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των εκπαιδευτικών (75,8%) παρουσιάζει θετική στάση όσο αφορά τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης όντας εξοικειωμένοι από την μακράν πορείας τους στην ελληνική αγορά.

- Η προοπτική αντικατάστασης του λέβητα συμβατικού καυσίμου με γεωθερμική αντλία θερμότητας βρίσκει θετική την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (60,4%), ενώ μόλις το 6% παρουσιάζει αρνητική στάση. Αξίζει επίσης να σημειώσουμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό διατηρεί επιφυλάξεις (33,7%). Βάση της τυπική απόκλισης που έχει τιμή 0,85 αντιλαμβανόμαστε μια μικρή διχογνωμία. Αυτό, πιθανότατα να οφείλεται στο ότι είναι μια σχετικά νέα για τα ελληνικά δεδομένα εφαρμογή, που ίσως να μην έχει προλάβει να αποδείξει την αξία της. Επίσης, από καθημερινές συζητήσεις, γίνεται σαφές ότι υπάρχει η κατά πολλούς λάθος αντίληψη ότι για την εφαρμογή των προαναφερόμενων συστημάτων απαιτείται η ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων

- Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (55,7%) πιστεύει ότι θα μπορούσε να εφαρμοστεί στο σχολείο του η τεχνική φύτευσης της οροφής. Το 33% κρατά κάποιους ενδοιασμούς ενώ το 11,3% τηρεί αρνητική στάση. Η παραπάνω διχογνωμία, ενισχύεται και από την υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (0,98) που μας υποδηλώνει την μικρή σύγκλιση απόψεων του δείγματος. Η φύτευση της οροφής είναι εφικτή στις περισσότερες περιπτώσεις σχολείων και εξασφαλίζει πολλαπλά οφέλη. Όσο αφορά τα ψυκτικά φορτία, τα σχολεία στην Ελλάδα δεν λειτουργούν τους καλοκαιρινούς μήνες και ως κατά συνέπεια η συνεισφορά μιας τέτοιας εφαρμογής στον τομέα αυτό δεν χρίζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Όμως, η συνεχής αύξηση των βαθμοημερών ψύξης θα μας οδηγήσουν να επανεξετάσουμε εκ νέου τα δεδομένα.

- Όσο αφορά την δυνατότητα χρήσης λέβητα βιομάζας που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο αγροτικά απόβλητα που παράγονται στις γύρω περιοχές, παρατηρούμε ότι εμφανίζεται μια γενική διχογνωμία με το 44,2% να παρουσιάζει θετική στάση, το 23,1% αρνητική ενώ το 32,7% διατηρεί τις επιφυλάξεις του. Το παραπάνω αποδεικνύεται και από την υψηλή τιμή της τυπικής απόκλισης (1,05) που μας υποδηλώνει την μεγάλη απόκλιση απόψεων του δείγματος. Η εφαρμογή της παραπάνω προοπτικής, έχει ως βασική προϋπόθεση την χρήση των γεωργικών αποβλήτων κοντά στις περιοχές παραγωγής. Λόγο του ότι αυτό δεν είναι εύκολα εφικτό στα μεγάλα αστικά κέντρα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη το ποσοστό των απαντήσεων σε συνάρτηση με τον τόπο υπηρετήσης των εκπαιδευτικών.
- Η προοπτική αντικατάστασης του λέβητα με σύγχρονο λέβητα φυσικού αερίου συμπυκνώσεως βρίσκει θετική απόκριση κατά οριακή πλειοψηφία (50,5%). Ένα μεγάλο ποσοστό 36,1% έχει τους ενδοιασμούς του ενώ το 13,4% παρουσιάζει αρνητική στάση. Η ενεργειακή κρίση του 2022 και η επίδραση της στην τιμή του Φ.Α πιθανότατα να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα.
- Παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών, είτε δεν συμφωνεί (43,8) στο ότι υπάρχει πολιτική βούληση εφαρμογής ενεργειακά βιώσιμων πολιτικών στα σχολεία είτε έχει ενδοιασμούς (40,6%). Μόλις το 15,9% απάντησε θετικά ως αποτέλεσμα των μειωμένων κυβερνητικών προσπαθειών επί του θέματος τα τελευταία χρόνια.
- Παρατηρούμε ότι η όχι και τόσο μεγάλη αναλογικά πλειοψηφία (45,4%) εκπαιδευτικών, πιστεύει στον σεβασμό των πράσινων τεχνολογιών από τους μαθητές. Ένα μεγάλο ποσοστό (43,5) διατηρεί επιφυλάξεις ενώ ένα μικρό ποσοστό 11,1% απάντησε αρνητικά.

4.3 Γενικά συμπεράσματα

Τα σχολεία αποτελούν ένα μεγάλο μέρος των δημόσιων κτιρίων στην Ελλάδα και δεδομένου της εκτεταμένης χρήσης τους απαιτούν υψηλές κρατικές δαπάνες για την ενεργειακή τους κάλυψη ενώ η συνεισφορά τους στην παραγωγή ρύπων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η ενεργειακή αποδοτικότητα τους δεν είναι συνυφασμένη με τα πρότυπα που προτάσσονται στην εποχή μας και η εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών θέρμανσης, φωτισμού και αερισμού κρίνεται αναγκαία. Η ανάγκη δροσισμού είναι επίσης μια παράμετρος που θα μας απασχολήσει έντονα στο κοντινό μέλλον. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνα και βάση του δείγματος των 116 εκπαιδευτικών, τα εξεταζόμενα σχολεία παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές παρόμοια κατάσταση.

Όσο αφορά την αξιολόγηση των χρησιμοποιούμενων ενεργειακών συστημάτων παρατηρούμε τα ακόλουθα: (α) Μια αρκετά μεγάλη πλειοψηφία εκπαιδευτικών θεωρεί επαρκή τόσο το επίπεδο του φωτισμού όσο και την εκμετάλλευση του φυσικού φωτός στις σχολικές αίθουσες. (β) Μια σχετικά μικρή ικανοποίηση εκφράζεται για την θερμική άνεση, την απόδοση των συστημάτων φωτισμού, την αποτελεσματικότητα των συστημάτων αερισμού και την ποιότητα του αέρα. (γ) Όσο αφορά την απόδοση του συστήματος θέρμανσης αλλά και την γενικότερη των κτιρίων, θα μπορούσαμε να πούμε ότι αξιολογούνται ως μέτριες. (δ) Η θερμομονωτική ικανότητα των κτιρίων αξιολογείται αρνητικά κατά πλειοψηφία. (ε) Υπάρχει μεγάλο εύρος απόψεων σε θέματα που αφορούν την αποδοτικότητα

και αποτελεσματικότητα των κτιριακών εγκαταστάσεων. Εξαίρεση θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί η επάρκεια φωτισμού.

Σχετικά με τα αποτελέσματα της 4^{ης} ενότητας του ερευνητικού εργαλείου, παρατηρούμε ότι οι εκπαιδευτικοί της Ελλάδας παρουσιάζουν ιδιαίτερα θετική στάση σε προοπτικές ενεργειακής αναβάθμισης των σχολείων, αλλά πιστεύουν ότι δεν υπάρχει πολιτική βούληση. Ως πρόσθετο συμπέρασμα που προκύπτει από τις τιμές της τυπικής απόκλισης είναι ότι παρουσιάζεται, με ελάχιστες εξαιρέσεις, μια αξιόλογη σύγκλιση απόψεων.

Μια πρόταση μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να σχετίζεται με τον σχεδιασμό ενός βιοκλιματικού χαμηλού ενεργειακού αποτυπώματος σχολείου, που θα έχει ως βασικό γνώμονα την εκπαίδευση των μαθητών σε περιβαλλοντικά και ενεργειακά θέματα. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι τάσεις που δημιουργούνται στους μαθητές του σήμερα είναι αυτές που καθορίζουν τον μελλοντικό μας κόσμο.

Βιβλιογραφία

Βιβλία

Ι. ΓΕΛΕΓΕΝΗΣ, Π. ΑΞΑΟΠΟΥΛΟΣ. (2005), ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ Συμβατικές και Ανανεώσιμες, ΑΘΗΝΑ, ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ .

Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΠΕ 1 και ΑΠΕ 2 , ΑΤΕΙ Μηχανολόγων Μηχανικών Καβάλας, 2008 -2012.

Νικόλαος Αβούρης, Χρήστος Κατσάνος, Νικόλαος Τσέλιος, Κωνσταντίνος Μουστάκας. (2015), Εισαγωγή στην Αλληλεπίδραση Ανθρώπου-Υπολογιστή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα.

Άρθρα επιστημονικών περιοδικών

Elena G. Dascalaki, VasileiosG. Sermpetzoglou. (2010), “Energy performance and indoor environmental quality in Hellenic schools”, *Energy and Buildings*, 43, November 2011: 718-727.

Kalliopi G. Droutsa, Simon Kontoyiannidis, Constantinos A. Balaras, Spyridon Lykoudis, Elena G. Dascalaki, Athanassios A.Argiriou. (2020), “Unveiling the existing condition and energy use in Hellenic school buildings”, *Energy & Buildings*, 247, May 2021: 111150.

K. Papakostas, T. Mavromatis, N. Kyriakis . (2009), “Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential building of Greece”, *Renewable Energy*, 35, November 2009: 1376-1379.

L.T. Doulos, A. Kontadakis, E.N. Madias, M. Sinou, A. Tsangrassoulis. (2019), “Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems”, *Energy @ Buildings*, 194, April 2019: 201-217.

Agisilaos Economou. (2010), “Photovoltaic systems in school units of Greece and their consequences”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, September 2011: 881-885.

Antonio Rosato, Antonio Ciervo, Giovanni Ciampi, Sergio Sibilio. (2018), “Effects of solar field design on the energy, environmental and economic performance of a solar district heating network serving Italian residential and school buildings”, *Renewable Energy*, 143, April 2019: 596-610.

Dimitris Al. Katsaprakakis, George Zidianakis. (2017), “Upgrading Energy Efficiency for School Buildings in Greece”, *Procedia Environmental Sciences*, 38, 2017: 248-255.

Pawel Wargocki, Jose Ali Porras-Salazar, Sergio Contreras-Espinoza, William Bahnfleth. (2019), “The relationships between classroom air quality and children’s performance in school”, *Building and Environment*, 173, February 2020: 106-749.

M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias. (2007), “Investigation and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece”, *ENERGY*, 32, February 2005: 17811788.

Fabrizio Fantozzi, Carlo Bibbiani, Caterina Gargari, Roberto Rugani, Giacomo Salvadori. (2021), “Do green roofs really provide significant energy saving in a Mediterranean climate? Critical evaluation based on different case studies”, *Frontiers of Architectural research*, 10, January 2021: 447-465.

Ioanna Pyrri, Artemis Zoma, Nikolaos Barmparetos, Margarita Niki Assimakopoulos, Vasiliki D. Assimakopoulos, Evangelia Kapsanaki-Gotsi. (2020), “Impact of a green roof system on indoor fungal aerosol in a primary school in Greece”, *Science of the Total Environment*, 719, February 2020: 137447.

Fitsum Tariku, Sara Hagos. (2022), “Performance of green roof installed on highly insulated roof deck and the plants effect: An experimental study”, *Building and Environment*, 221, June 2022: 109337.

Διπλωματικές διατριβές

Καραγκούνη Ευθυμία.(2018), Ενεργειακή αναβάθμιση κελυφών σχολικών κτιρίων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, τμήμα μηχανικών χωροταξίας πολεοδομίας & περιφερειακής ανάπτυξης.

ΚΛΙΦΟΠΟΥΛΟΥ Μ., ΤΣΑΟΥΥΣΗ Χ. (2014), Διερεύνηση της ενεργειακής συμπεριφοράς σχολικών κτιρίων της Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική σχολή Θεσσαλονίκης, τμήμα ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών υπολογιστών.

Διάφορα

Ο.Σ.Κ [1] - Οργανισμός σχολικών κτιρίων. (2008), Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Αθήνα, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων.

Ο.Σ.Κ [2] - Οργανισμός σχολικών κτιρίων. (2008), Οδηγός μελετών για διδακτήρια όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, Αθήνα, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων.

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, εγκαταστάσεις σε κτίρια: στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων, TOTEE 2425/86, (2002).

Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, εγκαταστάσεις σε κτίρια: κλιματισμός κτιριακών χώρων, TOTEE 2423/86, (2002).

Εργαστηριακές σημειώσεις ΑΠΕ 1 και ΑΠΕ 2 , 2008 – 2012, ΑΤΕΙ Μηχανολόγων Μηχανικών Καβάλας 2

Panagiotis Al. Patargias, Kalianou Angela, George Galanis, Marina Vassilopoulou, Maria Drosou, Christos Protogeropoulos. (2007/09), School Buildings in Greece: The Bioclimatic Challenge and a Photovoltaic Pilot Project, PEB Exchange, Programme on Educational Building.

Κωνσταντίνος Λάσκος. (2018), KENAK - Ενεργειακή Επιθεώρηση – Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης – Κτίρια nZEB, ενότητα: νομοθετικό πλαίσιο, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Πανελλήνιος Σύλλογος Πιστοποιημένων Ενεργειακών Επιθεωρητών.

Μ. Παπαδόπουλος. (2006), Θερμική άνεση στα κτίρια. Νέα πρότυπα και βελτίωση θερμικής άνεσης στα κτίρια, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών.

INTERNET

<https://parallaximag.gr/ta-iperocha-diatiriteascholia-tis-thessalonikis-8961>

<https://energypress.gr/news/egkainiazetai-PROTO-PRASINO-SHOLEIO-STI-THESALONIKI>

<https://ypen.gov.gr/energeia/energeiaki-exoikonomisi/ktiria/kenak/>

<https://fmoutafis.wixsite.com/fotismoutafis/bioclimatic-building-design>

<https://www.photovoltaic.gr/el/portfolio>

<https://www.e-patras.gr/sites/default/files/2021-08>

<https://www.solarguide.co.uk/solar-pvt#/>

<https://ecologylearn.wordpress.com/2015/08/21/φυτεμενα-δωματα>

<https://www.b2green.gr/el/post/40902/dynamikos-ypologismos-syntelesti-thermoperatotitas-k-se-fytemena-domata-kai-exoikonomoumenis-energeias-se-monorofu-ktirio>

www.greekarchitects.gr/gr/τεχνικα-θεματα/τα-φυτεμενα-δωματα-και-η-συμβολη-τους-στον-αστικο-χωρο-id1114

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο

1^η Ενότητα. Δημογραφικές ερωτήσεις

1^η Ερώτηση

Ερώτηση: Φύλο

Δυνατές απαντήσεις: (1) Άρρεν
(2) Θήλυ

2^η Ερώτηση

Ερώτηση: Σε ποιόν κλάδο ΠΕ ανήκετε;

Δυνατές απαντήσεις: Ως απάντηση, ο συμμετέχων στην έρευνα εκπαιδευτικός, αναγράφει τον διψήφιο αριθμό που χαρακτηρίζει τον πανεπιστημιακής εκπαίδευσης (ΠΕ) κλάδο που ανήκει.

3^η Ερώτηση

Ερώτηση: Τύπος σχολείου που εργάζεστε;

Δυνατές απαντήσεις: (1) Νηπιαγωγείο
(2) Δημοτικό
(3) Γυμνάσιο
(4) Γενικό Λύκειο
(5) ΕΠΑΛ
(6) Ειδικό

4^η Ερώτηση

Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσης σε σχολικές μονάδες

Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερο από 10 έτη
(2) 10 – 20 έτη
(3) 21 – 30 έτη
(4) Περισσότερα από 30 έτη

5^η Ερώτηση

Ερώτηση: Σχολική μονάδα υπηρετήσης.

Δυνατές απαντήσεις: Ως απάντηση, ο συμμετέχων στην έρευνα εκπαιδευτικός αναγράφει το όνομα του σχολείου όπου υπηρετεί.

6^η Ερώτηση

Ερώτηση: Έχετε υπηρετήσει σε θέση ευθύνης; (Διευθυντής/Διευθύντρια - Υποδιευθυντής/Υποδιευθύντρια)

Δυνατές απαντήσεις: (1) Ναι.
(2) Όχι.

7ή Ερώτηση

Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσεως ως διευθυντής/διευθύντρια.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερα από 5 έτη
(2) 5 – 10 έτη
(3) Περισσότερα από 10 έτη

8ή Ερώτηση

Ερώτηση: Συνολικά έτη υπηρετήσεως ως υποδιευθυντής/υποδιευθύντρια.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Λιγότερα από 5 έτη
(2) 5 – 10 έτη
(3) Περισσότερα από 10 έτη

2^η Ενότητα. Κτιριακά & ενεργειακά στοιχεία σχολικών μονάδων

9ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πότε κατασκευάστηκε η σχολική μονάδα στην οποία υπηρετείται;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Πριν το 1960
(2) 1961 - 1980
(3) 1981 - 2010
(4) Μετά το 2010
(5) Δεν γνωρίζω

10ή Ερώτηση

Ερώτηση: Επιλέξτε τις σχολικές βαθμίδες που συστεγάζονται στο σχολικό συγκρότημα που υπηρετείτε (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Νηπιαγωγείο
(2) Δημοτικό
(3) Γυμνάσιο
(4) Γενικό λύκειο
(5) Επαγγελματικό λύκειο
(6) Εσπερινό λύκειο

11ή Ερώτηση

Ερώτηση: Ποιο σύστημα θέρμανσης χρησιμοποιείται στο σχολικό σας συγκρότημα ; (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Λέβητας πετρελαίου
(2) Λέβητας αερίου
(3) Λέβητας βιομάζας
(4) Αντλία θερμότητας
(5) Άλλο
(6) Δεν γνωρίζω

12ή Ερώτηση

Ερώτηση: Ποιος τύπος λαμπτήρων χρησιμοποιείται κατά πλειοψηφία στο σχολείο που υπηρετείτε;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Οικονομίας φθορίου
(2) Οικονομίας LED

- (3) Λαμπτήρες πυρακτώσεως
- (4) Άλλο
- (5) Δεν γνωρίζω

13ή Ερώτηση

Ερώτηση: Τι τύπου υαλοπίνακες διαθέτουν τα παράθυρα του σχολείου που υπηρετείται?

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Μονού υαλοπίνακα
(2) Διπλού υαλοπίνακα
(3) Δεν γνωρίζω

14ή Ερώτηση

Ερώτηση: Έχει συμμετέχει το σχολείο στο οποίο υπηρετείται σε κάποιο πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Ναι
(2) Όχι
(3) Δεν γνωρίζω

15ή Ερώτηση

Ερώτηση: Επιλέξτε τα στοιχεία που δέχτηκαν ενεργειακή αναβάθμιση. (μπορείτε να επιλέξετε περισσότερες από 1 απαντήσεις).

- Δυνατές απαντήσεις:
- (1) Σύστημα θέρμανσης
 - (2) Σύστημα φωτισμού
 - (3) Κτιριακό κέλυφος (επιλέξτε σε περίπτωση θερμομόνωσης)
 - (4) Σύστημα αερισμού
 - (5) Σύστημα κλιματισμού
 - (6) Άλλο

3^η Ενότητα. Αξιολόγηση αποτελεσματικότητας & αποδοτικότητας
χρησιμοποιούμενων συστημάτων σχολικής μονάδας

16ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ενεργειακή απόδοση του συστήματος θέρμανσης του σχολείου σας;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

17ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την θερμική άνεση των αιθουσών διδασκαλίας κατά τους χειμερινούς μήνες στο σχολείου σας;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή

(5) Πολύ καλή

18ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πώς θα χαρακτηρίζατε την θερμομονωτική ικανότητα του κτιριακού κελύφους του σχολείου που υπηρετείται;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

19ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ενεργειακή απόδοση του συστήματος τεχνητού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

20ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε τον βαθμό εκμετάλλευσης του φυσικού φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακό
(2) Μάλλον κακό
(3) Μέτριο
(4) Καλό
(5) Πολύ καλό

21ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την επάρκεια φωτισμού στις αίθουσες διδασκαλίας του σχολείου σας;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

22ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την αποτελεσματικότητα του συστήματος αερισμού των σχολικών αιθουσών;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

23ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε την ποιότητα του αέρα των σχολικών αιθουσών;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

24ή Ερώτηση

Ερώτηση: Πως θα χαρακτηρίζατε σε γενικές γραμμές την ενεργειακή απόδοση της σχολικής μονάδας που υπηρετείται;

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Κακή
(2) Μάλλον κακή
(3) Μέτρια
(4) Καλή
(5) Πολύ καλή

25ή Ερώτηση

Ερώτηση: Σε ποια άλλα σημεία πιστεύεται ότι υστερεί ενεργειακά η σχολική σας μονάδα;

Δυνατές απαντήσεις: Ο εκπαιδευτικός μπορεί να επισημάνει σε κείμενο, τα σημεία όπου το σχολείο του αντιμετωπίζει προβλήματα ενεργειακής απόδοσης αλλά δεν του δόθηκε η ευκαιρία να τα αξιολογήσει στις προηγούμενες ερωτήσεις.

4^η Ενότητα. Αξιολόγηση δυνητικών ενεργειακών επεμβάσεων

26ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η εγκατάσταση διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του σχολείου θα μπορούσε να συνεισφέρει αποφασιστικά στην μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

27ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η Δυνατότητα εγκατάστασης υβριδικού συστήματος θέρμανσης με ηλιακή υποβοήθηση θα μπορούσε να συνεισφέρει αποφασιστικά στην μείωση του κόστους θέρμανσης του σχολείου σας.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

28ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου με λέβητα βιομάζας που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο αγροτικά απόβλητα που παράγονται στην περιοχή σας είναι μια εφικτή προοπτική.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

29ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα συμβατικού καυσίμου του σχολείου σας με γεωθερμική αντλία θερμότητας θα μπορούσε να μειώσει το κόστος θέρμανσης.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

30ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του λέβητα που χρησιμοποιείται με σύγχρονο λέβητα φυσικού αερίου συμπύκνωσης αποτελεί μια οικονομικά βιώσιμη προοπτική.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

31ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού με λαμπτήρες LED, αισθητήρες φωτισμού και ροοστάτες ρύθμισης φωτεινής έντασης θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

32ή Ερώτηση

Ερώτηση: Οι εφαρμογές φυσικού φωτισμού θα πρέπει να είναι ο βασικός γνώμονας επίτευξης της απαιτούμενης φωτεινότητας των σχολικών αιθουσών.

- Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως
(2) Διαφωνώ
(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ
(4) Συμφωνώ
(5) Συμφωνώ πολύ

33ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η εγκατάσταση συστήματος αερισμού με αισθητήρες ενεργοποίησης ανάλογα με την ποιότητα του αέρα θα βελτίωνε σημαντικά την υγεία και σχολική απόδοση των μαθητών σας.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

(4) Συμφωνώ

(5) Συμφωνώ πολύ

34ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η κατάλληλη φύτευση της οροφής και αυλής του σχολείου σας με σκοπό την δημιουργία μικροκλίματος είναι μια δυνατή προοπτική δεδομένου των κατασκευαστικών λεπτομερειών του χώρου σας.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

(4) Συμφωνώ

(5) Συμφωνώ πολύ

35ή Ερώτηση

Ερώτηση: Όλα τα παραπάνω συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

(4) Συμφωνώ

(5) Συμφωνώ πολύ

36ή Ερώτηση

Ερώτηση: Η ύπαρξη των παραπάνω συστημάτων θα βοηθούσε στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

(4) Συμφωνώ

(5) Συμφωνώ πολύ

37ή Ερώτηση

Ερώτηση: Υπάρχει βούληση από το υπουργείο για την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων στα σχολεία.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

- (4) Συμφωνώ
- (5) Συμφωνώ πολύ

38ή Ερώτηση

Ερώτηση: Οι μαθητές θα σεβόντουσαν αυτά τα συστήματα δεδομένου ότι κάποια θα ήταν εύκολα προσβάσιμα.

Δυνατές απαντήσεις: (1) Διαφωνώ πλήρως

(2) Διαφωνώ

(3) Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ

(4) Συμφωνώ

(5) Συμφωνώ πολύ