



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"

Διπλωματική εργασία

Θέμα: Μελέτη Ενεργειακού Σχεδιασμού

Νηπιαγωγείου στην Άρτα



Περιβάλλον

και

Ανάπτυξη

ΗΛΙΑΝΑ ΜΠΑΚΟΛΑ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

Μέτσοβο, Ιούνιος 2011

Επιβλέπουσα: Α.ΣΑΓΙΑ

Η διπλωματική εργασία της Ηλιάνας Μπακόλα με τίτλο «**Μελέτη Ενεργειακού Σχεδιασμού Νηπιαγωγείου Στην Άρτα**» εξετάστηκε και εγκρίθηκε ως προς το περιεχόμενο και την παρουσίαση.

Η εξεταστική επιτροπή:

1. Επιβλέπουσα: Σαγιά Αθηνά , Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

2. Επ.Καθηγήτρια Ε.Μ.Π: Ε.Ρεμουντάκη

3. Λέκτορας Ε.Μ.Π: Χρ.Τζιβανίδης

Ημερομηνία προφορικής εξέτασης:

...Αφιερώνεται στα όνειρα
που γίνονται πραγματικότητα...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας την κ.Αθηνά Σαγιά, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών, για την εμπνευσή της να εκπονήσω τη συγκεκριμένη μελέτη ενεργειακού σχεδιασμού αλλά και για την καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκειά εκπόνησής της . Επιλέον, θα ήθελα μέσω του βήματος αυτού να ευχαριστήσω την Επ.Καθηγήτρια Ε.Μ.Π της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Ρεμουντάκη και τον Λέκτορα Χρ.Τζιβανίδη του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π, για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τέλος, ευχαριστίες από βάθους καρδιάς ανήκουν στον πατέρα μου Αριστοτέλη Μπακόλα Η/Μ Μηχανικό που παρά τις αυξημένες επαγγελματικές του υποχρεώσεις,προσέφερε τα μέγιστα.

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσης εργασίας είναι η διεύρυνση των προϋποθέσεων για τη δημιουργία ενός βιοκλιματικού, οικολογικού, ενεργειακά αποδοτικού νηπιαγωγείου στην πόλη της Άρτας. Ξεκινώντας στο πρώτο μέρος με μια αναφορά στις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής καθορίζονται οι προδιαγραφές για την κατασκευή βιοκλιματικών και ενεργειακά αυτόνομων σχολικών μονάδων και παρατίθενται στοιχεία με σκοπό την αποδοτική λειτουργία τους. Εν συνεχεία στο δεύτερο μέρος μέσω της χρήσης του υπολογιστικού προγράμματος EPA-NR γίνεται ο υπολογισμός των ενεργειακών απαιτήσεων για ψύξη-θέρμανση-φωτισμό καθώς και των εκπομπών σε διοξείδιο του άνθρακα, ενός νηπιαγωγείου στην πόλη της Άρτας. Για τη μελέτη αυτή διαμορφώνονται σενάρια με στόχο την εύρεση του βέλτιστου σεναρίου δηλαδή αυτού με τις λιγότερες ενεργειακές απαιτήσεις και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέλος τίθενται οι στόχοι του προτεινόμενου σεναρίου και αξιολογείται η εφικτότητα του.

Abstract

The purpose of this study is a requirement analysis for the development of a bioclimatic, eco-friendly and energy-efficient kindergarten in Arta. In the beginning, a literature review about the principles of bioclimatic architecture is presented. Then, the specifications for the construction of bioclimatic and energy-efficient school units are defined and other important parameters taken into consideration throughout the study are mentioned. In the second part of this work we focus on the implementation plan of our study through the construction of a bioclimatic kindergarten in Arta. An estimation of the building's energy demands for cooling-heating-lighting as well as an estimation of the buildings CO₂ emissions are carried out through a computer program used for the Energy Performance Assessment of existing Non-Residential buildings (EPA-NR). For the purpose of this study, we have examined a number of alternative scenarios and come up with the most efficient and least energy demanding solution. Finally, the objectives of the proposed solution are described in detail and its feasibility is assessed.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	13
A	ΜΕΡΟΣ.....	14
2	Εισαγωγή στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική	14
2.1	Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	14
3	Βασικές παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων	16
4	Κλιματική ανάλυση της περιοχής	17
5	Το σχήμα, η χωροθέτηση και ο προσανατολισμός του κτιρίου στο οικόπεδο	23
6	Φυσικός Φωτισμός.....	26
6.1	Ιδιότητες του φυσικού φωτός.....	27
6.2	Οπτική άνεση	28
6.3	Σχεδιασμός του φωτεινού περιβάλλοντος.....	28
7	Σκιασμός κτιρίου	37
8	Φυσικός Αερισμός	41
8.1	Τρόποι φυσικού αερισμού.....	43
8.1.1	Διαμπερήσ αερισμός.....	43
8.1.2	Φυσικός ελκυσμός	45
8.1.3	Ηλιακή καμινάδα	48
9	Το κέλυφος του κτιρίου.....	51
9.1	Μόνωση.....	51
9.2	Μόνωση οροφής.....	52
B	ΜΕΡΟΣ.....	58
10	Εισαγωγή στον Ενεργειακό Σχεδιασμό Κτιρίων	58
10.1	Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια.....	58
10.2	Νομοθετικό πλαίσιο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων	62
10.3	Θεωρητικό υπόβαθρο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.....	64
10.4	Ενεργειακή Βαθμολόγηση Κτιρίου.....	66
10.5	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων	68
11	Εισαγωγή στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης Νηπιαγωγείου	69

11.1	Στόχος και μεθοδολογία του έργου	69
11.2	Περιβάλλον Χώρος και Μικροκλίμα.....	69
11.3	Κλιματική Ανάλυση	70
11.4	Σύντομη Περιγραφή Κτιρίου Νηπιαγωγείου	74
12	Εισαγωγή στο EPA-NR	74
13	Δεδομένα εισόδου	76
13.1	Βιβλιοθήκες.....	77
13.2	Ζώνη.....	78
13.3	Φωτισμός.....	81
13.4	Εσωτερικά κέρδη	84
13.5	Χρήστες-Συντελεστής παρουσίας χρηστών	85
13.6	Συσκευές	86
13.7	Απαιτούμενος νωπός αέρας	87
13.8	Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX).....	89
13.9	Κέλυφος	91
13.10	Συστήματα θέρμανσης χώρων.....	97
13.11	Σύστημα ZNX.....	100
13.12	Σύστημα παραγωγής θερμότητας για ZNX.....	101
13.13	Διανομή	101
13.14	Εκπομπή	102
14	Ενεργειακή Ανάλυση και Αναβάθμιση Κτιρίου Νηπιαγωγείου	103
14.1	Καθορισμός Θερμικών Ζωνών Νηπιαγωγείου	103
14.2	Επιλογή Σεναρίων για Βελτίωση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς Του Κτιρίου του Νηπιαγωγείου.....	114
14.2.1	Σενάριο 0: Κτιριακό κέλυφος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κανονισμού Θερμομόνωσης	115
14.2.2	Σενάριο 1: Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση	117
14.2.3	Σενάριο 2: Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e)	117
14.2.4	Σενάριο3: Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση και αντικατάσταση υαλοστασίων	

14.2.5	Σενάριο 4:Ότι προβλέπει το Σενάριο 3 σε συνδυασμό με σκίαση των νότιων-ανατολικών-δυτικών ανοιγμάτων και χρήση αυτοματισμών στο φωτισμό	118
14.2.6	Σενάριο 5: Ότι προβλέπει το Σενάριο 4 σε συνδυασμό με εφαρμογή νυχτερινού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες.....	119
14.2.7	Σύγκριση Σεναρίων.....	120
14.2.8	Εξοικονόμηση Καυσίμου.....	124
14.2.9	Περιβαλλοντικά Οφέλη	126
14.2.10	Οικονομοτεχνική ανάλυση.....	127
15	Προτάσεις Διαμόρφωσης του Περιβάλλοντα Χώρου	129
16	Προτάσεις για τη Βελτίωση των Συνθηκών Φωτισμού στο Νηπιαγωγείο	131
17	Συμπεράσματα.....	134
18	Προτεινόμενες επεμβάσεις.....	135
19	Οδηγίες για την ενεργειακά αποδοτική χρήση του κτιρίου από δασκάλους και μαθητές	138
	Βιβλιογραφία-Πηγές	139

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1: Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας	19
Εικόνα 2: Φαινόμενη διαδρομή του ηλίου.....	20
Εικόνα 3:Γωνία ύψους ηλίου (H),αζιμούθιο ή οριζόντια γωνία (AZ).....	21
Εικόνα 4: Η κλίση των ακτινών του ηλίου το χειμώνα και το καλοκαίρι	23
Εικόνα 5: Βιοκλιματικό σχολείο στο Παλαιό Φάληρο.....	24
Εικόνα 6:Εσωτερικός διάδρομος κυκλοφορίας σε σχολικό κτίριο.....	25
Εικόνα 7: Με υπερύψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση πολυώροφου κτιρίου).....	31
Εικόνα 8: Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση πολυώροφου κτιρίου).....	31
Εικόνα 9: Με υπερύψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση μονώροφου κτιρίου).....	31
Εικόνα 10: Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση μονώροφου κτιρίου).....	32
Εικόνα 11: Χρήση φωτιστικών ραφιών για μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός. Περσίδες, στόρια ή άλλες ανακλαστικές επιφάνειες δίπλα σε φωτιστικά ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ομοιόμορφη διασπορά του φωτός σε όλο τον χώρο.....	32
Εικόνα 12: Για ομοιόμορφο φωτισμό της αίθουσας διδασκαλίας ενδείκνυνται οι συνδυασμοί ανοιγμάτων σε αντιδιαμετρικές πλευρές της.....	35
Εικόνα 13: Ράφια φωτισμού	35
Εικόνα 14:Αίθριο(.....	36
Εικόνα 16: Σκίαση νοτίου ανοίγματος με οριζόντιο πρόβολο.....	38
Εικόνα 17: Οριζόντιες μεταλλικές περσίδες ιδανικές για νότιο προσανατολισμό	39
Εικόνα 18: Κατακόρυφες περσίδες.....	40
Εικόνα 19: Κίνηση του ανέμου γύρω από το κτίριο.....	43
Εικόνα 20: Διαμπερή κίνηση ανέμου.....	44
Εικόνα 21: Κίνηση του ανέμου μέσα στους χώρους του κτιρίου.....	45
Εικόνα 22: Κατανομή πιέσεων μέσα στο χώρο	46
Εικόνα 23: Το φαινόμενο του ελκυσμού	47
Εικόνα 24: Ηλιακή καμινάδα.....	48
Εικόνα 27: Φύτευση δώματος.....	56
Εικόνα 28: Σχέση σχολικού συγκροτήματος με οικισμό.....	70
Εικόνα 29: Διάγραμμα διαδικασίας σχεδιασμού εγκατάστασης θέρμανσης / ψύξης.	
Εικόνα 30:Θερμικές ζώνες νηπιαγωγείου.....	103
Εικόνα 31: Προτάσεις διαμόρφωσης περιβάλλοντα χώρου	130

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1:Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα	18
Πίνακας 2: Επίδραση της παρουσίας CO ₂ σε εσωτερικούς χώρους	41
Πίνακας 3: Απαιτήσεις αερισμού εκπαιδευτικών κτιρίων προτεινόμενες από την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2425/86.....	42
Πίνακας 5: Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση.....	59
Πίνακας 6: Κατανομή ελληνικών κτιρίων σε σχέση με τη μόνωσή τους.....	60
Πίνακας 7: Όρια ενεργειακών κατηγοριών με βάση το σχέδιο ΚΕΝΑΚ.....	67
Πίνακας 8: Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια	68
Πίνακας 9:Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίων βάσει του τύπου κατασκευής τους	78
Πίνακας 10: Καθοριζόμενες θερμοκρασίες χώρων για θέρμανση	79
Πίνακας 10: Καθοριζόμενες θερμοκρασίες χώρων για ψύξη	81
Πίνακας 12: Στάθμη γενικού φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.	82
Πίνακας 13: Συντελεστής επίδρασης χρηστών.....	83
Πίνακας 14: Πίνακας χρηστών	86
Πίνακας 15: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών / εξοπλισμού ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.	86
Πίνακας 16: Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.....	90
Πίνακας 17: Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου για τις διάφορες κλιματικές ζώνες.	90
Πίνακας 18: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979) για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα	93
Πίνακας 19: Ζήτηση, κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας για τα εξεταζόμενα σενάρια	121
Πίνακας 20: Χρώματα και συντελεστές ανακλαστικότητας	132
Πίνακας 22: Σύγκριση βασικού σεναρίου με προτεινόμενο σενάριο.....	134

Λίστα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια	58
Διάγραμμα 2: Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια με την εφαρμογή θερμομόνωσης	59
Διάγραμμα 3: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση ανά χρήση σε κτίρια κατοικιών	61
Διάγραμμα 4: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα	61
Διάγραμμα 5: Σφαιρικό ηλιακό διάγραμμα για περιοχές βόρειου γεωγραφικού πλάτους 39,15° (περιοχή Θεσπρωτικού)	72
Διάγραμμα 6: Καταγεγραμμένη θερμοκρασία αέρα (μέση, μέση ελάχιστη, μέση μέγιστη, απολύτως μέγιστη, απολύτως ελάχιστη) στην περιοχή της Άρτας	72
Διάγραμμα 7: Ολική, άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην περιοχή της Άρτας.....	73
Διάγραμμα 8: Μέση σχετική υγρασία στην περιοχή της Άρτας.....	73
Διάγραμμα 9: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Άρτας	74
Διάγραμμα 10: Ετήσια ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη για τη βασική κατάσταση (Σενάριο 0) και για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας.....	122
Διάγραμμα 11: Ετήσια ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση , ψύξη και φωτισμό για τη βασική κατάσταση (Σενάριο 0) και για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας	123
Διάγραμμα 12: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας.....	123
Διάγραμμα 13: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας.....	124
Διάγραμμα 14: Κατανάλωση καυσίμου ανά τ.μ. για θέρμανση χώρου	125
Διάγραμμα 15: Εξοικονόμηση καυσίμου για θέρμανση χώρου με τα Σενάρια Εξοικονόμησης Ενέργειας	125
Διάγραμμα 16: Εκπομπές CO ₂ από κατανάλωση ενέργειας για κάθε σενάριο	126

1 Εισαγωγή

Τα κτίρια καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για τη θέρμανση, την ψύξη, τον αερισμό, το φωτισμό, την παροχή ζεστού νερού και για τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών. Μπορούμε όμως να καταναλώνουμε πολύ λιγότερη ενέργεια αν τα κτίρια μας είναι ενεργειακά αποδοτικά και αν έχουν σωστή ενεργειακή συμπεριφορά. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι σημαντική όχι μόνο για οικονομικούς λόγους, αλλά κυρίως για την προστασία του περιβάλλοντος. Ειδικά τα κτίρια ευθύνονται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη και σε εξίσου μεγάλο ποσοστό εκπομπών «αερίων του θερμοκηπίου».

Στην χώρα μας ο κτιριακός τομέας, οικιστικός και τριτογενής, πλησιάζει σήμερα σε ποσοστό το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης ενώ συγχρόνως καταναλώνει το 65% της ηλεκτρικής ενέργειας που αντιστοιχεί στην εγχώρια κατανάλωση. Επιπλέον, τα κτίρια συμμετέχουν σήμερα στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε ποσοστό άνω του 43%. Παράλληλα τα περισσότερα κτίρια, σε ποσοστό σχεδόν 70% παρουσιάζουν ελλιπή ή καθόλου θερμομόνωση καθώς και παλιές τεχνολογίας ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.

Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα η κατάσταση αυτή να αναστραφεί με τη χρήση νέων πρωτοποριακών τεχνολογιών. Ο κτιριακός τομέας ενδείκνυται για την εφαρμογή των στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας καθώς κάτι τέτοιο έχει πολλαπλά οφέλη. Αφενός μεν έχει μεγάλο αντίκτυπο στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας λόγω του μεγάλου ποσοστού που καταλαμβάνει, αφετέρου δε επιδρά θετικά στη διαμόρφωση συνθηκών υγιεινής και άνεσης στο εσωτερικό των κτιρίων.

Η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος, μας οδηγεί στη δημιουργία σύγχρονων βιοκλιματικών – οικολογικών – ενεργειακά αποδοτικών σχολικών μονάδων. Στόχος είναι ο κατάλληλος σχεδιασμός, ο οποίος θα περιορίσει την εξάρτηση του κτιρίου από ενεργειακά επιζήμιες επιλογές για τη θέρμανση ή την ψύξη του.

A ΜΕΡΟΣ

2 Εισαγωγή στη βιοκλιματική αρχιτεκτονική

2.1 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι ο αρχιτεκτονικός και πολεοδομικός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων αντίστοιχα, που επιδιώκει την προσαρμογή του κτιρίου και του οικιστικού συνόλου στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον και στοχεύει στην αξιοποίηση θετικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, ώστε να ελαχιστοποιεί τις ενεργειακές τους ανάγκες όλο το χρόνο και να επιτυγχάνει περιορισμό στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας». (Υ.Α.21475/4707/98)

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων. Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου κλπ).

Είναι γεγονός ότι ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα καταναλώνει περίπου το 30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας της μεγάλης αύξησης του ρυθμού εγκατάστασης κλιματιστικών μηχανημάτων. Οι ήπιες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στον ελλαδικό χώρο σε συνδυασμό με την έντονη ηλιοφάνεια δεν δικαιολογούν τα τόσο υψηλά ποσοστά ενεργειακής ζήτησης. Η κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων όπως προκύπτει από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις, έχει ως αποτέλεσμα της εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 30% σε σχέση με συνήθη συμβατικά κτίρια, ενώ σε σχέση με παλαιότερα αμόνωτα κτίρια η αντίστοιχη εξοικονόμηση ενέργειας ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80%.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι οι παρακάτω:

- Θερμική προστασία των κτιρίων τόσο το χειμώνα, όσο και το καλοκαίρι με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών που εφαρμόζονται στο εξωτερικό κέλυφος των κτιρίων, ιδιαίτερα με την κατάλληλη θερμομόνωση και αεροστεγάνωση του κτιρίου και των ανοιγμάτων του.
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των κτιρίων τη χειμερινή περίοδο και για φυσικό φωτισμό όλο το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσανατολισμό των χώρων και ιδιαίτερα των ανοιγμάτων (ο νότιος προσανατολισμός είναι ο καταλληλότερος) ,τη διαρρύθμιση των εσωτερικών χώρων ανάλογα με τις θερμικές τους ανάγκες και με τα παθητικά ηλιακά συστήματα που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία αποτελώντας συγχρόνως «φυσικά» συστήματα θέρμανσης και φωτισμού.
- Προστασία των κτιρίων από τον καλοκαιρινό ήλιο, κυρίως μέσω της σκίασης, αλλά και της κατάλληλης κατασκευής του κελύφους.
- Απομάκρυνση της θερμότητας ,που το καλοκαίρι συσσωρεύεται μέσα στο κτίριο ,με φυσικό τρόπο προς το εξωτερικό περιβάλλον, με συστήματα και τεχνικές παθητικού δροσισμού, όπως ο φυσικός αερισμός τις νυχτερινές ώρες.
- Εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους.
- Βελτίωση του κλίματος έξω και γύρω από τα κτίρια, με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των εξωτερικών χώρων και, εν γένει, του δομημένου περιβάλλοντος, ακολουθώντας όλες τις παραπάνω αρχές.
- Κάλυψη κατά το μέγιστο δυνατόν της απαραίτητης υπολειπόμενης ενεργειακής απαίτησης από Α.Π.Ε.(Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός θεωρεί και αντιμετωπίζει το κτίριο, τον αστικό χώρο και το κλίμα του τόπου ως μια ενότητα αλληλοεξαρτώμενη και θέτει ως πρωταρχικό στόχο τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης (θερμικής ,οπτικής) για τον άνθρωπο.

3 Βασικές παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων

Τα σχολικά κτίρια χαρακτηρίζονται από ένα «τυπικό» ενεργειακό προφίλ, λόγω της μη-συνεχόμενης χρήσης τους, τόσο σε 24ωρη βάση, όσο και σε εποχιακή βάση (διακοπή λειτουργίας τους τη θερινή περίοδο) και της απότομης μεταβολής της ενεργειακής κατανάλωσης κατά την έναρξη και παύση της λειτουργίας της διδασκαλίας. Στα περισσότερα σχολικά κτίρια η χρήση τους διακόπτεται κατά τις απογευματινές και νυχτερινές ώρες. Η θερμότητα που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του κτιρίου είναι συνήθως μεγαλύτερη από τη ροή θερμότητας από το κέλυφος και είναι περισσότερο συγκεντρωμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με συγκεκριμένες εσωκλιματικές ανάγκες κατά τη διάρκεια του έτους (θερμοκρασία εσωτερικού αέρα, σχετική υγρασία, αριθμό εναλλαγών αέρα κλπ.) το ενεργειακό προφίλ των σχολικών κτιρίων παρουσιάζει:

- αυξημένες απαιτήσεις θέρμανσης κατά τις πρωινές ώρες του χειμώνα,
- σημαντικές απαιτήσεις για το φωτισμό των αιθουσών διδασκαλίας.

Εξίσου σημαντική παράμετρος είναι και η συμβολή ενός βιοκλιματικού σχολείου στην αύξηση της αποδοτικότητας των μαθητών που επιτυγχάνεται μέσω της διασφάλισης της ποιότητας του αέρα τηρώντας μια διαδικασία ελέγχου των συνθηκών αερισμού αλλά και μέσω του ελέγχου των επιπέδων φυσικού φωτισμού ανάλογα με τη συγκεκριμένη χρήση των διάφορων χώρων του σχολείου.

Τα σχολικά κτίρια παρουσιάζουν μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με τους άλλους τύπους κτιρίων, καθώς είναι οι χώροι εκπαίδευσης της νέας γενεάς και προσφέρουν τη δυνατότητα της διαμόρφωσης ενημερωμένων και περιβαλλοντικά ευαισθητοποιημένων πολιτών. Εντούτοις ένα βιοκλιματικό σχολείο θα μπορέσει να εμφύσησει στους μαθητές μια σειρά αρχών και αξιών καθώς και την ανάπτυξη αισθήματος συλλογικής ευθύνης για τη διαχείριση του περιβάλλοντος και την ποιότητα ζωής στοιχεία απαραίτητα για τη συγκρότηση μιας εύρυθμης κοινωνίας.

4 Κλιματική ανάλυση της περιοχής

Η μελέτη του κλίματος είναι η πρώτη παράμετρος που πρέπει να λαμβάνει ένας μελετητής ενός σχολείου χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Απαιτεί τη συγκέντρωση πολλών μετεωρολογικών, γεωλογικών, δασολογικών και γεωγραφικών δεδομένων. Εκτός από τη γενικευμένη κλιματική εικόνα της περιοχής που μας ενδιαφέρει (μακροκλίμα) θα πρέπει να μελετήσουμε και το μικροκλίμα δηλαδή τις ειδικές κλιματικές συνθήκες που δημιουργούνται σε μια μικρή περιοχή όπως στο οικόπεδο που μας ενδιαφέρει και είναι οι πλέον σημαντικές γιατί μπορούν να τροποποιηθούν με ανθρώπινες παρεμβάσεις. Στόχος είναι να αναλυθούν ποσοστικά όλα τα κλιματικά στοιχεία της περιοχής αναφοράς ώστε το κτίριο να εναρμονιστεί στη φύση σαν ζωντανός οργανισμός.

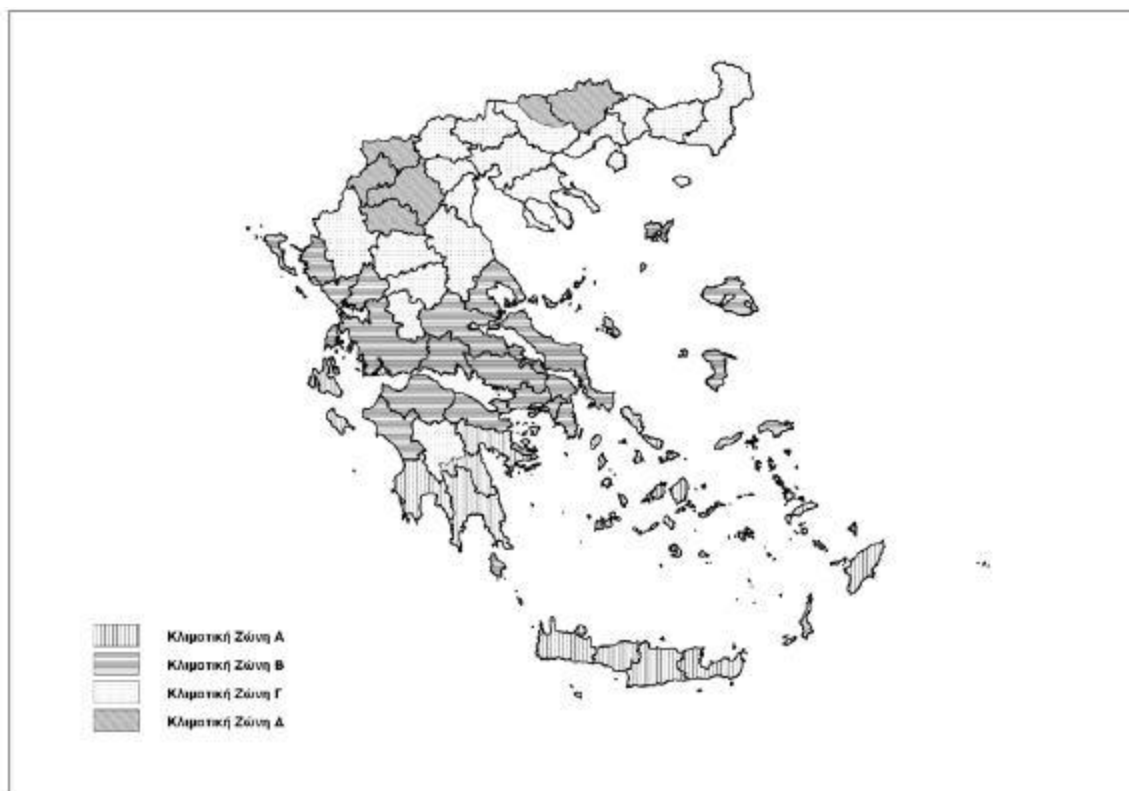
Τα στοιχεία που θα πρέπει να προσέξουμε κατά τη μελέτη του κλίματος είναι τα εξής:

- Η θερμοκρασία
- Η θέση του ηλίου
- Η ηλιακή ακτινοβολία
- Η σχετική υγρασία
- Ο άνεμος

Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, στον ελλαδικό χώρο και όσον αφορά το μακροκλίμα μπορούμε να προσδιορίσουμε 4 κλιματολογικές ζώνες. Τα κτίρια που βρίσκονται στην ζώνη Α έχουν μεγαλύτερες ανάγκες για ψύξη και μικρότερες για θέρμανση, στη ζώνη Β έχουν περίπου τις ίδιες ανάγκες τόσο για θέρμανση όσο για ψύξη, ενώ στη ζώνη Γ έχουν πολύ μεγάλες ανάγκες σε θέρμανση και πολύ μικρές σε ψύξη. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ.

Πίνακας 1:Οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα(Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-1)

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενά, Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας



Εικόνα 1: Οι κλιματικές ζώνες της Ελλάδας(Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-1)

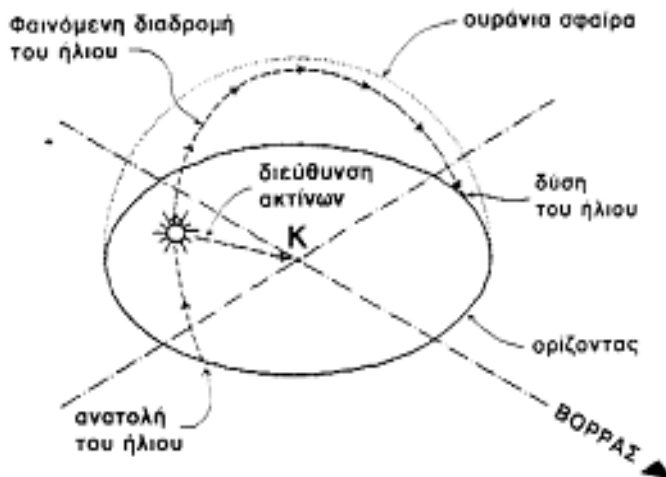
A) Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του αέρα θεωρείται από τα βασικότερα κλιματικά στοιχεία τα οποία συντελούν στη διαμόρφωση του κλίματος μιας περιοχής. Εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, τον προσανατολισμό, το υψόμετρο τη γειτνίαση της με τη θάλασσα και από άλλους δευτερεύοντες παράγοντες. Στην Ελλάδα η μέση ελάχιστη και η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία που δίνεται από μετεωρολογικούς σταθμούς για κάθε πόλη παρουσιάζει μόνο μια γενική εικόνα του κλίματος της ευρύτερης περιοχής. Γι αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η γνώση των απόλυτων μεγίστων (ΑΜΘ) και απόλυτων ελάχιστων τιμών (ΑΕΘ) θερμοκρασίας τόσο από κλιματική όσο και από άποψη πρακτικής εφαρμογής αφού είναι γνωστές οι δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν τόσο οι παγετοί όσο και οι καύσωνες στην υγεία του ανθρώπου.

B) Η θέση του ήλιου

Σαν δεύτερη παράμετρο ορίζουμε τον προσανατολισμό (ηλιακή γεωμετρία) για να διερευνήσουμε τις συνθήκες ηλιασμού του κτιρίου μας. Βασικό στοιχείο αυτής είναι η μελέτη της

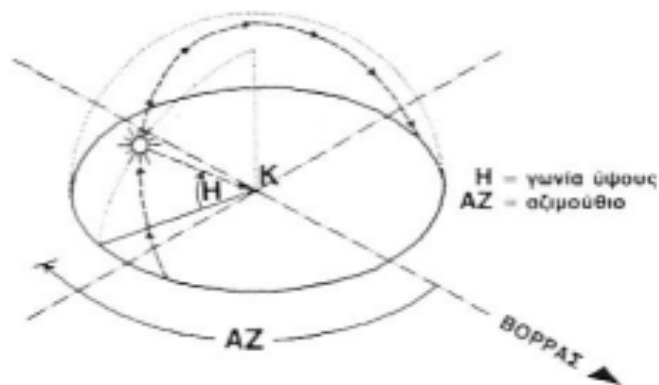
διεύθυνσης των ηλιακών ακτίνων σε διαφορετικές ώρες και ημέρες σε όλη τη διάρκεια του έτους ως προς ένα σημείο Κ στο οποίο υποτίθεται ότι βρίσκεται το κτίσμα, ώστε να επιτύχουμε ελαχιστοποίηση της ζέστης ,τη σκίαση των χώρων το καλοκαίρι, τη βέλτιστη αεροστεγανότητα και ανεμοπροστασία καθώς και λιγότερες θερμικές απώλειες το χειμώνα .Η διαδρομή του ήλιου ως προς το σημείο αυτό κατά τη διάρκεια της μέρας μπορεί να απεικονιστεί όπως στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2: Φαινόμενη διαδρομή του ήλιου

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

Η θέση του ήλιου στον ουρανό προσδιορίζεται από το ηλιακό ύψος και το αζιμούθιο δηλαδή την γωνία μεταξύ της οριζόντιας προβολής της ακτίνας του ήλιου και του άξονα βορρά-νότου. Σαν αφετηρία μέτρησης μπορεί να οριστεί ο βορράς ή ο νότος.



Εικόνα 3:Γωνία ύψους ήλιου (H),αζιμούθιο ή οριζόντια γωνία (AZ)

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

Η τροχιά του ήλιου αποτυπώνεται σε ηλιακούς χάρτες οι οποίοι είναι διαφορετικοί για κάθε γεωγραφικό πλάτος. Απεικονίζουν τη θέση του ήλιου οποιαδήποτε ώρα της ημέρας, κάθε μήνα, και προσδιορίζουν για κάθε θέση το ηλιακό ύψος και το αζιμούθιο και επομένως τη γωνία της πρόσπτωσης του ήλιου.

Γ) Η ηλιακή ακτινοβολία

Η ποσότητα και η διάρκεια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε μια περιοχή εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής, το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, την ώρα της μέρας, την εποχή του έτους και από μετεωρολογικούς παράγοντες. Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη γη κατευθείαν από τον ήλιο ονομάζεται άμεση ακτινοβολία, ένα άλλο προέρχεται από τη διάχυση στην ατμόσφαιρα και ένα τρίτο από ανάκλαση σε φυσικά ή τεχνητά εμπόδια και εξαρτάται από την ιδιαίτερη τοπογραφία της περιοχής. Η ολική ηλιακή

ακτινοβολία που είναι το άθροισμα της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας μετριέται από μετεωρολογικούς σταθμούς και δίδεται για κάθε πόλη σε μηνιαίες και ετήσιες τιμές.

Δ) Η σχετική υγρασία

«Σχετική υγρασία» είναι η μάζα των υδρατμών που περιέχει ένας ορισμένος όγκος αέρα προς τη μάζα των υδρατμών που απαιτείται για να κορεστεί ο ίδιος ο αέριος όγκος στην ίδια θερμοκρασία. Πρόκειται για ένα βασικό κλιματικό στοιχείο και συμβάλει σημαντικά στην αίσθηση θερμικής άνεσης του χρήστη. Κύριος ρυθμιστής της υγρασίας είναι η παρουσία υδάτινων μαζών όπως ποτάμια, λίμνες ή θάλασσες κοντά στην περιοχή, το ανάγλυφο του εδάφους και η υγρότητα των επικρατούντων ανέμων. Εκφράζεται σαν πηλίκιο ή σαν ποσοστό % και συνήθως σχετική υγρασία κάτω από 30% και πάνω από 70% δεν προσφέρει άνετες συνθήκες διαβίωσης.

Ε) Άνεμος

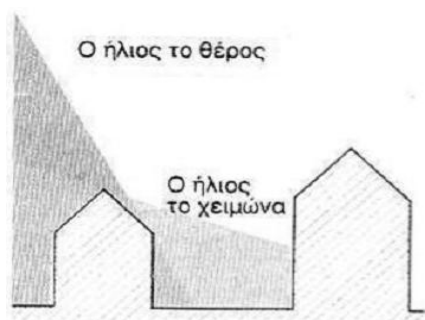
Η γνώση των επικρατέστερων ταχυτήτων και κατευθύνσεων των ανέμων για μια περιοχή είναι σημαντική. Η μετακίνηση των αέριων μαζών είναι αποτέλεσμα της ανισότητας των ατμοσφαιρικών πιέσεων η οποία οφείλεται στη διαφορά της θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ των περιοχών αυτών. Η τοπογραφία ή το ανάγλυφο του εδάφους, παίζουν καθοριστικό ρόλο, τόσο στη ροή του ανέμου πάνω, γύρω ή διαμέσου των κτιρίων και των ελεύθερων χώρων. Έχοντας γνώση της κατεύθυνσης των ανέμων μπορεί να γίνει σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων στις όψεις του κτιρίου για εκμετάλλευση του ανέμου ως μέσο φυσικού δροσισμού και αερισμού στο καλοκαίρι.

5 Το σχήμα, η χωροθέτηση και ο προσανατολισμός του κτιρίου στο οικόπεδο

Ο προσανατολισμός παίζει ίσως τον πιο σημαντικό ρόλο για τη δημιουργία ενός κτιρίου φιλικού προς το περιβάλλον και με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση. Το θέμα του προσανατολισμού αφορά τόσο την τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο όσο και την ίδια την επιλογή της θέσης του οικοπέδου.

Για την τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο εντοπίζονται δύο είδη προσανατολισμών ο εσωτερικός και ο εξωτερικός. Ο εξωτερικός αφορά το σύνολο του κτιρίου. Το κτίριο πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε ο προσανατολισμός των χώρων να είναι ο πιο ευνοϊκός για τη χρήση που πρόκειται να φιλοξενήσουν. Αυτό εξαρτάται άμεσα και από τις συνθήκες του τοπικού κλίματος. Ο εσωτερικός αφορά τη χωροθέτηση των λειτουργιών στο εσωτερικό του κτιρίου. Όταν δεν είναι εφικτός ο εξωτερικός προσανατολισμός του κτιρίου μπορούμε να χωροθετήσουμε τις χρήσεις στο εσωτερικό των χώρων για να επιτύχουμε τον ευνοϊκότερο προσανατολισμό.

Η τοποθέτηση του σχολικού κτιρίου στο οικόπεδο θα πρέπει να γίνει με κριτήριο την προέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Πιο συγκεκριμένα η χωροθέτηση του σχολικού κτιρίου θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει στις αίθουσες διδασκαλίας να έχουν καλό φωτισμό καθόλη τη διάρκεια του έτους ώστε να αποφεύγεται το φαινόμενο της θάμβωσης, να δέχονται τα μέγιστα ηλιακά κέρδη κατά τους ψυχρούς μήνες, να εξασφαλίζεται η σκίαση τους θερμούς μήνες, ενώ παράλληλα να διασφαλίζεται ο διαμπερής αερισμός των αιθουσών και να προστατεύονται από την ηχητική όχληση.



Εικόνα 4: Η κλίση των ακτίνων του ηλίου το χειμώνα και το καλοκαίρι

(Πηγή: www.osk.gr)



Εικόνα 5: Βιοκλιματικό σχολείο στο Παλαιό Φάληρο

(Πηγή: www.energia.gr)

Επίσης ο προσανατολισμός του οικοπέδου και του σχολικού κτιρίου επηρεάζει άμεσα και την φύτευση του περιβάλλοντα χώρου. Η βλάστηση παρέχει ηλιοπροστασία και πολύ περισσότερο φυσικό δροσισμό από εξάτμιση.

Οι ιδανικότεροι προσανατολισμοί για τους χώρους διδασκαλίας θεωρούνται:

Ο νότιος ο οποίος δέχεται τα μεγαλύτερα ποσοστά άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας καθόλη τη διάρκεια του χρόνου και επιτρέπει τον εύκολο σκιασμό των ανοιγμάτων του, τους θερινούς μήνες προσφέροντας συγχρόνως ιδανικές συνθήκες φωτισμού.

Ο βορινός προσφέρει σταθερές συνθήκες φωτισμού που προέρχονται κυρίως από διάχυση και ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος και διαθέτει τα λιγότερα θερινά ηλιακά κέρδη από οποιονδήποτε άλλο προσανατολισμό.

Ο δυτικός και ανατολικός θα πρέπει να αποφεύγονται γιατί ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες λόγω των μεγάλων ποσοστών ηλιακών κερδών ελλοχεύει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης.

Για να επιτύχουμε το σωστό προσανατολισμό θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο με το μεγάλο άξονα του κατά την ανατολή-δύση ώστε να υπάρχει δυνατότητα μεγαλύτερης επιφάνειας προς το νότο, για συλλογή άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και δυνατότητα ελέγχου της με οριζόντια σκίαστρα το καλοκαίρι.

Οι βέλτιστες αναλογίες ενός κτιρίου σε σχέση με τα θερμικά του κέρδη, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως το γεωγραφικό πλάτος, το κλίμα και το μικροκλίμα κάθε περιοχής. Μερικά

σχήματα κτιρίων όπως το L, U ή άλλα ακανόνιστα μπορούν να προκαλέσουν αλληλοσκιασμό από τους προεξέχοντες όγκους αλλά με μικρές περιστροφές στον προσανατολισμό τους ή αλλαγές στην αναλογία τους μπορεί να περιοριστεί το πρόβλημα.

Ακόμα είναι δυνατόν ο επιθυμητός προσανατολισμός να επιτευχθεί με την κατάλληλη διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου π.χ. μια αίθουσα που έχει προσανατολισμό προς το βορρά και βρίσκεται στον τελευταίο όροφο είναι δυνατόν με την κατάλληλη διαμόρφωση της στέγης να δεχθεί ηλιασμό από το νότο ή και το αντίθετο.



Εικόνα 6:Εσωτερικός διάδρομος κυκλοφορίας σε σχολικό κτίριο

(Πηγή: www.greenbuilding.gr)

Η ηχητική προστασία των χώρων μπορεί να επιτευχθεί με τον ορθό προσανατολισμό του κτιρίου στο οικόπεδο ή των επιμέρους χώρων μέσα σε αυτό. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στοιχεία της διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χώρου ,όπως συμπαγείς τοίχοι, πεζούλια και φύτευση με δέντρα και θάμνους. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η γνώση της περιοχής, της ηλιακής τροχιάς, του εδάφους, του μικροκλίματος και της βλάστησης είναι βασικοί παράγοντες για την κατανόηση των ιδιοτήτων του οικοπέδου ώστε να επιτευχθεί ο βέλτιστος προσανατολισμός του κτιρίου.

6 Φυσικός Φωτισμός

Ένα από τα ζητούμενα στη βιοκλιματική αντιμετώπιση κατά το σχεδιασμό των κτιρίων αποτελεί η εξασφάλιση επαρκούς φυσικού φωτισμού και ελέγχου της φωτεινής ακτινοβολίας ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλή κατανομή του φωτός μέσα στους χώρους. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού μπορεί να μειώσει δραστικά την άσκοπη χρήση τεχνητού φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικό ποσό από την ενέργεια που απαιτείται για το φωτισμό του κτιρίου (αλλά και για τον κλιματισμό, εφ' όσον μειώνονται τα εσωτερικά θερμικά φορτία) κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, δημιουργώντας ταυτόχρονα πιο υγιεινές και ευχάριστες συνθήκες διαβίωσης. Έρευνες έδειξαν ότι η έκθεση στο φυσικό φώς έχει ευεργετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και ψυχολογία καθώς συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της ευδιαθεσίας και παραγωγικότητας των χρηστών.

Τα πλεονεκτήματα του φυσικού φωτισμού μεταφράζονται σε καλύτερες επιδόσεις των μαθητών στα σχολεία. Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. έχουν δείξει ότι τα παιδιά επιτυγχάνουν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στα τεστ σε αίθουσες που έχουν φυσικό φωτισμό απ' ό,τι σε αυτές που δεν έχουν, κάνοντας τον φυσικό φωτισμό μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους στις οποίες αξίζει να επενδύσει ο μελετητής σχεδιάζοντας το σχολικό περιβάλλον. Ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό των απαραίτητων ανοιγμάτων επί του περιβλήματος του, τα οποία επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς του χώρους. Τέτοια ανοίγματα μπορούν να δημιουργηθούν στους τοίχους, τις στέγες ή τις οροφές των κτιρίων και να έχουν τη μορφή θυρών, παραθύρων, φεγγιτών κ.λπ. Τα ανοίγματα αυτά μπορούν να αποτελούνται από διαφανείς ή ημιδιαφανείς επιφάνειες, όπως υαλοπίνακες απλοί ή χαμηλής εκπομπής (low-e), υαλότουβλα, πολυκαρβονικά φύλλα ή άλλα υλικά, ανάλογα με τη λειτουργία που καλούνται να επιτελέσουν, τις αισθητικές επιλογές του μελετητή και τον προϋπολογισμό του έργου.

6.1 Ιδιότητες του φυσικού φωτός

Η μοναδική πηγή φυσικού φωτός που υπάρχει στη γη είναι ο ήλιος, ο οποίος ένα μεσημέρι του καλοκαιριού με καθαρό ουρανό εκπέμπει περίπου 100.000 lux. Στο σημείο αυτό είναι επιβεβλημένο να επισημάνουμε τη διάκριση ανάμεσα στο ηλιακό φως σε άμεσο και διάχυτο. Στη διεθνή βιβλιογραφία τα δύο αυτά είδη φωτός συναντώνται ως διαφορετικά και περιγράφονται το μεν πρώτο ως sunlight (άμεσο ηλιακό φως) δηλαδή το φως που προέρχεται κατευθείαν από τον ήλιο, το δε δεύτερο ως daylight (διάχυτο φυσικό φως) το οποίο είναι αποτέλεσμα της διάχυσης του στην ατμόσφαιρα.

Το άμεσο ηλιακό φως είναι υπερβολικά φωτεινό και πολύ ζεστό και συνεπώς δημιουργεί φαινόμενα θάμβωσης και υπερθέρμανσης των χώρων. Για το λόγο αυτό συνιστάται να χρησιμοποιείται μόνο σε χώρους όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να απομακρυνθούν από αυτό, όπως για παράδειγμα σε χώρους κυκλοφορίας. Αντίθετα, σε χώρους όπου απαιτείται συγκέντρωση και προσοχή, ορθό είναι να επιδιώκεται περισσότερο ήπιος, ομοιόμορφος και διάχυτος φωτισμός. Για να επιτευχθεί ισορροπημένος φωτισμός, το φυσικό φως μπορεί και πρέπει να διαχέεται με διάφορους τρόπους, όπως με τη χρήση προβόλων, σκιάστρων, περσίδων, φωτιστικών ραφιών, και άλλων μέσων σκίασης που είτε διαχέουν το ηλιακό φως, είτε εμποδίζουν την άμεση είσοδο του στο εσωτερικό των χώρων.

Λόγω της συνεχούς μεταβολής της έντασης του εξωτερικού διαθέσιμου φωτισμού εξαιτίας της εναλλαγής των κλιματικών συνθηκών, είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί ο εσωτερικός φωτισμός. Ο λόγος όμως του φωτισμού που δέχεται ένα σημείο στον εσωτερικό χώρο και συνήθως στο επίπεδο εργασίας προς τον αντίστοιχο φωτισμό στην ύπαιθρο είναι σταθερός και ονομάζεται «Συντελεστής Φυσικού Φωτός» και εκφράζεται επί τις %.

$$Df = E1/E2 \times 100\%$$

Όπου: E1=ο φωτισμός σε συγκεκριμένο σημείο του χώρου

E2=ο αντίστοιχος φωτισμός στην οριζόντια επιφάνεια στην ύπαιθρο

Ο « Συντελεστής Φυσικού Φωτός» χρησιμοποιείται διεθνώς για συνθήκες ομοιόμορφα συννεφιασμένου ουρανού όπου το άμεσο ηλιακό φως αποκλείεται. Ο « Συντελεστής Φυσικού Φωτός» χρησιμεύει για τον προσδιορισμό της ελάχιστης οπτικής απαίτησης για τη συγκεκριμένη χρήση του χώρου.

6.2 Οπτική άνεση

Η οπτική άνεση εξαρτάται από τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες του χώρου σε φωτισμό, σε συνάρτηση με τη χρήση και τις λειτουργικές απαιτήσεις του χώρου πχ αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία, βιβλιοθήκη, αίθουσες συνεδριάσεων κλπ.

Συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι εξαρτάται από τα παρακάτω ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά:

- Η ποσότητα του φωτισμού που φτάνει στο επίπεδο εργασίας.
- Η κατανομή του φωτισμού στο χώρο εργασίας (δηλαδή η ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός σε όλα τα θρανία).
- Η αποφυγή της θάμβωσης που δημιουργείται συνήθως, είτε από την είσοδο και την πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο επίπεδο εργασίας, είτε από τη δημιουργία έντονων φωτοσκιάσεων στο χώρο. Το φαινόμενο αυτό γίνεται ιδιαίτερα έντονο όταν ο χώρος διαθέτει απροστάτευτα, από άποψη σκιασμού, μεγάλα ανοίγματα στις νότιες όψεις των χώρων του.

6.3 Σχεδιασμός του φωτεινού περιβάλλοντος

Η αποτελεσματικότητα ενός φωτιστικού συστήματος κρίνεται:

A) Από την οπτική ικανότητα που εξασφαλίζει δηλαδή από την δυνατότητα αναγνώρισης πολύ μικρών λεπτομερειών.

B) Από τη γενική εμφάνιση που προσδίδει στο χώρο. Η γενική εμφάνιση πρέπει να ανταποκρίνεται στη λειτουργία του χώρου.

Η οπτική ικανότητα επηρεάζεται από:

1. Την ποσότητα φωτισμού
2. Το μέγεθος των λεπτομερειών
3. Την ανελαστικότητα των λεπτομερειών
4. Την κατεύθυνση φωτισμού

Η εμφάνιση του χώρου επηρεάζεται από:

1. Τη γενική φωτεινότητα
2. Το χρώμα των επιφανειών
3. Το βαθμό θάμβωσης

4. Τις δημιουργούμενες σκιάσεις

Στόχος είναι η εισαγωγή του απαιτούμενου για τις ανάγκες του χώρου φωτισμού χωρίς να γίνεται υπερδιαστασιολόγηση των ανοιγμάτων με αποτέλεσμα τα υπερβολικά θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και αντίστοιχα τις θερμικές απώλειες το χειμώνα. Οι παράμετροι που θα πρέπει να μελετηθούν για να μπορέσει να επιτευχθεί η μέγιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου φυσικού φωτός είναι οι εξής:

1. Ο προσανατολισμός του κτιρίου
2. Η διάταξη των χώρων στο εσωτερικό του κτιρίου
3. Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων
4. Τα συστήματα σκίασης των ανοιγμάτων
5. Η σκίαση του κτιρίου από το φυσικό ή δομημένο περιβάλλον
6. Το είδος των υαλοστασίων
7. Ανακλάσεις από εσωτερικές ή εξωτερικές επιφάνειες

Οι παραπάνω αρχές μπορούν να αποτελέσουν έναν χρήσιμο οδηγό στο σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού των σχολείων. Πιο συγκεκριμένα:

- **Για την αποφυγή της άμεσης εισόδου των ηλιακών ακτίνων στους χώρους διδασκαλίας.**

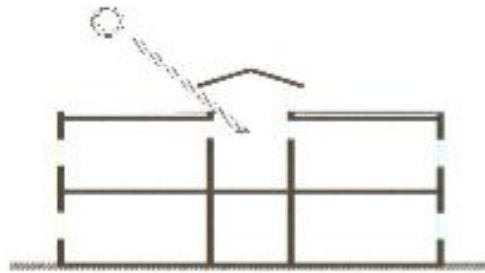
Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι ηλιακές ακτίνες είναι μια εξαιρετικά δυνατή πηγή φωτός. Το άμεσο ηλιακό φως είναι τόσο φωτεινό και ζεστό που μπορεί να δημιουργήσει έντονη οπτική και θερμική δυσφορία στους χρήστες ενός χώρου. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός του φυσικού φωτισμού πρέπει να στοχεύει στη μεγιστοποίηση της χρήσης του απαλού, διάχυτου φυσικού φωτός και στον περιορισμό της άμεσης εισόδου των ηλιακών ακτίνων στους χώρους διδασκαλίας. Ένα από τα χαρακτηριστικά του ηλιακού φωτός είναι ότι αλλάζει κατά τη διάρκεια της μέρας και από εποχή σε εποχή. Η ημερήσια και εποχιακή τροχιά του ήλιου είναι η βασική παράμετρος καθορισμού της διαθεσιμότητας του ηλιακού φωτός, ενώ η παρουσία νεφών και υγρασίας στον αέρα επηρεάζουν την ποιότητα και την ένταση του φωτός από τον ουρανό. Είναι σημαντικό για τους μελετητές να γνωρίζουν τις βασικές αρχές του προσανατολισμού του ήλιου, των κλιματικών συνθηκών και των συστημάτων σκίασης προκειμένου να σχεδιάσουν επιτυχώς

το φυσικό φωτισμό ενός κτιρίου. Ο προσανατολισμός ενός κτιρίου είναι καθοριστικός για τη μεγιστοποίηση της χρήσης διάχυτου φωτός και την ελαχιστοποίηση της άμεσης ηλιακής διείσδυσης. Σε ότι αφορά την επιλογή του προσανατολισμού του κτιρίου, γενικά συνιστάται η τοποθέτηση του κατά μήκος του άξονα βοράς-νότος. Η επιλογή αυτή παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε ότι αφορά το φυσικό φωτισμό των χώρων που χωροθετούνται κατά μήκος των μακρών πλευρών του κτιρίου (βόρεια και νότια), αφού ο μεν βόρειος προσανατολισμός δίνει το μέγιστο διάχυτο φως, ο δε νότιος μπορεί εύκολα να σκιαστεί σε όλη τη διάρκεια του χρόνου χωρίς να εμποδίζεται η θέα. Στην περίπτωση αυτή η ανατολική και δυτική πλευρά του κτιρίου δεν είναι απαραίτητο να έχουν εκτεταμένα ανοίγματα. Αντίθετα, καλό θα ήταν να αποφεύγεται κατά το δυνατό ο προσανατολισμός των κτιρίων κατά μήκος του άξονα ανατολή-δύση και αυτό γιατί το βόρειο και το νότιο άκρο του κτιρίου εξασφαλίζουν πολύ λιγότερο φως στο εσωτερικό σε σχέση με αυτό που δυνητικά θα μπορούσαν να προσφέρουν, ενώ οι μακρές πλευρές (ανατολική και δυτική) τείνουν να εισάγουν πολύ φως και υπερβολική θερμότητα. Επίσης, η ανατολική και η δυτική πλευρά απαιτούν πολύπλοκα συστήματα σκίασης, τα οποία συχνά εμποδίζουν τη θέα.

- **Εξασφάλιση απαλού, ομοιόμορφου φωτός σε όλο το χώρο.**

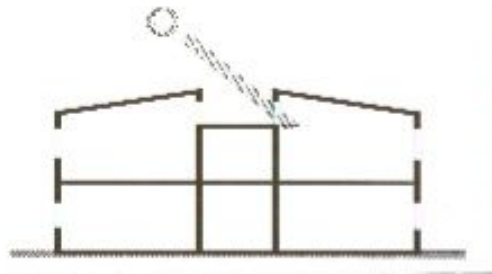
Όταν το φως διαχέεται ομοιόμορφα στο χώρο εξασφαλίζεται τόσο η μέγιστη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας όσο και η επιδιωκόμενη οπτική άνεση. Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλιστεί ένα βασικό επίπεδο φωτισμού σε όλη την έκταση ενός χώρου, δηλαδή διάχυτος φωτισμός. Αυτός είναι συνήθως της τάξης των 220 ως 330 lux. Ο τεχνητός φωτισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επιτελούνται συγκεκριμένες εργασίες που απαιτούν εντονότερο φωτισμό της τάξης των 550 ως 660 lux. Επειδή συνήθως οι αίθουσες διδασκαλίας έχουν μεγάλα ανοίγματα προς τη μία όψη, παρατηρείται ανομοιογένεια στην κατανομή του φωτός. Για να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού μέσα στις αίθουσες συνιστάται να υπάρχουν αμφίπλευρα ανοίγματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με φεγγίτες ή με μεγαλύτερα ακόμα ανοίγματα προς την πλευρά του διαδρόμου, ή και με ανοίγματα στην οροφή της αίθουσας ή του διαδρόμου στον τελευταίο όροφο. Στην περίπτωση σχολείων με αίθουσες τοποθετημένες αμφίπλευρα του διαδρόμου (προς βορρά και νότο) συνιστάται να υπερυψώνεται ή υποβιβάζεται η οροφή του διαδρόμου, ώστε να εξασφαλίζεται ο

αμφίπλευρος φωτισμός των τάξεων.



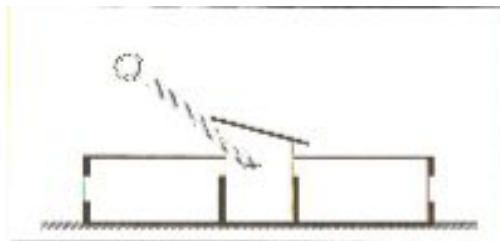
Εικόνα 7: Με υπερέψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση πολυώροφου κτιρίου).

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)



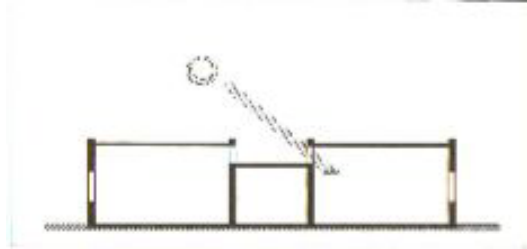
Εικόνα 8: Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση πολυώροφου κτιρίου).

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)



Εικόνα 9: Με υπερέψωση της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (έμμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση μονώροφου κτιρίου)

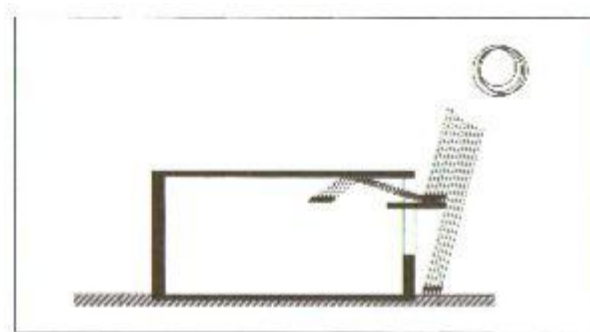
(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)



Εικόνα 10: Με υποβιβασμό της στέγασης του διαδρόμου επιτυγχάνεται επιπλέον (άμεσος) φωτισμός των αιθουσών διδασκαλίας (περίπτωση μονώροφου κτιρίου)

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

Τοίχοι, οροφές και άλλες επιφάνειες που μπορούν να αντανακλούν το φως καλό είναι να βάφονται σε λευκούς ή ανοιχτόχρωμους χρωματισμούς. Ακόμα και τα παστέλ χρώματα απορροφούν το 50% του φωτός που προσπίπτει σε αυτές, ελαττώνοντας την ποσότητα του φωτός που αντανακλάται ξανά προς το χώρο. Τα έντονα χρώματα συνιστάται να χρησιμοποιούνται σε μικρότερες επιφάνειες. Εξωτερικά στοιχεία σκίασης ή στέγαστρα που βρίσκονται κοντά στα ανοίγματα μπορούν να έχουν την ικανότητα να αντανακλούν το φυσικό φως προς το εσωτερικό των χώρων και λειτουργούν, μάλιστα πιο αποτελεσματικά όταν είναι ανοιχτόχρωμα. Τα φωτιστικά ράφια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατευθύνουν το φυσικό φως βαθύτερα μέσα στο χώρο.



Εικόνα 11: Χρήση φωτιστικών ραφιών για μεγαλύτερη διείσδυση του φωτός. Περσίδες, στόρια ή άλλες ανακλαστικές επιφάνειες δίπλα σε φωτιστικά ανοίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ομοιόμορφη διασπορά του φωτός σε όλο τον χώρο.

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

- **Σχεδιασμός του συστήματος ηλεκτροφωτισμού έτσι ώστε να λειτουργεί συμπληρωματικά ως προς το φυσικό φως, και ενίσχυση της εξοικονόμησης ενέργειας μέσω συστημάτων ελέγχου του φωτισμού.**

Ο σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με αυτόν του φυσικού φωτισμού, έτσι ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται και να δημιουργούν συνολικά φωτισμό υψηλής ποιότητας. Αυτό απαιτεί κατανόηση του τρόπου με τον οποίο καθένα από τα συστήματα αυτά παρέχουν φως σε ένα χώρο. Ο σχεδιασμός του ηλεκτροφωτισμού πρέπει να είναι τέτοιος που να επιτρέπει να σβήνουν τα φώτα στις περιοχές των χώρων που το φυσικό φως είναι επαρκές και να ανάβουν εκεί όπου είναι ελλιπές. Ο έλεγχος της λειτουργίας αυτού του συνδυαστικού συστήματος μπορεί να γίνεται χειροκίνητα ή με χρήση αυτοματισμών (με φωτοευαίσθητους αισθητήρες που καταγράφουν τα επίπεδα φωτός στο χώρο). Άλλα θέματα που θα πρέπει να λαμβάνει ο μελετητής υπόψη κατά το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού είναι ο φυσικός αερισμός, η οπτική επικοινωνία, ο έλεγχος του θορύβου, η θερμική άνεση (θερμές και ψυχρές επιφάνειες), η ασφάλεια των μαθητών και του κτιρίου, οι διαρροές αέρα και νερού, η πυρασφάλεια, ο καθαρισμός, συντήρηση και η δυνατότητα αντικατάστασης κάποιων ανοιγμάτων κατά τη διάρκεια ζωής του κτιρίου.

- **Αποφυγή του φαινομένου της θάμβωσης**

Το φαινόμενο αυτό προκαλείται όταν υπάρχουν υπερβολικά υψηλές αντιθέσεις στα επίπεδα φωτισμού των επιφανειών (άμεση θάμβωση) ή όταν το φως αντανακλάται σε μια γυαλιστερή επιφάνεια (θάμβωση από αντανάκλαση). Στις περιπτώσεις που παρατηρείται άμεση θάμβωση, η παρουσία μιας πολύ λαμπρότερης επιφάνειας σε σχέση με τις γειτονικές, μέσα στο οπτικό πεδίο του χρήστη, προκαλεί ενόχληση ή πρόσκαιρη απώλεια της οπτικής του ικανότητας. Αυτού του είδους η θάμβωση έχει αρνητικές συνέπειες στην απόδοση τόσο των μαθητών όσο και των διδασκόντων. Ο έλεγχος της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας με στοιχεία όπως πρόβολοι, περσίδες, σκιάδια, βενετικά στόρια ή ακόμα και κουρτίνες μπορεί να συμβάλλει στην αποφυγή της θάμβωσης. Επίσης η τοποθέτηση ανοιχτόχρωμων ανακλαστικών επιφανειών κοντά σε φωτιστικά ανοίγματα (π.χ. φωτιστικά ράφια ή χρήση ανακλαστικών επιφανειών στις οροφές των αιθουσών) βοηθά στη διάχυση του φωτός και στην εξομάλυνση των αντιθέσεων στα

επίπεδα φωτισμού τους. Η ελάττωση της αντίθεσης ανάμεσα στα φωτεινά υαλοστάσια και τις άλλες εσωτερικές επιφάνειες του χώρου, τις κάνει να μοιάζουν περισσότερο φωτεινές. Γενικά η χειρότερη μορφή ανοίγματος ως προς το φαινόμενο της θάμβωσης είναι το άνοιγμα που δεν συνδυάζεται με κανένα στοιχείο ηλιοπροστασίας. Σε ότι αφορά τη θάμβωση από αντανάκλαση, κατά το σχεδιασμό των ανοιγμάτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι θέσεις των πολύ γυαλιστερών επιφανειών όπως οθόνες υπολογιστών ή πίνακες, ώστε το φως να μην αντανακλάται άμεσα σε αυτές. Η βέλτιστη θέση της οθόνης του υπολογιστή είναι αυτή όπου η γραμμή οράσεως του χρήστη είναι παράλληλη με το φωτιστικό άνοιγμα ή σχηματίζει γωνία 45ο.

- **Σχεδιασμός του συστήματος ηλεκτροφωτισμού**

Από το σύνολο της παραγόμενης πρωτογενούς ενέργειας περίπου το 1/3 χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ,το δε ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό υπολογίζεται σε περίπου 4%. Η προσέγγιση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μείωση κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό πολύ λίγο συνεισφέρει στην προσπάθεια εξοικονόμησης . Παρόλα αυτά αν εξετάσουμε το ποσοστό ενέργειας που απαιτείται για το φωτισμό ενός σχολείου το οποίο υπολογίζεται περίπου στο 12% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αποδεικνύεται ότι πρόκειται για πολύ σημαντικό και υπολογίσιμο ποσοστό.

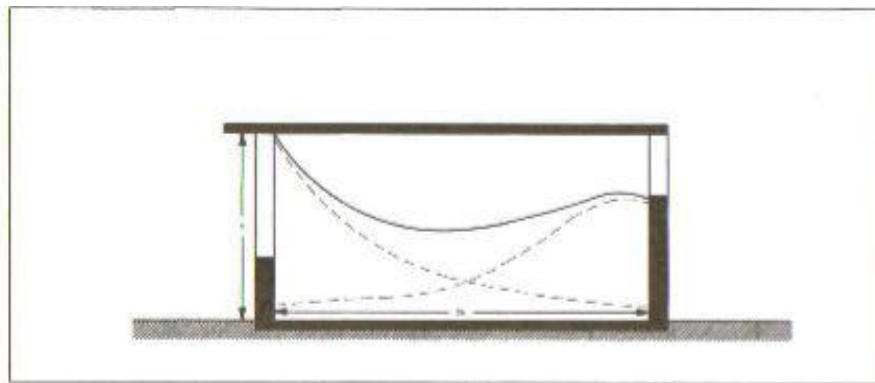
Ο σχεδιασμός του τεχνητού φωτισμού πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με αυτόν του φυσικού φωτισμού, έτσι ώστε να αλληλοσυμπληρώνονται και να δημιουργούν συνολικά φωτισμό υψηλής ποιότητας. Αυτό απαιτεί κατανόηση του τρόπου με τον οποίο καθένα από τα συστήματα αυτά παρέχουν φως σε ένα χώρο.

- **Συστήματα φυσικού φωτισμού**

Φωτισμός από το πλάι

Ο πιο απλός τρόπος εισόδου του φυσικού φωτισμού μέσα στα κτίρια είναι μέσω ανοιγμάτων στους τοίχους . Τα μέγιστα επίπεδα φωτισμού βρίσκονται κοντά στην περίμετρο ενός κτιρίου όπου βρίσκονται και τα ανοίγματα. Ο φωτισμός από τα πλάγια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλους τους ορόφους του κτιρίου. Ένας απλός και χρήσιμος κανόνας για τον υπολογισμό του χρήσιμου φωτός που εισέρχεται στο χώρο από κατακόρυφα ανοίγματα είναι πως η διεύθυνση

του φωτός ισούται περίπου με το 1,5 ως 2 φορές το ύψος του προεκτιμώμενου παραθύρου. Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει το συμπέρασμα πως για να επιτευχθεί ο βέλτιστος φωτισμός τα φωτιστικά ανοίγματα στους τοίχους πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν ψηλότερα. Ωστόσο, για να εξασφαλιστεί η θέα προς τον εξωτερικό χώρο είναι απαραίτητα ανοίγματα στο ύψος του ματιού. Εφ' όσον οι δύο αυτές απαιτήσεις έρχονται σε αντίθεση η μελέτη φυσικού φωτισμού θα πρέπει να διαφοροποιεί τις λειτουργίες τις θέας και του φωτισμού, παρέχοντας ενδεχομένως και διαφορετικά παράθυρα για καθεμία από αυτές .



Εικόνα 12: Για ομοιόμορφο φωτισμό της αίθουσας διδασκαλίας ενδείκνυται οι συνδυασμοί ανοιγμάτων σε αντιδιαμετρικές πλευρές της.

(Πηγή: www.osk.gr)

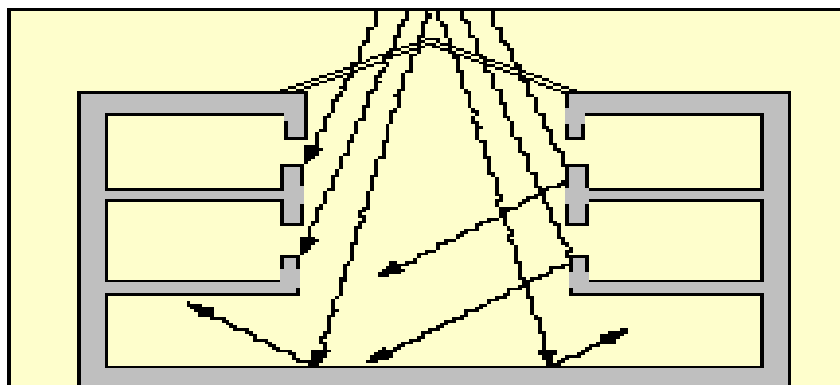
Μια άλλη μέθοδος είναι και τα «**ράφια φωτισμού**» τα οποία είναι οριζόντια στοιχεία που τοποθετούνται εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα του ανοίγματος. Η λειτουργία τους στηρίζεται στη μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αύξηση αυτών στο πίσω μέρος του χώρου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πιο ομοιογενής κατανομή του φωτός στο χώρο.



Εικόνα 13: Ράφια φωτισμού (Πηγή: www.energysmartschools.gov)

Φωτισμός από ψηλά

Σε χώρους με μεγάλο βάθος η ομοιόμορφη διανομή του φυσικού φωτός μπορεί να επιτευχθεί με ανοίγματα οροφής σε διάφορες μορφές. Οι φεγγίτες οροφής, υπό την προϋπόθεση ότι έχουν το κατάλληλο μέγεθος, είναι αποτελεσματικοί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ανεξάρτητα από το αν έχει ηλιοφάνεια ή συννεφιά και ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του κτιρίου. Ο φωτισμός από ψηλά μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε μονώροφα κτίρια ή στον τελευταίο όροφο πολυώροφων κτιρίων. Τα ανοίγματα οροφής επιτρέπουν ομοιόμορφη διανομή του φυσικού φωτός στο χώρο και ταυτόχρονα η χρήση τους μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης φαινομένων θάμβωσης. Οι στέγες με φεγγίτες προσφέρουν τη δυνατότητα κατεύθυνσης του φωτός σε συγκεκριμένες περιοχές του χώρου και μπορούν να συνδυαστούν με ανακλαστικές επιφάνειες. Τα «**αίθρια**» είναι άλλη μια μέθοδος φυσικού φωτισμού και επιτρέπουν την τοποθέτηση ανοιγμάτων εκτός από την περιφέρεια του κτιρίου. Η στέγασή τους γίνεται με διαφανή υλικά με ανοιγόμενα στοιχεία για φυσικό αερισμό και με πρόβλεψη συστημάτων σκίασης. Τα αίθρια συμβάλουν και στη μείωση των θερμικών απωλειών καθώς η θερμοκρασία τους είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική. Παρόλα αυτά τα ανοίγματα οροφής πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εφ' όσον έχει εξασφαλιστεί ότι δεν θα λειτουργήσουν επιβαρυντικά για το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου, αφού σε περιοχές με έντονη και παρατεταμένη ηλιοφάνεια είναι πιθανό να συμβάλλουν στη δημιουργία φαινομένου του θερμοκηπίου μέσα στις αίθουσες διδασκαλίας. Στην Ελλάδα οι φεγγίτες οροφής πρέπει να έχουν κατακόρυφη (και όχι οριζόντια ή επικλινή) θέση και κατά προτίμηση να στρέφονται προς το βορρά.



Εικόνα 14: Αίθριο

(Πηγή www.energysmartschools.gov)

7 Σκιασμός κτιρίου

Μολονότι τα παράθυρα καλύπτουν κατά κανόνα σχετικά μικρό ποσοστό της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου, τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από αυτά, και ιδιαίτερα τις μέρες του χρόνου που η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από τα επίπεδα θερμικής άνεσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Η μελέτη της ηλιοπροστασίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες του φυσικού φωτισμού αλλά και του χειμερινού ηλιασμού για την παθητική θέρμανση του κτιρίου. Ένα πετυχημένο σύστημα σκίασης πρέπει να εξασφαλίζει το φυσικό φως στο εσωτερικό του κτιρίου, να μην περιορίζει τη θέα και το φυσικό αερισμό και να έχει τη δυνατότητα εύκολης συντήρησης και καθαρισμού. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η σκίαση των κτιρίων είναι αποτελεσματικότερη όταν επιτυγχάνεται προτού εισέλθει η ηλιακή ακτινοβολία και εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους, οπότε τα εξωτερικά σκίαστρα προτιμούνται των εσωτερικών. Αντίθετα κατά τους χειμερινούς μήνες η σκίαση δεν είναι επιθυμητή αφού με τον ηλιασμό των κτιρίων μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση των εσωτερικών χώρων. Για τον καθορισμό του τύπου της σκίασης μπορούμε αρχικά να ανατρέξουμε στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 2423/86 (Πίνακας 203 Τεχνικής Οδηγίας Τ.Ε.Ε) στην οποία καθορίζονται οι ενδεικνυόμενες συνθήκες κλιματισμού για τα σχολικά κτίρια. Για τις αίθουσες διδασκαλίας η βέλτιστη θερμοκρασία είναι 18 °C το χειμώνα και 25 °C το καλοκαίρι.

Η σκίαση μπορεί να επιτευχθεί με σταθερά εξωτερικά σκίαστρα (τα οποία μπορεί να είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, όπως πρόβολοι), με κινητά εξωτερικά σκίαστρα, εσωτερικά σκίαστρα και με συνδυασμό εξωτερικών /εσωτερικών σκιάστρων. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων δίνει τη δυνατότητα σκίασης των ανοιγμάτων όταν κρίνεται απαραίτητη, όταν δηλαδή οι εσωτερικές θερμοκρασίες υπερβαίνουν τα όρια άνεσης, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους και τη θέση του ήλιου. Συνεπώς, ο πιο ενδεδειγμένος τρόπος σκιασμού των ανοιγμάτων είναι η χρήση εξωτερικών κινητών σκιάστρων.

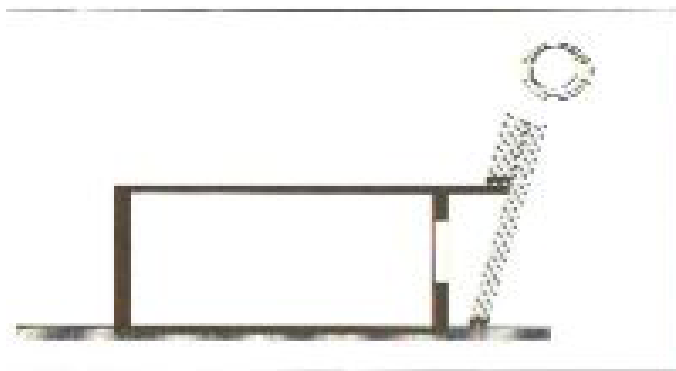
Επειδή, όμως, τα εξωτερικά σκίαστρα με κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα ακριβά, προτείνεται εναλλακτικά η σταθερή εξωτερική σκίαση σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια.

Η εξωτερική σταθερή σκίαση με τις κατάλληλες αναλογίες εξασφαλίζει τη στοιχειώδη ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων τη θερινή περίοδο και τον ηλιασμό κατά το χειμώνα, Τα εσωτερικά στόρια συμπληρώνουν τη λειτουργία της όταν αυτή δεν επαρκεί ενώ παράλληλα συντελούν και στην αποφυγή της θάμβωσης. Τα κινητά σκίαστρα θα πρέπει τις θερμές περιόδους να μένουν χαμηλά και κατά τις ώρες μη λειτουργίας του σχολείου. Ανάλογα με τον προσανατολισμό του ανοίγματος συνιστώνται διαφορετικοί τύποι σκίασης.

Σκίαση νότιων ανοιγμάτων

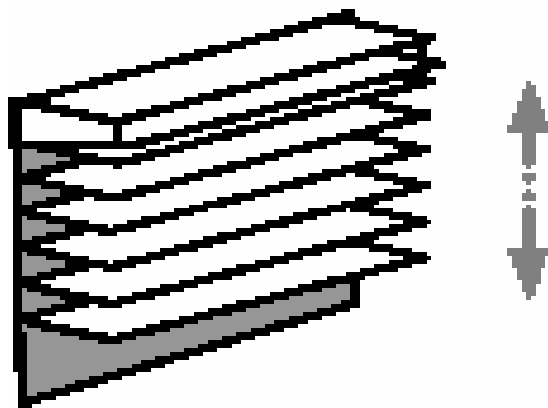
Στο νότιο προσανατολισμό ιδανικότερες είναι οι οριζόντιες διατάξεις σκιασμού. Τα σκίαστρα μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων, με αναλογίες τέτοιες ώστε να σχηματίζεται μεταξύ του εξωτερικού σκιάστρου και της ποδιάς του ανοίγματος γωνία ύψους 55ο μοιρών για γεωγραφικό πλάτος 40ο και 60ο για γεωγραφικό πλάτος 36°.

Έτσι λοιπόν, παράθυρα προς το νότο μπορούν να σκιάζονται από πρόβολο πάνω από το γυάλινο στοιχείο. Για να είναι αποδοτική η χρήση των προβόλων είναι σημαντικό το πλάτος προεξοχής τους να είναι να είναι τόσο ώστε να επιτρέπει κατά τους χειμερινούς μήνες, που ο ήλιος είναι χαμηλά, την εισαγωγή της ηλιακής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του κτιρίου ενώ αντίθετα το καλοκαίρι που είναι ψηλότερα πλήρης σκίασης των ανοιγμάτων. Στον υπολογισμό του βάθους του προβόλου δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη μόνο η απόσταση του πάνω από το παράθυρο, αλλά και το ύψος του ανοίγματος, το εκπέτασμα του καθώς και η τυχόν κλίση του. Το μήκος του προβόλου καθορίζεται από το πλάτος του παραθύρου.



Εικόνα 15: Σκίαση νοτίου ανοίγματος με οριζόντιο πρόβολο

(Πηγή: www.cres.gr)

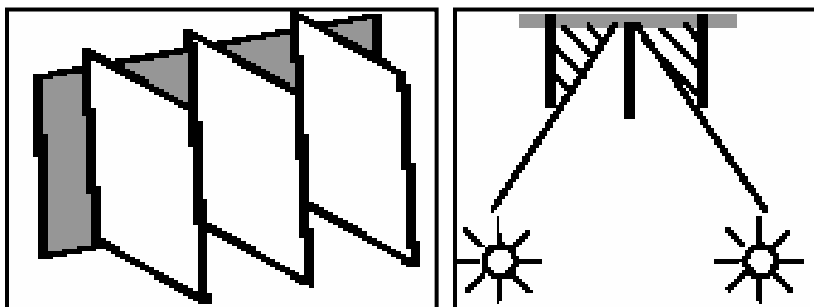


Εικόνα 16: Οριζόντιες μεταλλικές περσίδες ιδανικές για νότιο προσανατολισμό

(Πηγή: www.cres.gr.)

Σκίαση ανατολικών-δυτικών ανοιγμάτων

Σε ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό πρέπει να επιλέγονται κατακόρυφα στοιχεία σκίασης γιατί προστατεύουν από τις ακτίνες του ήλιου που βρίσκονται πολύ χαμηλά το πρωί και το απόγευμα. Προσοχή χρειάζεται στη χρήση σταθερών κατακόρυφων στοιχείων γιατί περιορίζουν τον ηλιασμό το χειμώνα που είναι ευεργετικός. Έτσι αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα σταθερό πέτασμα, οι διαστάσεις του θα πρέπει να καθοριστούν από το πλάτος και το ύψος του παραθύρου και από την απόσταση του πετάσματος από αυτό. Το μήκος της προεξοχής καθορίζεται από την γωνία των 55° για όλα τα γεωγραφικά πλάτη της χώρας. Δεδομένης αυτής της ιδιαιτερότητας ένα κινητό κατακόρυφο πέτασμα μπορεί να αποτελέσει τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για την εξασφάλιση σκίασης, αν και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σταθερότητας και συντήρησης.



Εικόνα 17: Κατακόρυφες περσίδες

(Πηγή: www.glasscon.gr)

Σε ενδιάμεσους προσανατολισμούς κατάλληλες είναι οι σχαρωτές διατάξεις.

Σκίαση από δέντρα-φύτευση

Στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό πολύ αποτελεσματική είναι η σκίαση, η οποία επιτυγχάνεται με φυλλοβόλα δέντρα. Πρέπει όμως να σημειωθεί και η σημασία της βλάστησης για τη δημιουργία ευνοϊκού μικροκλίματος γύρω από τα σχολικά κτίρια, σημαντική τόσο για την επίτευξη της θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους, όσο και για την εξασφάλιση καλών και ευχάριστων συνθηκών στον αύλειο χώρο.

8 Φυσικός Αερισμός

Ένα κτίριο με χώρους διδασκαλίας, γραφείων και υποδοχής κοινού, χαρακτηρίζεται από αυξημένες ανάγκες ενέργειας για ψύξη λόγω υψηλών εσωτερικών κερδών από το σύστημα φωτισμού και τους ανθρώπους. Ο αερισμός ως φυσική διαδικασία αποτελεί βασική τεχνική φυσικού δροσισμού των κτιρίων και βασικό παράγοντα για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς και απόδοσης των κτιρίων και εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα σε αυτά. Βασίζεται στην αξιοποίηση της φυσικής ροής (κυκλοφορίας) του αέρα με διαμπερή ή κατακόρυφο (μέσω οριζόντιων ή κατακόρυφων ανοιγμάτων) αερισμό των εσωτερικών χώρων, τόσο κατά τη διάρκεια της νύκτας όσο και κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Επιπλέον, ο αερισμός του κτιρίου εξασφαλίζει υγιεινή διαβίωση στο εσωτερικό του και την αποφυγή του “συνδρόμου” των άρρωστων κτιρίων. Ο αέρας εσωτερικών χώρων περιέχει περισσότερες από 3000 διαφορετικές ενώσεις και στοιχεία. Πολλά στοιχεία όπως το CO και το ραδόνιο δεν ανιχνεύονται με την όσφρηση. Ο πιο αντιπροσωπευτικός παράγοντας περιγραφής της ποιότητάς του είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Η κλιμάκωση της επίδρασης του παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: Επίδραση της παρουσίας CO₂ σε εσωτερικούς χώρους

Επίδραση της παρουσίας διοξειδίου του άνθρακα σε εσωτερικούς χώρους	
Συγκέντρωση CO ₂	Επίδραση στα άτομα
έως 800	μη αισθητή η παρουσία του
άνω των 1500	κούραση & συχνόι πονοκέφαλοι
άνω των 2500	αίσθηση ασθένειας
άνω 10000	πρόκληση κατάρρευσης

Η ανάγκη ανανέωσης του αέρα εσωτερικών χώρων καθορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- Περιεκτικότητα σε Οξυγόνο.
- Περιεκτικότητα σε CO₂
- Ανθρωπογενείς οσμές (μεταβολισμός, βακτήρια του δέρματος)
- Αέριοι ρύποι, αιωρούμενα σωματίδια (κάπνισμα, εκπομπές από δομικά υλικά, σκόνη, γύρη)

Στην Ελλάδα έχει εκδοθεί από το ΤΕΕ Οδηγία για τον απαιτούμενο ρυθμό αερισμού σε σχολικά κτίρια ανάλογα με τον αριθμό των ατόμων. Σε περίπτωση, που ο αριθμός αυτός δεν ορίζεται, παρατίθενται τιμές εκτιμώμενης πυκνότητας ανάλογα με τη χρήση.

Πίνακας 3: Απαιτήσεις αερισμού εκπαιδευτικών κτιρίων προτεινόμενες από την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ 2425/86

	Εκτιμώμενα άτομα ανά 100m ² δαπέδου	Απαιτούμενος αερισμός ανά άτομο (m ³ / h)	
		Ελάχιστος	Συνιστώμενος
Αίθουσες	55	17	17-26
Εργαστήρια	32	17	17-26
Αμφιθέατρα	110	17	26-34
Βιβλιοθήκες	22	12	17-21
Γραφεία	10	12	17-26
Γυμναστήρια	75	34	42-51
Εστιατόρια	110	17	26-34
Βοηθητικοί Χώροι	3	8,5	12-17

8.1 Τρόποι φυσικού αερισμού

Ο φυσικός αερισμός επιτυγχάνεται με :

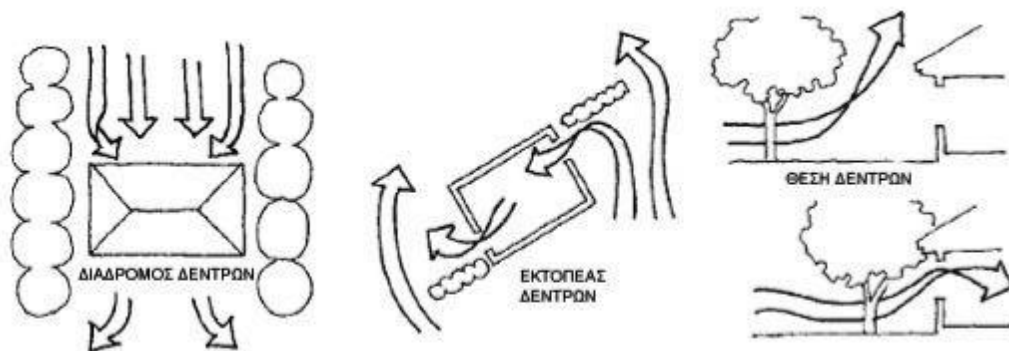
1. Διαμπερή αερισμό
2. Το φαινόμενο του ελκυσμού
3. Ηλιακή καμινάδα
4. Πύργο Ψύξης

8.1.1 Διαμπερής αερισμός

Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται τοποθετώντας τα ανοίγματα σε απέναντι πλευρές ενός χώρου. Βέλτιστη αναλογία βάθους προς ύψος είναι <5 . Τα ανοίγματα εισόδου πρέπει να είναι μικρότερα ή τουλάχιστον ισομεγέθη με τα ανοίγματα εξόδου που βρίσκονται στην απάνεμη πλευρά έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομαλή ροή του αέρα και να μην προκαλείται αίσθημα δυσφορίας από ρεύμα στο επίπεδο εργασίας.

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με διαμπερή αερισμό θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

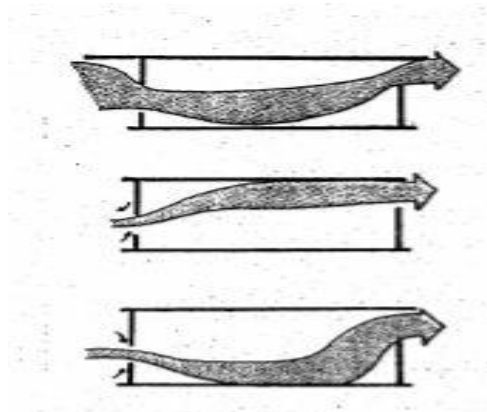
1. Τοποθέτηση του κτιρίου κατά τη μέγιστη κατεύθυνση του κυρίαρχου ανέμου.
2. Τοποθέτηση των ανοιγμάτων εισόδου του αέρα στην προσήνεμη περιοχή και των ανοιγμάτων εξόδου στην απάνεμη περιοχή.
3. Διατάξεις πρασινάδας, ανεμοφρακτών, αρχιτεκτονικές προεξοχές, πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα προκειμένου να δημιουργηθούν περιοχές θετικών και αρνητικών πιέσεων ευνοώντας τον αερισμό.
4. Αποφυγή τοποθέτησης εμποδίων στην είσοδο των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου.



Εικόνα 18: Κίνηση του ανέμου γύρω από το κτίριο

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

5. Η ταχύτητα του ανέμου μέσα στον κλειστό χώρο μεταβάλλεται σε σχέση με την θέση των ανοιγμάτων. Η επικρατέστερη τακτική είναι τα ανοίγματα εισόδου του αέρα και εξόδου να βρίσκονται στους αντικριστούς τοίχους.

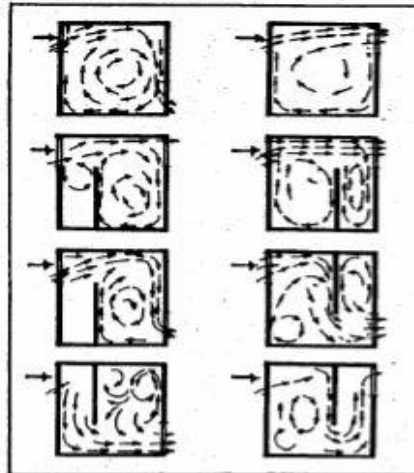


Εικόνα 19: Διαμπερή κίνηση ανέμου

(Πηγή: www.cres.gr)

6. Η θέση των ανοιγμάτων εισόδου είναι σημαντικότερη από τη θέση ανοιγμάτων εξόδου. Εάν τα ανοίγματα εισόδου τοποθετηθούν σε πολύ μεγάλο ύψος υπάρχει η πιθανότητα ο αέρας που θα εισαχθεί να οδηγηθεί στο άνω μέρος του χώρου και να προσπεράσει το χώρο συγκέντρωσης των ανθρώπων.

7. Για μικρούς χώρους όπου τα ανοίγματα εξόδου του αέρα δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στον αντίκρυ τοίχο, μπορούμε να τοποθετήσουμε το άνοιγμα σε παρακείμενη θέση και να δημιουργηθεί ένα είδος φυσικού αερισμού (η εφαρμογή αυτή γίνεται σε πολύ μικρούς χώρους).



Εικόνα 20: Κίνηση του ανέμου μέσα στους χώρους του κτιρίου

(Πηγή:www.osk.gr)

8. Κατά το σχεδιασμό του φυσικού αερισμού του κτιρίου καλό είναι να λάβουμε υπόψη μας και τις συνθήκες που επικρατούν κατά τις νυχτερινές ώρες προκειμένου να επωφεληθούμε από το φυσικό αερισμό τις ώρες αυτές.
9. Τα ανοίγματα πρέπει να είναι ευκόλως προσβάσιμα από τους ενοίκους.
10. Η επιφάνεια εισόδου και η επιφάνεια εξόδου πρέπει να είναι ίσες. Υψηλές ταχύτητες μέσα στον κλειστό χώρο μπορούν να επιτευχθούν εάν αυξήσουμε την επιφάνεια ανοιγμάτων εξόδου κατά 25% σε σχέση με τα ανοίγματα της επιφάνειας εισόδου.
11. Σημαντικό είναι να αποφύγουμε τα ανοίγματα να βρίσκονται στην ίδια στάθμη και αντικριστά.
12. Οριζόντια φρεάτια και διατάξεις μπορούν οδηγήσουν τον αέρα στο εσωτερικό του χώρου με κάποια ταχύτητα.
13. Πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας την τοπογραφία, την τοπική αρχιτεκτονική προκειμένου να επαναπροσανατολίσουμε τη ροή του ανέμου και να δημιουργήσουμε τις κατάλληλες συνθήκες έκθεσης στους τοπικούς ανέμους της περιοχής.

8.1.2 Φυσικός ελκυσμός

Η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ζεστού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου και του ψυχρού αέρα στο εξωτερικό προκαλούν τη συσσώρευση του θερμού αέρα στο υψηλότερο σημείο του δωματίου και την έξοδο του από την οροφή. Ο αέρας θερμαινόμενος από εσωτερικά θερμικά

φορτία (ανθρώπους, φώτα, θέρμανση) διαστέλλεται και ανέρχεται. Η μετακίνηση του αέρα δημιουργεί διαβάθμιση της πίεσης και άνοδο του προς τα επάνω.

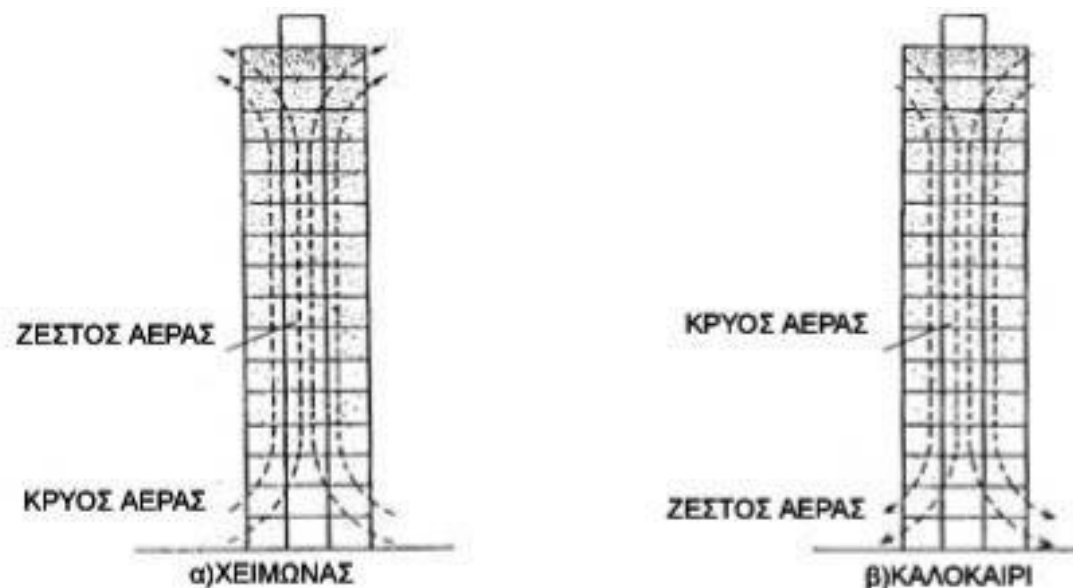
Τα ανοίγματα του κτιρίου κάνουν το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού πιο έντονο. Το βάρος του αέρα εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πυκνότητα (ο κρύος αέρας είναι βαρύτερος από τον ζεστό αέρα στις ίδιες συνθήκες).



Εικόνα 21: Κατανομή πιέσεων μέσα στο χώρο

(Πηγή: www.cres.gr)

Το φαινόμενο του ελκυσμού έχει εφαρμογή κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η διαφορά θερμοκρασίας είναι η μεγίστη. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το φαινόμενο του ελκυσμού δεν έχει εφαρμογή γιατί απαιτεί η εσωτερική θερμοκρασία να είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική, γεγονός αδύνατον κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Κατά τις νυχτερινές ώρες του καλοκαιριού ο αερισμός όμως είναι πολύ σημαντικός και βοηθά στην απόρριψη της θερμότητας που έχει συσσωρευτεί στο κτίριο κατά τις ώρες της ημέρας.



Εικόνα 22: Το φαινόμενο του ελκυσμού

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)

Για να ενισχύσουμε τον φυσικό αερισμό του κτιρίου με ελκυσμό θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

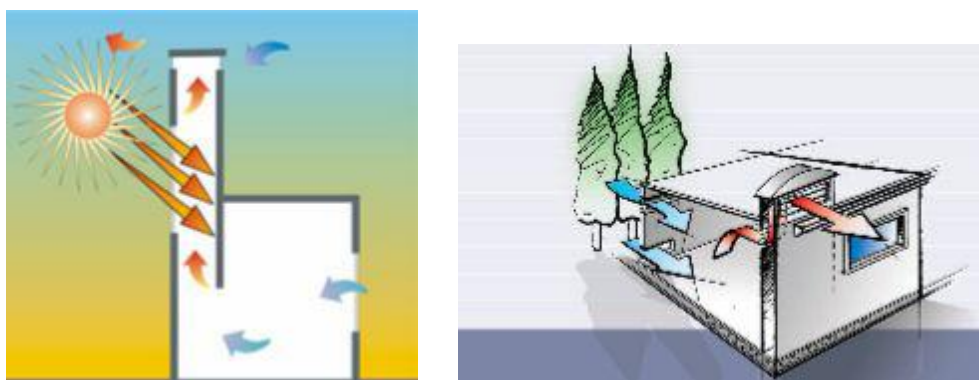
1. Εάν τα ανοίγματα εισόδου και εξόδου έχουν ίσο εμβαδόν, δημιουργείται ισορροπημένος και μέγιστος αερισμός του χώρου.
2. Ο λόγος πλάτους –ύψους των ανοιγμάτων πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 1 (τα ανοίγματα πρέπει να τοποθετούνται οριζόντια).
3. Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου προκειμένου να δημιουργηθεί το φαινόμενο της καμινάδας είναι 1,5m. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά ύψους που υπάρχει, τόσο καλύτερη ροή του ανέμου παρατηρείται.
4. Κατακόρυφα φρεάτια και ανοιχτά κλιμακοστάσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να αυξηθεί το φαινόμενο της καμινάδας.
5. Τα ανοίγματα πρέπει να χρησιμοποιούνται σωστά ανάλογα με τις θερμοκρασίες του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος.
6. Κάθε μηχανισμός που υπάρχει στην είσοδο και την έξοδο πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση και καθαρός προκειμένου ο αέρας εισόδου να διατηρεί τις συνθήκες υγιεινής.

7. Κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η σωστή λειτουργία του φυσικού αερισμού με τον τεχνητό κλιματισμό του χώρου.
8. Τα ανοίγματα που προκαλούν το φυσικό αερισμό πρέπει να παραμένουν κλειστά όταν ο μηχανικός τρόπος κλιματισμού είναι σε λειτουργία.
9. Τα ανοίγματα εισόδου του αέρα δεν πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους στάθμευσης.

8.1.3 Ηλιακή καμινάδα

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της (± 30 ο N) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς.

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Καθώς επιτυγχάνει η διαρκής ανανέωση του εσωτερικού αέρα, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο.



Εικόνα 23: Ηλιακή καμινάδα

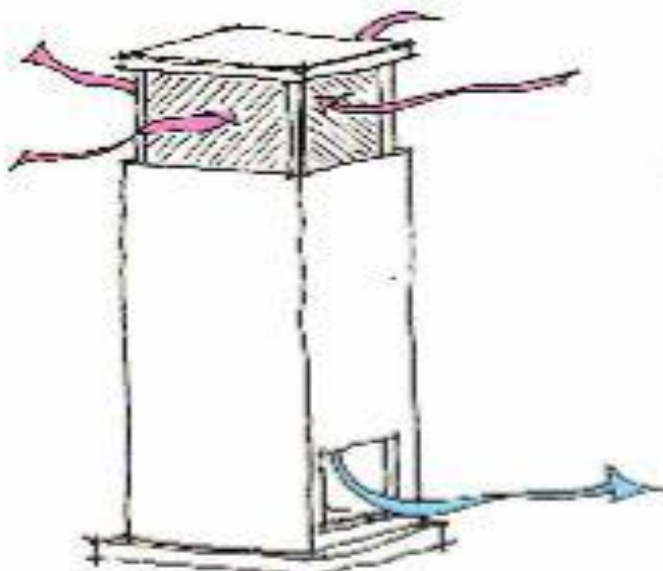
(Πηγή:www.cres.gr)

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με ηλιακή καμινάδα θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

1. Η ηλιακή καμινάδα βρίσκει εφαρμογή κατά τους θερινούς μήνες. Θερμός αέρας διαφεύγει από την κορυφή της καμινάδας και αντικαθίσταται από τα ανοίγματα εισόδου του αέρα με φρέσκο αέρα.
2. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή υγρασία.
3. Κατά τους χειμερινούς μήνες ο ζεστός αέρας που παράγεται στην ηλιακή καμινάδα, μπορεί με κατάλληλη διάταξη ανεμιστήρα να οδηγηθεί μέσα στο κτίριο και να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χώρου.

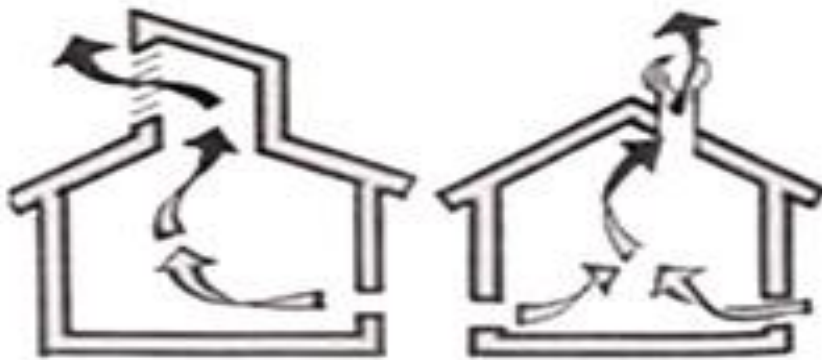
Καμινάδα αερισμού ή πύργος ψύξης

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα.



Εικόνα 25: Πύργος Ψύξης

(Πηγή: Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων, Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων)



Εικόνα 26: Βασικές αρχές λειτουργίας καμινάδας αερισμού

(Πηγή: [www. greenbuilding.gr](http://www.greenbuilding.gr))

Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.

Προκειμένου να επιτύχουμε καλύτερο φυσικό αερισμό του κτιρίου με πύργο ψύξης θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε τις εξής αρχές σχεδιασμού:

1. Οι πλευρές του πύργου ψύξης έχουν συνήθως πλάτος 3m και το ύψος είναι 7m
2. Το τελευταίο κομμάτι του πύργου ψύξης είναι ανοιχτό από όλες τις πλευρές του σε όλες τις διευθύνσεις του ανέμου. Κατά συνέπεια εκεί παγιδεύεται η ροή του ανέμου και διάμεσου καναλιού οδηγεί τον εξωτερικό αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.
3. Παράλληλα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σαν καμινάδα. Έτσι, όταν δεν υπάρχουν τοπικοί άνεμοι ο χώρος μπορεί να αεριστεί με το φαινόμενο του ελκυσμού.

9 Το κέλυφος του κτιρίου

9.1 Μόνωση

Η σημασία της θερμικής άνεσης στο καθημερινό μας περιβάλλον είναι μεγάλη. Ειδικότερα στα σχολεία η ύπαρξη θερμικής άνεσης έχει να κάνει με την απόδοση των μαθητών και καθηγητών και άρα την ομαλή λειτουργία τους.

Κάθε κτίριο αποτελεί ένα κέλυφος μέσω του οποίου μπορούν να διέρχονται ποσά θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του ή και αντίστροφα. Η μεταφορά της θερμότητας μέσω του κελύφους είναι φαινόμενο περίπλοκο και πολύπλευρο. Η κατεύθυνση και το μέγεθος της ροής της θερμότητας επηρεάζεται από την ηλιακή πρόσπτωση και την εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία. Ένας από τους παράγοντες που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας στο σχεδιασμό ώστε να επιτύχουμε τη μέγιστη θερμική άνεση με την ελάχιστη δαπάνη ενέργειας είναι η μόνωση. Θερμομόνωση ενός χώρου μπορεί να επιτευχθεί με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Όταν λέμε άμεσο τρόπο εννοούμε τη χρήση θερμομονωτικών υλικών στην κατασκευή, είτε αυτά προβλεφθούν από το σχεδιασμό είτε αυτά προστεθούν εκ των υστέρων.

Η άμεση μόνωση των υφιστάμενων κτιρίων μπορεί να επιτευχθεί με :

Εξωτερική θερμομόνωση

Θα γίνεται από υλικά μη υδρόφιλα πάχους όσου απαιτηθεί από την εκάστοτε μελέτη και θα περιβάλλει όλα τα δομικά φέροντα στοιχεία καθώς και τοίχους από τούβλο, υποστυλώματα και δοκούς από σκυρόδεμα. Η άλλη λύση για την περίπτωση επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια, όπου ενδεχόμενα μπορεί να κριθεί ασύμφορη η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης είναι η τοποθέτηση μιας στρώσης θερμοσοβά που θα συμβάλει σε κάποιο βαθμό στον περιορισμό των θερμικών απωλειών. Όταν πρόκειται για προστασία εσωτερικού χώρου από υψηλότερες θερμοκρασίες του εξωτερικού τότε η εσωτερική μόνωση αποδίδει καλύτερα διότι αποφεύγεται η θερμοσυσσώρευση του εξωτερικού περιβλήματος επ' ωφελεία τόσο των εσωτερικών χώρων όσο και του άμεσου εξωτερικού περιβάλλοντος όπου η ενέργεια αυτή θα αποδίδεται τις νυκτερινές ώρες. Η θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε

ποσοστό 42% για την Α κλιματική ζώνη, 24% για τη ζώνη Β και 17% για τη ζώνη Γ.

Εσωτερική θερμομόνωση

Συνιστάται όπου δεν είναι δυνατή ή εύκολη η τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης. Η θερμομόνωση της εσωτερικής τοιχοποιίας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας ετησίως σε ποσοστό **57% για την Α κλιματική ζώνη, 38% για την Β και 27% για την Γ.**

Απόδοση

Η εσωτερική μόνωση δίνει μεγαλύτερα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά μπορεί να συντελέσει στη συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό μέρος των τοίχων. Εξάλλου η εξωτερική μόνωση αποτελεί πληρέστερη λύση διότι προστατεύει το εξωτερικό περίβλημα από τις καιρικές μεταβολές, αλλά και διότι εξασφαλίζει μικρότερη διακύμανση εσωτερικών θερμοκρασιών και μεγαλύτερη θερμική άνεση την θερμή περίοδο. Η λύση της ενδιάμεσης θερμομόνωσης ανάμεσα σε δύο σειρές τούβλων, η οποία και συνήθως εφαρμόζεται είναι επίσης δυνατή. Αυτό το είδος θερμομόνωσης βέβαια εάν δεν ληφθεί σχετική μέριμνα αφήνει πλήθος θερμογεφυρών στα στοιχεία από σκυρόδεμα (π.χ. υποστυλώματα, δοκάρια, πλάκες, πρέκια κλπ).

9.2 Μόνωση οροφής

Εξωτερική μόνωση

Υπάρχει η κλασική θερμομόνωση δωματίων (ή και στεγών) που τοποθετείται κάτω από τη στεγανωτική στρώση και, συνήθως, πάνω από ένα λεπτό φράγμα υδρατμών για την αποφυγή συμπυκνώσεων εντός της μάζας της. Υπάρχει όμως και η «ανεστραμμένη» θερμομόνωση η οποία τοποθετείται (κυρίως στα δώματα) πάνω από την στεγανωτική στρώση, επομένως πρέπει να μην βλάπτεται από την διαβροχή και συνήθως, προστατεύεται από πάνω με υλικά ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία και με αντίσταση στην υφαρπαγή (π.χ. στρώση από τεχνητές ή φυσικές λιθόπλακες εν ξηρώ τοποθετημένες ή στρώση καταλλήλου πάχους από εμφανές θραυστό υλικό). Τα υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα δώματα πρέπει να είναι αδιαπέραστα από το νερό (μη υδρόφιλα). **Το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης για τη ζώνη Γ μπορεί να είναι 5 – 7 εκ. ενώ για τις ζώνες Β και Α το πάχος των 5 εκ. είναι επαρκές.**

Εσωτερική μόνωση

Η θερμομόνωση εκ των έσω ενός δωματος (ή και από κλίση πλακών) από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει σε κάθε περίπτωση να αποφεύγεται. Δημιουργεί έντονα σημάδια στην οροφή λόγω διαφοροποίησης συμπυκνώσεων στους αρμούς. Επιτρέπει επί πλέον θερμοσυσσώρευση στην πλάκα του δωματος και μεταφορά του θερμικού φορτίου όλη τη νύκτα μέσω τυχόν θερμογεφυρών στο εσωτερικό, επιβαρύνοντας συγχρόνως το άμεσο εξωτερικό περιβάλλον με αποβολή του συγκεντρωθέντος την ημέρα φορτίου.

Εάν η στέγη κάτω από τον πρισματικό σχηματισμό της δε διαθέτει οριζόντια οροφή(ταβάνι) τότε πάλι είναι προτιμότερο η θερμομόνωση να τοποθετείται πάνω από το πέτσωμα και το σχετικό φράγμα υδρατμών και κάτω από τη στεγανωτική στρώση. Τα διάφορα είδη κεραμιδιών δεν θεωρούνται πλέον επαρκής στεγάνωση και απαιτούν μια τέτοια στρώση ακριβώς από κάτω. Εάν υπάρχει ταβάνι τότε η θερμομόνωση μπορεί να τοποθετηθεί εντός του πρισματικού χώρου της στέγης θεωρούμενου ως ενδιάμεσου θερμοθαλάμου.

Και στις δύο περιπτώσεις (εξωτερικής και εσωτερικής μόνωσης) η εξοικονόμηση ενέργειας είναι της ίδιας τάξης. Η εξωτερική μόνωση όμως, λόγω της διατήρησης θερμικής μάζας στο εσωτερικό του κτιρίου, συμβάλλει στη θερμική άνεση το καλοκαίρι.

Απόδοση

Από καθαρά ενεργειακή άποψη και λόγω των μεγάλων απωλειών από αερισμό αλλά και λόγω της σχετικά μικρής επιφάνειας της οροφής, η απόδοση της μόνωσης οροφής είναι μικρή, ανερχόμενη σε ποσοστό 8% για την Α κλιματική ζώνη, 7% για τη Β κλιματική ζώνη και 5% για τη Γ. Από θερμική όμως άποψη, η μόνωση της οροφής εντείνει το αίσθημα της θερμικής άνεσης στις αίθουσες του τελευταίου ορόφου, τόσο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου και δεν προβλέπεται μηχανικό σύστημα δροσισμού/κλιματισμού. Ένας άλλος τρόπος για τη μόνωση της στέγης είναι η δημιουργία φυτεμένων δωμάτων, κατασκευή που όμως στην Ελλάδα είναι σχετικά δύσκολο να γίνει και να συντηρηθεί με επιτυχία. Σημαντικό ρόλο στην κτιριακή μόνωση παίζει και η επιλογή του υλικού των κουφωμάτων. Ο χάλυβας π.χ. είναι υλικό περισσότερο θερμοπερατό από το ξύλο αλλά λιγότερο από το αλουμίνιο (αν και ακριβότερο), ενώ οι υαλοπίνακες μπορούν να είναι και διπλοί (στις ζώνες Β και Γ ή σε όψεις με βορινό προσανατολισμό).

Η μόνωση βέβαια είναι παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και από την αρχή στο σχεδιασμό ενός κτιρίου. Έτσι, άμεση μόνωση ενός κελύφους μπορούμε να επιτύχουμε χρησιμοποιώντας από τη αρχή θερμομονωτικά υλικά όπως ορυκτοβάμβακες και πολυστερόλη ή ακόμη, ειδικά θερμομονωτικά τούβλα. Η ικανότητα της απορρόφησης θερμότητας από τα υλικά και απόδοσής της στο περιβάλλον (εξωτερικό ή εσωτερικό) διαφέρει.

Στην πράξη τα μονωτικά υλικά γερνάνε χωρίς να γνωρίζουμε με ακρίβεια τους μηχανισμούς γήρανσης. Το σίγουρο είναι ότι υπάρχει συνεχής μεταβολή της αρχικής ισορροπίας των στερεών και αέριων συστατικών τους οπότε ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας λ πάντοτε αυξάνεται.

Έμμεση μόνωση

Εκτός από τους άμεσους τρόπους μόνωσης, ένα κέλυφος μπορεί να μονωθεί και με έμμεσο τρόπο, δηλαδή με δομικά συστήματα όπως διπλά πατώματα με κενό, διπλούς τοίχους με κενό, επένδυση των όψεων με πλέγμα ξύλου που δημιουργεί μικροκλίμα μεταξύ της υπάρχουσας όψης και της επένδυσης.

Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη σκίαση της όψης και την ύπαρξη ενός κενού της τάξεως των 5 εκ. μεταξύ της παλιάς όψης και της καινούριας επιδερμίδας του κτιρίου. Το κενό αυτό επιτρέπει την κυκλοφορία αέρα και επομένως τη φυσική έμμεση μόνωση του κτιρίου, ελαττώνοντας στο ελάχιστο την επιφάνεια της όψης με άμεση ηλιακή πρόσπτωση.

Άλλο σύστημα για έμμεση κτιριακή μόνωση είναι η παρεμβολή κενών χώρων υπαιθρίων ή ημιυπαιθρίων μεταξύ των μονάδων του κτιρίου, ώστε να ελαττώνονται τα θερμικά ποσά που μεταφέρονται από τον ένα χώρο στον άλλο.

Οικολογικά μονωτικά υλικά

Ένα υλικό ονομάζεται μονωτικό όταν καλύπτει τα παρακάτω κριτήρια:

- Δεν απαιτεί μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή του.

Για παράδειγμα τα συμβατικά υλικά πολυουραιθάνη και πολυστερίνη χρειάζονται 1000 έως 1200 KWh/ m³ και 450 έως 850 K Wh/ m³ αντίστοιχα για την παραγωγή τους ενώ ο διογκωμένος φελλός μόνο 80 έως 90 K Wh/ m³

- Δεν μολύνει το περιβάλλον κατά τη διάρκεια παραγωγής του.
- Δεν περιέχει τοξικούς ή καρκινογόνους ρύπους.

Επικίνδυνα υλικά σύμφωνα με το Διεθνές Κέντρο Έρευνας του Καρκίνου (IARC), είναι η

πολυστερίνη, ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας και η πολυουραιθάνη.

- Είναι ανακυκλώσιμο.

Τα σπουδαιότερα οικολογικά μονωτικά υλικά είναι το λινάρωμαλλο (παράγεται από το λινάρι), το ρολό από υπολείμματα βαμβακιού (τύπου ISO COTTON) και ο διογκωμένος φελλός. Τα υλικά αυτά είναι φιλικά προς το περιβάλλον, ανακυκλώσιμα και με εξαίρεση το διογκωμένο φελλό κοστίζουν ελάχιστα. Ο φυσικός φελλός προέρχεται από το φλοιό των φελλόδεντρων που φύονται σε Πορτογαλία, Ισπανία, Αλγερία κλπ. Σήμερα η Πορτογαλία παράγει το 70% των αναγκών της Ευρωπαϊκής ένωσης. Θα ήταν εφικτή βάσει του κλίματος η καλλιέργεια του δέντρου αυτού και στη Νότια Ελλάδα.

Στεγάνωση

Η στεγάνωση έχει μεγάλη έμμεση σημασία για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου επειδή η μη ύπαρξη της μπορεί να εξουδετερώσει τη θερμομονωτική ικανότητα ορισμένων υλικών που χρησιμοποιούνται στη θερμομόνωση. Το γεγονός αυτό εξηγείται εύκολα αν σκεφτούμε ότι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του νερού είναι 0,57 W/m.K ενώ του ακίνητου ξηρού αέρα είναι 0,024 W/m.K δηλαδή είναι τέσσερις φορές μικρότερος.

Κατεξοχήν υλικό που επηρεάζεται από την υγρασία είναι ο υαλοβάμβακας που όντας ιδιαίτερα υδρόφιλος μπορεί εύκολα να εξουδετερωθεί πλήρως ως θερμομονωτική στρώση. Αντίθετα, άλλα θερμομονωτικά υλικά όπως ο πετροβάμβακας ή η εξηλασμένη πολυστερόλη υψηλής πυκνότητας παρουσιάζουν σημαντική αντίσταση σε πρόσληψη υγρασίας.

Πάντως σωστή στεγανωτική μεμβράνη και προσεκτικό φράγμα υδρατμών συνδυαζόμενα και με δυνατότητες αερισμού, σε ορθές επιλογές θέσεων ως προς τη θερμομονωτική στρώση είναι η καλύτερη εγγύηση για την υψηλή και μακρόχρονη απόδοσή τους.

Επίσης η υγρασία σε ένα χώρο αυξάνει το ψύχος σε αυτόν, ενώ η αύξηση των υδρατμών και των συμπυκνώσεων είναι αντίθετη της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του.

Φύτευση

Τα φυτεμένα δώματα είναι ένας έμμεσος τρόπος για την επαναφορά της βλάστησης στο δομημένο περιβάλλον. Τα φυτεμένα δώματα αποτελούν μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου.

Το καλοκαίρι, εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία να φθάσει στο κτιριακό κέλυφος μέσω της σκιάς που δημιουργούν τα φυτά στην επιφάνεια του δώματος. Δηλαδή μηδενίζεται η επίδραση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην οροφή του κτιρίου, η οποία αποτελεί σημαντική πηγή θερμικής επιβάρυνσης του κτιρίου. Τέλος τα φυτά συνεισφέρουν με την εξάτμιση από τα φύλλα τους, στην εξατμιστική ψύξη της οροφής (εξατμισοδιαπνοή).

Γενικά τα φυτεμένα δώματα, συνεισφέρουν στην δημιουργία ήπιων συνθηκών στους χώρους πάνω από τους οποίους τοποθετούνται.



Εικόνα 24: Φύτευση δώματος

(Πηγή: www.energia.gr)

Ωστόσο ο σχεδιασμός ενός φυτεμένου δώματος, απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, διότι συνδέεται ποικιλοτρόπως με το κτίριο και ασκεί διάφορες επιδράσεις σε αυτό.

Απαραίτητες προϋποθέσεις :

- Η φέρουσα κατασκευή να έχει υπολογιστεί ώστε να φέρει τα φορτία του κήπου.
- Κατάλληλη μόνωση του δώματος (στεγάνωση – θερμομόνωση).
- Διαχωρισμός της μόνωσης του δώματος από την κατασκευή του κήπου για τη προστασία της από τις χημικές και μηχανικές επιδράσεις του κήπου και κυρίως από τη διείδυση των ριζών των φυτών.

- Επιλογή φυτών ικανών να αναπτυχθούν στις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στα δώματα (κλιματικές, εδαφικές)
- Άρδευση του φυτεμένου δώματος και απορροή των ομβρίων.

Εκτός από τα φυτεμένα δώματα, φύτευση μπορεί να εφαρμοστεί και στο γύρω χώρο των κτιρίων. Ανάλογα λοιπόν με την αισθητική και τη λειτουργία ενός χώρου, γίνεται η κατάλληλη διαμόρφωση και η φύτευση επιλεγμένων φυτών. Προκειμένου να περιορίσουμε την άμεση ηλιακή ακτινοβολία καθώς και την αντανάκλαση σε ένα κτίριο, τοποθετούμε φυτά κατάλληλου ύψους. Τα αειθαλή δένδρα πρέπει να χρησιμοποιούνται στη βόρεια πλευρά των κτιρίων ή εκεί όπου μεταβάλλουν την τοπική ροή των ανέμων και προστατεύουν τη ζώνη από τους ψυχρούς ανέμους.

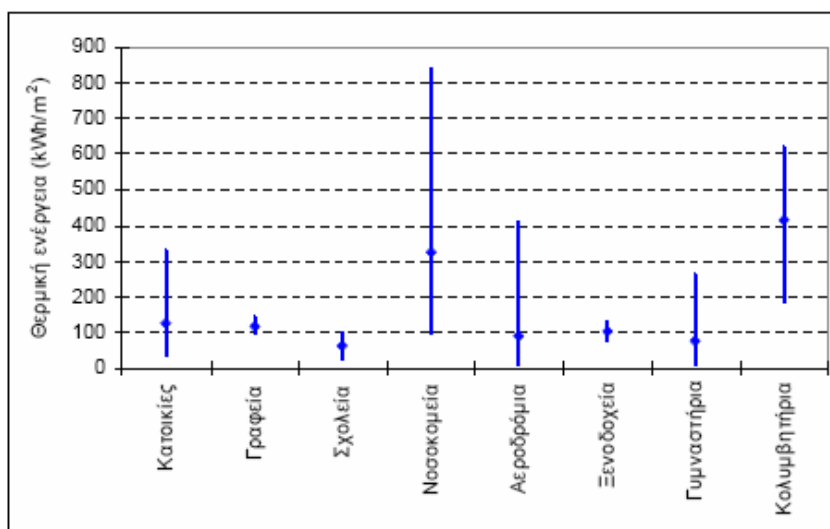
Στα μεσογειακά κλίματα και σε γεωγραφικά πλάτη κάτω των 40ο, η δυτική πλευρά προσφέρεται για τη φύτευση αειθαλών δένδρων. Τα φυτά που επιλέγονται πρέπει να έχουν ύψος μεγαλύτερο από 1,80m και να διαφέρουν σε υφή, χρώμα και μέγεθος, για να αποφευχθεί η μονοτονία. Η βλάστηση είτε σαν επιφάνεια χλόης είτε σαν φύλλωμα δένδρου αυξάνει σημαντικά την ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αντίθετα η ασφαλτος, το σκυρόδεμα ή άλλες σκουρόχρωμες επιφάνειες, μειώνουν την ανάκλαση και αυξάνουν την απορρόφηση.

Β' ΜΕΡΟΣ

10 Εισαγωγή στον Ενεργειακό Σχεδιασμό Κτιρίων

10.1 Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής τα κτίρια οικιακού τομέα στην Ελλάδα αποτελούν το 70% του συνόλου ενώ το υπόλοιπο 30% αποτελείται από κτίρια διαφόρων χρήσεων του τριτογενή τομέα. Η κατανομή αυτή είναι αντιπροσωπευτική του ελληνικού κτιριακού αποθέματος στο οποίο, σύμφωνα με στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδας ο οικιακός τομέας αποτελεί το 77% του συνολικού κτιριακού αποθέματος, ενώ ο τριτογενής το 23%. Στην ίδια πηγή αναφέρεται ότι η κατανομή του τριτογενή ανά χρήση κτιρίου είναι: 2.7% γραφεία και εμπορικά, 0.46% σχολεία, 0.82% ξενοδοχεία, 0.06% νοσοκομεία και 19% άλλες χρήσεις (πχ. αεροδρόμια, γυμναστήρια και άλλες χρήσεις).



Διάγραμμα 1: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

(Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Τύπος κτιρίου	Έτος κατασκευής	Επιφάνεια (m ²)	Ενέργεια θέρμανσης (kWh/m ²)	Ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m ²)
Πολυκατοικίες	1933 – 2003	153 – 4244	35.3 – 289.2	4.5 – 126.2
Μονοκατοικίες	1930 – 2002	43 – 333	36.1 – 328.6	15.5 – 215.7
Γραφεία	1865 – 2000	354 – 14257	113.1 – 142.9	113.2 – 374.9
Σχολεία	1979 – 1995	2933 – 5531	41.1 – 27.2	18.0 – 32.2
Νοσοκομεία	1930 – 1985	16575 – 37681	101.6 – 442.4	16.3 – 394.8
Αεροδρόμια	1953 – 1995	247 – 24603	8.7 – 409.4	25.0 – 371.6
Ξενοδοχεία	1973 – 1978	6902 – 12539	9.0 – 131.4	128.9 – 202.1
Κλειστά γυμναστήρια	1963 – 1995	606 – 4811	8.9 – 260.7	16.6 – 112.2
Κλειστά κολυμβητήρια	1974 – 1985	1169 – 2998	184.7 – 617.7	23.5 – 134.2

Πίνακας 4: Κατανομή ελληνικών κτιρίων ανά χρήση

(Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων οικιακού τομέα κυμαίνεται από 35 έως 329 kWh/ m² συνολικής εσωτερικής επιφάνειας με μέση τιμή 126 kWh/ m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 41 έως 409 kWh/ m². με μέση τιμή 167 kWh/ m². Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας των κτιρίων του τριτογενή τομέα κυμαίνεται από 9 έως 618 kWh/ m² με μέση τιμή 145 kWh/ m². Η συνολική κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται από 17 έως 792 kWh/ m² με μέση τιμή 251 kWh/ m².



Διάγραμμα 2: Ποσοστά μείωσης κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια με την εφαρμογή θερμομόνωσης

(Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης (ΚΘΚ) τέθηκε σε ισχύ το 1979, καθορίζοντας τα μέγιστα όρια για τη θερμοπερατότητα των διαφόρων στοιχείων (τοίχοι, οροφή, παράθυρα) και του κελύφους του κτιρίου. Σαν αποτέλεσμα, ένα μεγάλο ποσοστό των κτιρίων δεν έχουν θερμομόνωση, παρά το γεγονός ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης ξεπερνούν τις 2600 στο βόρειο τμήμα της χώρας. Επίσης, κατά την διάρκεια της πρώτης δεκαετίας της εφαρμογής του ΚΘΚ (1980-1990), η πλειοψηφία των κτιρίων δεν είχαν πλήρη μόνωση και μόνο οι νεότερες κατασκευές έχουν θερμομόνωση του φέροντα οργανισμού για την αποφυγή των θερμογεφυρών. Από τα κτίρια το 30% έχει πλήρη ή μερική θερμομόνωση ενώ το 70% δεν έχει καθόλου. Στα κτίρια με μερική θερμομόνωση, το 35% είχαν θερμομόνωση οροφής, το 34% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, το 18% θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων και οροφής, το 11% πλήρη θερμομόνωση εκτός από τον φέροντα οργανισμό και το 3% πλήρη θερμομόνωση εκτός από τον φέροντα οργανισμό και την οροφή. Επιπλέον μόνο το 2.1% των κτιρίων έχουν διπλά τζάμια και μόνο το 4.2% έχουν μόνωση σωλήνων στην εγκατάσταση θέρμανσης.

	Σύνολο	Κατοικίες	Γραφεία	Σχολεία	Νοσοκομεία	Αεροδρόμια	Γυμναστήρια	Κολυμβητήρια
Πλήρης	29.5	27.1	20.0	50.0	10.0	44.8	11.1	100.0
Μερική	35.2	34.2	20.0	50.0	20.0	31.0	72.2	0.0
Καθόλου	35.2	38.7	60.0	0.0	70.0	24.1	16.7	0.0

Πίνακας 5: Κατανομή ελληνικών κτιρίων σε σχέση με τη μόνωσή τους

(Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας-Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια αφορά στο μεγαλύτερο ποσοστό (70%) τη θέρμανση. Αντίστοιχα για την τροφοδότηση των οικιακών συσκευών, τον κλιματισμό και το φωτισμό, καταναλώνεται το 18%. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα. Διαπιστώνεται λοιπόν η αυξημένη ανάγκη για τη βελτίωση της θερμομόνωσης και την αυστηρή εφαρμογή της νομοθεσίας.

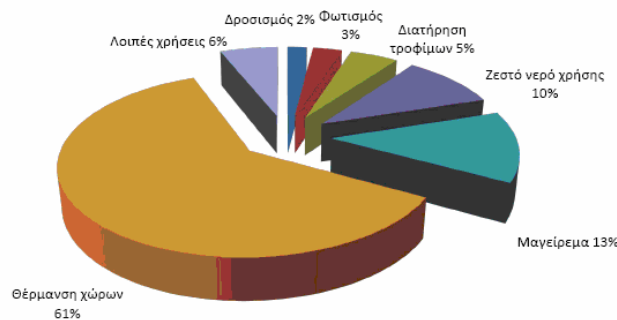
Ανάλογα με τη χρήση , έχουμε 2 ειδών διαφοροποιήσεις στον κτιριακό τομέα.

1.Κτίρια κατοικιών

Όπως αναφέρθηκε στα κτίρια κατοικιών το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας καταναλώνεται για θέρμανση.

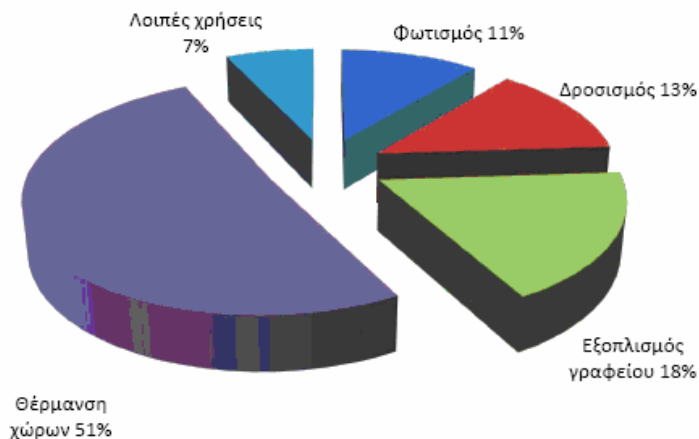
2.Κτίρια τριτογενούς τομέα

Στον τριτογενή τομέα ο οποίος αποτελείται από εκπαιδευτικά κτίρια, κτίρια δημοσίων υπηρεσιών, ξενοδοχεία, αθλητικές εγκαταστάσεις κ.τ.λ. έχουμε μια διαφοροποίηση όσον αφορά στην κατανάλωση σε σχέση με τον οικιστικό τομέα. Εδώ οι ανάγκες για θέρμανση είναι μικρότερες.



Διάγραμμα 3: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση σε κτίρια κατοικιών

(Πηγή:ΥΠ.ΑΝ)



Διάγραμμα 4:: Κατανάλωση ενέργειας ανά χρήση στον τριτογενή τομέα

(Πηγή:ΥΠ.ΑΝ)

10.2 Νομοθετικό πλαίσιο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Α1. ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η απόφαση με αριθμό 21475/4707 που υπεγράφη από τους Υπουργούς Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων με θέμα «Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων» συμμόρφωση

με κοινοτική οδηγία (SAVE 93/76/EE) δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 880/Β στις 19 Αυγούστου 1998. Η έκδοση της κοινής αυτής Υπουργικής Απόφασης, όπου εμπεριέχονται μέτρα πολιτικής για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και του μικροκλίματος, σηματοδοτεί μια ιδιαίτερα σημαντική και ευτυχή στιγμή για τα ενεργειακά ζητήματα της χώρας και για την οικοδομή ειδικότερα καθώς εισάγει έννοιες και θεσμούς που προάγουν την ορθολογική χρήση και διαχείριση των ενεργειακών πόρων και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη βελτίωση της ποιότητας κατασκευής κλπ., που εντάσσονται στις αρχές του αειφόρου σχεδιασμού και της οικολογικής δόμησης. Παράλληλα εξασφαλίζεται η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τα ενεργειακά και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των κτιρίων όπου ζουν και εργάζονται (μέσω της ενεργειακής πιστοποίησης και βαθμονόμησης και του Δελτίου ενεργειακής ταυτότητας).

Η Απόφαση έχει ως εξής:

ΑΡΘΡΟ 1

Σκοπός

Η παρούσα απόφαση αποσκοπεί στη συμμόρφωση προς τις διατάξεις της 93/76/ΕΟΚ οδηγίας του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 13^{ης} Σεπτεμβρίου 1993 «για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης», που έχει δημοσιευτεί στην ελληνική γλώσσα στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ειδική έκδοση στα ελληνικά

σειρά L 237/28/22.09.93), ώστε με τη λήψη των πλέον ενδεδειγμένων μέτρων να διασφαλίζεται η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων με στόχο τη σταθεροποίηση και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και κατ' επέκταση την προστασία του περιβάλλοντος.

Η βελτίωση αυτή σημαίνει μείωση στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας –πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος – τόσο για την θέρμανση όσο και για την ψύξη, τον αερισμό, την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και το φωτισμό χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες άνεσης στα κτίρια. Για την επιλογή των ενδεδειγμένων μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνονται υπόψη οι οικονομικές, κοινωνικές και πολιτιστικές συνθήκες, το κλίμα, οι τοπικές ιδιομορφίες, οι ιδιαιτερότητες στην παραγωγή ανθρωπογενούς περιβάλλοντος

Η επίτευξη αυτού του στόχου πραγματοποιείται με την εκπόνηση και εφαρμογή μέτρων και προγραμμάτων στους ακόλουθους τομείς:

- Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων.
- Τιμολόγηση των δαπανών θέρμανσης, κλιματισμού και ζεστού νερού χρήσης, με βάση την πραγματική κατανάλωση.
- Χρηματοδότηση εκ μέρους τρίτων των επενδύσεων για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα.
- Ικανοποιητική θερμομόνωση των νέων κτιρίων.
- Περιοδική επιθεώρηση των λεβήτων.
- Ενεργειακές επιθεωρήσεις των πολύ ενεργειοβόρων επιχειρήσεων.

Τα μέτρα και προγράμματα αποβλέπουν:

- Στη συνεπή και ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων και ιδιαίτερα των ενεργειακών.
- Στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την υποκατάσταση αντίστοιχης ποσότητας συμβατικής ενέργειας.
- Στην αξιοποίηση των θετικών παραμέτρων του κλίματος, όπως της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και των δροσερών ανέμων για τη φυσική ψύξη των κτιρίων, που συμβάλλουν στην υποκατάσταση συμβατικής ενέργειας.
- Στη λήψη μέτρων για την εξασφάλιση της ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, μέσω τεχνικών και συστημάτων στο κέλυφος τους και στις Η/Μ εγκαταστάσεις τους.
- Στη λήψη μέτρων για την εξασφάλιση του ελέγχου εφαρμογής και την ενημέρωση των χρηστών σχετικά με τα ενεργειακά

10.3 Θεωρητικό υπόβαθρο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

ΟΡΙΣΜΟΙ

Για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης, ορίζονται ως εξής οι παρακάτω **Ενεργειακή επίδοση κτιρίου**: Είναι ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου κατά την λειτουργία του (μέσω του κελύφους και των Η/Μ εγκαταστάσεων) για την κάλυψη σε ετήσια βάση των συνολικών ενεργειακών του απαιτήσεων για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης και συσκευές, επιτυγχάνοντας τις αναγκαίες συνθήκες άνεσης.

Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίου: Είναι η διαδικασία ελέγχου και διάγνωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς κάθε κτιρίου και της πραγματοποιούμενης κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη όλων των αναγκών του, καθώς και του πραγματοποιούμενου βαθμού ενεργειακής απόδοσής του, στοιχεία που προκύπτουν μετά από τη διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων ή ελέγχων.

Ενεργειακή επιθεώρηση ή ενεργειακή αυτοψία ή ενεργειακός έλεγχος ή ενεργειακή διάγνωση: Είναι η διαδικασία εκτίμησης και καταγραφής των πραγματικών καταναλώσεων ενέργειας, των παραγόντων που τις επηρεάζουν καθώς και των δυνατοτήτων για εξοικονόμηση ενέργειας σ' ένα κτίριο ή κτιριακό συγκρότημα με την υπόδειξη προτάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης του κτιρίου. Η ενεργειακή επιθεώρηση μπορεί, κατά περίπτωση, να είναι συνοπτική ή εκτενής.

Ενεργειακοί επιθεωρητές ή ελεγκτές: Είναι οι εξειδικευμένοι επιστήμονες, οι οποίοι διενεργούν ενεργειακές επιθεωρήσεις για την πιστοποίηση του βαθμού ενεργειακής επίδοσης των κτιρίων.

Δελτίο Ενεργειακής Ταυτότητας κτιρίου (ΔΕΤΑ): Είναι ειδικό έντυπο στο οποίο περιγράφεται το σύνολο των ενεργειακών χαρακτηριστικών κάθε κτιρίου, καθώς επίσης και ο βαθμός ενεργειακής του απόδοσης και η ενεργειακή κατηγορία στην οποία κατατάσσεται.

Ενεργειακή βαθμονόμηση κτιρίου: Είναι η βαθμολογική κατάταξη κάθε κτιρίου με βάση το ΔΕΤΑ.

Ενεργειακή μελέτη: Είναι η μελέτη που εξετάζει συνολικά τις απαιτούμενες ενεργειακές ανάγκες κτιρίων ή οικισμών για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης, ώστε να εξασφαλίζεται θερμική άνεση κατά τη διάρκεια του χρόνου. Υποδεικνύει τις βέλτιστες λύσεις για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών μέσω τεχνικών και συστημάτων ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας ή μέσω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Θερμική ζώνη κτιρίου: Σύνολο (ομάδα) χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες και χρήση. Οι θερμικές ζώνες καθορίζονται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων διαφέρει περισσότερο από 4 K για τη χειμερινή ή/και τη θερινή περίοδο.
- Υπάρχουν χώροι με διαφορετική χρήση / λειτουργία.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που καλύπτονται με διαφορετικά συστήματα θέρμανσης ή/και ψύξης ή/και κλιματισμού λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών.
- Υπάρχουν χώροι στο κτίριο που παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές εσωτερικών ή/και ηλιακών κερδών ή/και θερμικών απωλειών.
- Υπάρχουν χώροι όπου το σύστημα του μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας κάτοψης του χώρου.

Συντελεστής σκίασης: η ικανότητα ενός σκιάστρου να περιορίζει τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας. Λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1. Όσο μικρότερος είναι ο συντελεστής σκίασης, τόσο λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου ή/και προσπίπτει στα εξωτερικά δομικά στοιχεία.

COP: συντελεστής επίδοση: ο συντελεστής συμπεριφοράς των αντλιών θερμότητας στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για θέρμανση), όπως δίνονται στις τεχνικές προδιαγραφές.

EER: λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας: ο συντελεστής συμπεριφοράς των ψυκτικών μονάδων στις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (για ψύξη), όπως δίδονται στις τεχνικές προδιαγραφές.

Μέσος συντελεστής θερμικών απωλειών διανομής: το ποσοστό συνολικών θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής επί της συνολικής κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ανά τελική χρήση (θέρμανση χώρων ή ψύξη χώρων ή ZNX) του κτιρίου ή της θερμικής ζώνης.

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα (Π.Η.Σ.) θέρμανσης ή δροσισμού: Είναι οι τεχνικές και κατασκευές που εμπεριέχονται στο σχεδιασμό του κτιρίου και προσαρμόζονται κατάλληλα στο κέλυφος του. Τα Π.Η.Σ. διευκολύνουν στην καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και τη θέρμανση των κτιρίων, καθώς και στην αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τη φυσική τους ψύξη. Οι βασικές κατηγορίες των είναι:

- Τα αμέσου ηλιακού κέρδους, όπως τα νότια ανοίγματα.

- Τα εμμέσου ηλιακού κέρδους, όπως ο ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο, το ηλιακό αίθριο, ο ηλιακός τοίχος, το θερμοσιφωνικό πέτασμα.
- Τα συστήματα δροσισμού όπως τα σκίαστρα, η ηλιακή καμινάδα, η υδάτινη οροφή και τα συστήματα αερισμού.

Υβριδικά συστήματα: Είναι τα παθητικά συστήματα που κάνουν χρήση και μηχανικών μέσων των οποίων η λειτουργία απαιτεί συμβατική ενέργεια πολύ μικρότερη απ' αυτή που εξοικονομεί το ίδιο το υβριδικό σύστημα (π.χ. ηλιακή καμινάδα με ανεμιστήρα).

Ενεργειακά Ηλιακά Συστήματα (Ε.Η.Σ.): Είναι τα συστήματα εκείνα που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό των κτιρίων αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ηλιακοί συλλέκτες θέρμανσης ή παροχής ζεστού νερού χρήσης, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κ.α.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύναται να μετατρέπονται σε ηλιακή ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις, η θαλάσσια κίνηση κ.α.

10.4 Ενεργειακή Βαθμολόγηση Κτιρίου

Σκοπός της εκπόνησης της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου και της διαδικασίας της ενεργειακής επιθεώρησης είναι πρωτίστως η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ΘΨΚ, φωτισμό και παραγωγή ΖΝΧ, καθώς και η ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων.

Πέρα από αυτά όμως είναι ο καθορισμός των κατηγοριών για την κατάταξη των κτιρίων, βάσει της ενεργειακής τους κατανάλωσης. Πρέπει να τονίσουμε ότι όλα τα νέα κτίρια καθώς και τα υφιστάμενα κτίρια που υφίστανται ριζική ανακαίνιση οφείλουν να βρίσκονται τουλάχιστον εντός του εύρους της ενεργειακής κατηγορίας Β. Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης της 30/03/2010 ο καθορισμός των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης κτιρίων αλλάζει. Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτιρίων προκύπτουν βάσει του δείκτη *RR* και του λόγου *T* ο οποίοι ορίζονται ως εξής:

RR: λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς.

T: είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου

κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης. Οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων με βάση το νέο κανονισμό φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 6: Όρια ενεργειακών κατηγοριών με βάση το σχέδιο KENAK (Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-1)

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
B	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι το άνω όριο της κατηγορίας B λαμβάνεται ίσο με τον δείκτη RR . Είναι δηλαδή ίσο με την ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Βλέπουμε δηλαδή ότι σύμφωνα με τον καινούριο κανονισμό τα κτίρια κατατάσσονται σε κάποια κατηγορία ενεργειακής απόδοσης ανάλογα με την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας που παρουσιάζουν σε σχέση με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς. Κτίρια με χαμηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται σε καλύτερη ενεργειακή κατηγορία (B+ και άνω), ενώ κτίρια με μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται σε χειρότερη κατηγορία (B και κάτω). Αυτός λοιπόν ο τρόπος κατηγοριοποίησης των κτιρίων αποτελεί άλλη μια ουσιώδη διαφορά που παρουσιάζει ο νέος κανονισμός σε σχέση με την προηγούμενη έκδοσή του.

Στο αρχικό σχέδιο του κανονισμού προβλεπόταν η κατάταξη σε συγκεκριμένα όρια ενεργειακών κατηγοριών με βάση την κατηγορία χρήσης του κτιρίου και την κλιματική ζώνη. Τα όρια ήταν πλήρως καθορισμένα μέσα σε συγκεκριμένα αριθμητικά πλαίσια τα οποία προέκυπταν με τη σειρά τους από δύο δείκτες (R_s , R_f). Επιπλέον η πιο σημαντική διαφορά είναι ότι οι δείκτες αυτοί υπολογίζονταν βάσει της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου για θέρμανση, ψύξη, ZNX, και φωτισμό. Αντίθετα, στο νέο κανονισμό τα όρια είναι ρευστά και προκύπτουν με βάση την

κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας η οποία είναι διαφορετική για το εκάστοτε κτίριο και κτίριο αναφοράς. Η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή γίνεται με τη χρήση των συντελεστών μετατροπής του παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7: Συντελεστής μετατροπής της τελικής κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια(Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20702-1)

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας [kg CO ₂ /kWh]
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,90	0,989
Βιομάζα	1,00	—

10.5 Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης κτιρίων

Το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) είναι το έγγραφο που απεικονίζει την ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου. Σε αυτό αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Κάθε συμβολαιογράφος για την κατάρτιση πράξεως αγοραπωλησίας ακινήτου υποχρεούται να μνημονεύσει στο συμβόλαιο τον αριθμό πρωτοκόλλου του ΠΕΑ και να επισυνάψει σε αυτό επίσημο αντίγραφο του ΠΕΑ. Σε κάθε μίσθωση ακινήτου, ο αριθμός πρωτοκόλλου του ΠΕΑ πρέπει να αναγράφεται στο ιδιωτικό ή συμβολαιογραφικό μισθωτήριο έγγραφο. Η φορολογική αρχή δε θεωρεί μισθωτήρια έγγραφα εάν δεν προσκομίζεται ενώπιον της ισχύον ΠΕΑ. Επιπλέον σε περίπτωση που το ΠΕΑ εκδίδεται στο πλαίσιο προγραμμάτων για τον οικιακό τομέα χρηματοδοτούμενων από εθνικούς ή/και κοινοτικούς πόρους, οι συστάσεις του Ενεργειακού Επιθεωρητή αναφέρονται, κατά προτεραιότητα, με βάση τις επιλέξιμες, κάθε φορά, επεμβάσεις.

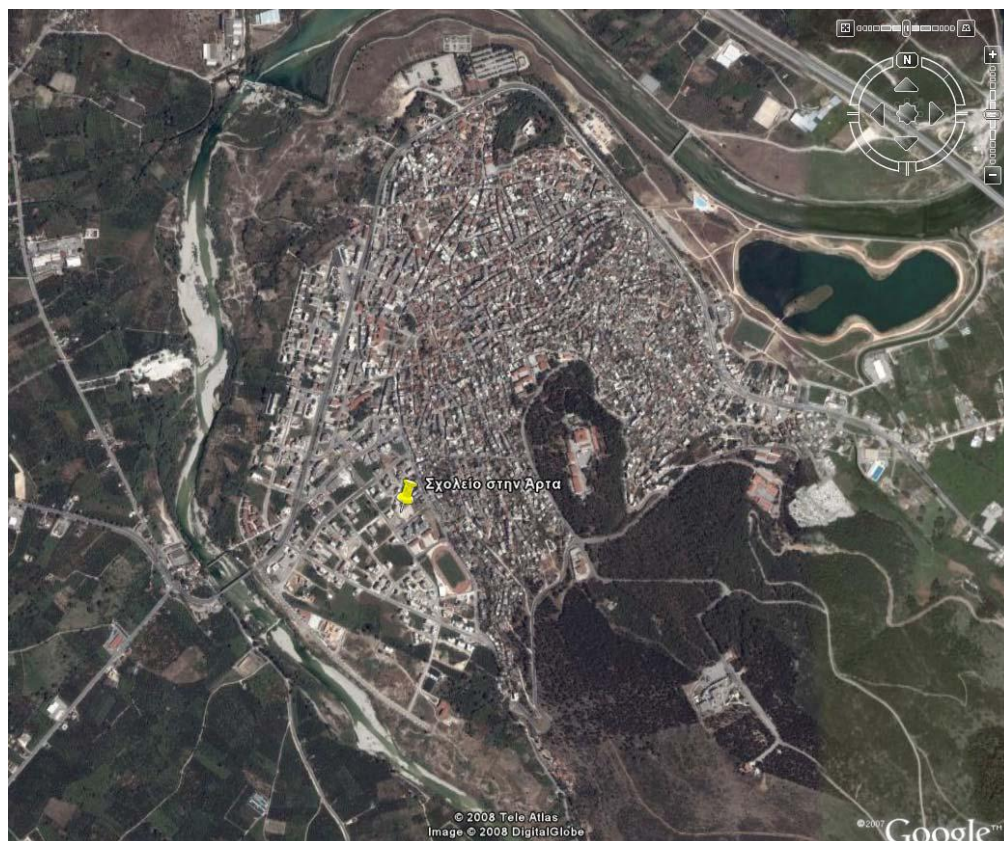
11 Εισαγωγή στη μελέτη ενεργειακής απόδοσης Νηπιαγωγείου

11.1 Στόχος και μεθοδολογία του έργου

Αντικείμενο αυτής της μελέτης αποτελεί ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιρίου που θα ανεγερθεί προκειμένου να στεγαστεί το νηπιαγωγείο στην πόλη της Άρτας.

11.2 Περιβάλλον Χώρος και Μικροκλίμα

Το Νηπιαγωγείο θα τοποθετηθεί στην νοτιανατολική πλευρά του οικοπέδου όπου θα ανεγερθεί, πανταχόθεν ελεύθερο. Το Νηπιαγωγείο προτείνεται να τοποθετηθεί με την μεγαλύτερη πλευρά του παράλληλη προς τον άξονα Βορρά-Νότου. Ο περιβάλλον χώρος των κτιρίων καταλαμβάνεται από χαμηλή και μεσαία βλάστηση. Η είσοδος προς το Νηπιαγωγείο γίνεται από την ανατολική πλευρά του οικοπέδου, όπου θα τοποθετηθεί και ο προαύλιος χώρος του. Το σχολικό συγκρότημα θα ανεγερθεί στα νότια του αστικού ιστού της Άρτας το οποίο βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος 39ο10 και γεωγραφικό πλάτος 20ο59. Παρατηρείται ότι στη συγκεκριμένη θέση, ο ιστός της πόλης είναι αραιός, με «ανοίγματα», ενώ οι μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν είναι σχετικά ευνοϊκές, σε σχέση με τις συνθήκες σε ένα πυκνό αστικό περιβάλλον, επιτρέποντας τον ηλιασμό και αερισμό σε ικανοποιητικό βαθμό, καθώς το κτίριο δεν σκιάζεται από τον περιβάλλοντα δομημένο και φυσικό χώρο.



Εικόνα 25: Σχέση σχολικού συγκροτήματος με οικισμό

[Πηγή αρχικής εικόνας: Google earth]

11.3 Κλιματική Ανάλυση

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής είναι εύκρατο, με δροσερό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα. Χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με θερμά και ξηρά καλοκαίρια και υγρούς, ήπιους χειμώνες. Οι άνεμοι πνέουν κυρίως με ΒΑ κατεύθυνση, ενώ βέβαια εμφανίζονται και με άλλες κατευθύνσεις, οι οποίες έχουν καταγραφεί, με μικρότερη όμως συχνότητα (και κατά συνέπεια είναι μικρότερης σημασίας). Η μέση μηνιαία ταχύτητα του ανέμου είναι περίπου 3,1m/sec το χειμώνα και 2,4m/sec το καλοκαίρι. Όσον αφορά στη θερμοκρασία αέρα, η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα για τον Ιανουάριο (ψυχρότερος μήνας για την περιοχή) είναι 8,7°C, με μέση μέγιστη 13,3°C και μέση ελάχιστη 4,7°C, απόλυτη μέγιστη 20,4°C και απόλυτη ελάχιστη -7,2 °C. Αντίστοιχα για τον θερμότερο θερινό μήνα του Ιουλίου, η μέση θερμοκρασία αέρα είναι 26,5°C με μέση μέγιστη 31,8, °C μέση ελάχιστη 19,5 °C, απόλυτη μέγιστη 41,0 °C και απόλυτη ελάχιστη 11,6°C. Η μέση μηνιαία τιμή της σχετικής υγρασίας για τους αντίστοιχους μήνες είναι 71,7%(Ιανουάριος) και

59,2% (Ιούλιος).

Στα πλαίσια της διαμόρφωσης των προτεραιοτήτων του σχεδιασμού με στόχο και κριτήριο την εξοικονόμηση ενέργειας, είναι αναγκαία πάντοτε η αναγνώριση της υπάρχουσας κατάστασης και των δεδομένων του σχεδιασμού για την πλήρη κατανόηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών και προβλημάτων.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17,2°C, με μέση ελάχιστη στους 11,9°C και μέση μέγιστη 22,4°C.

Σχετική Υγρασία

Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 67,0%, τιμή σχετικά υψηλή και κυμαίνεται από 59,2% έως 74,1%.

Ηλιοφάνεια

Η μέση μηνιαία ηλιοφάνεια είναι 226 ώρες.

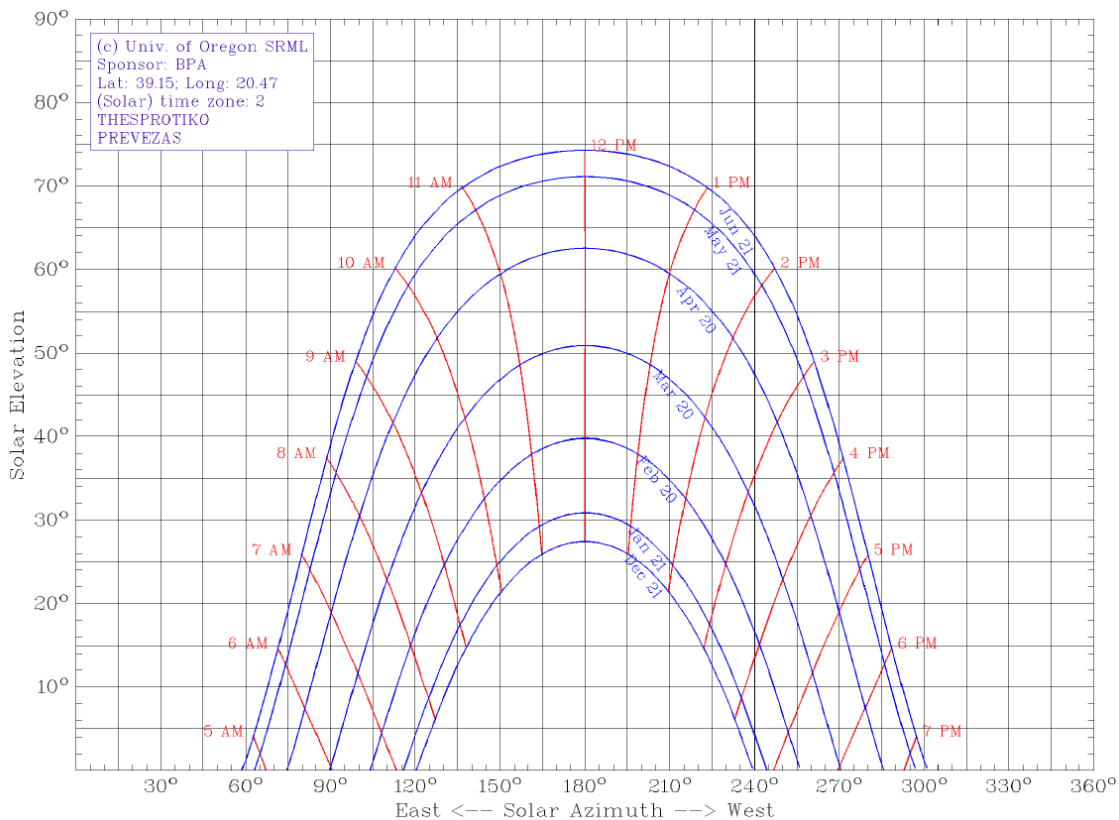
Ηλιακή Ακτινοβολία

Η μέση ετήσια ένταση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο είναι 109,0 kWh/, με μέση μέγιστη 153,0 kWh/ m², και μέση ελάχιστη 50,7 kWh/ m².

Άνεμος

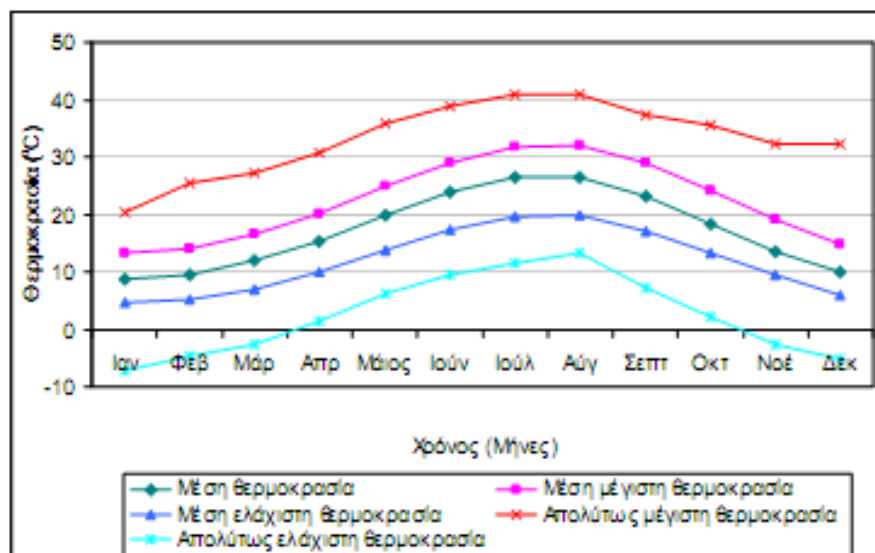
Η ένταση του ανέμου είναι μέτρια με μέση ετήσια τιμή περίπου 2,8m/sec, και μέγιστη 3,3m/sec κατά τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο. Η διεύθυνση του ανέμου στην περιοχή είναι κυρίως Βορειοανατολική.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα κλιματικά δεδομένα για την υπό εξέταση περιοχή (σταθμός Άρτας).

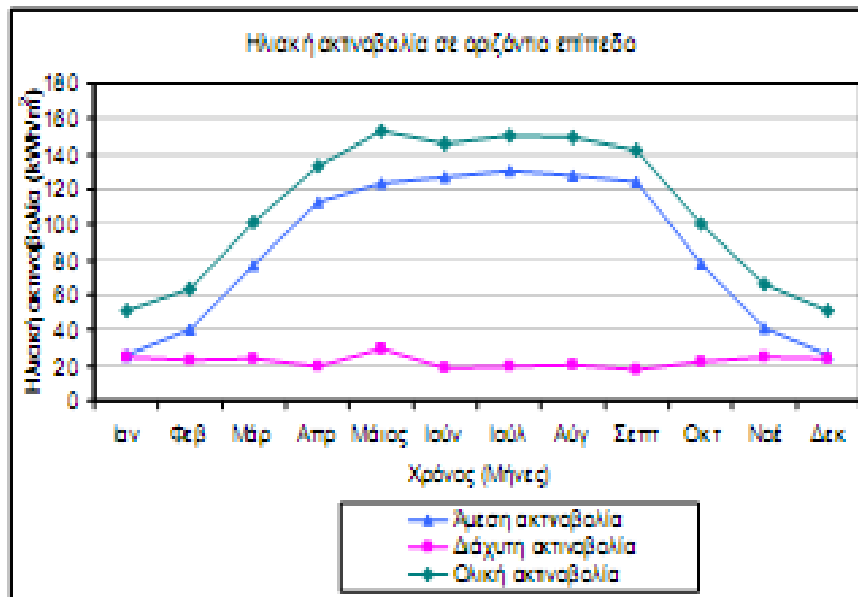


Διάγραμμα 5: Σφαιρικό ηλιακό διάγραμμα για περιοχές βόρειου γεωγραφικού πλάτους 39,15° (περιοχή Θεσπρωτικού)

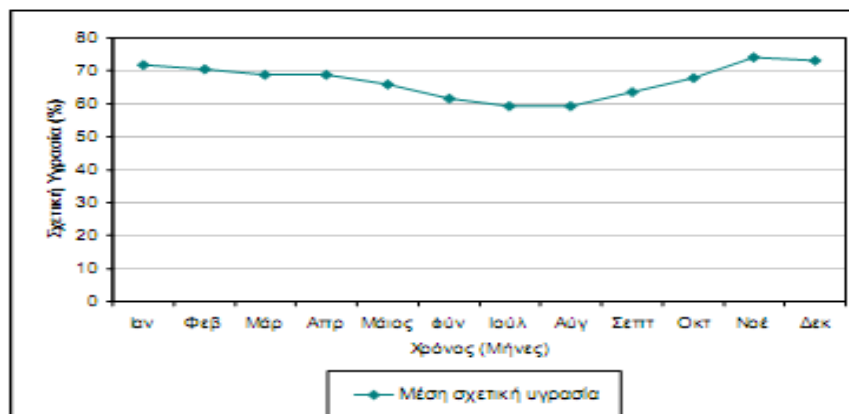
[Πηγή <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>]



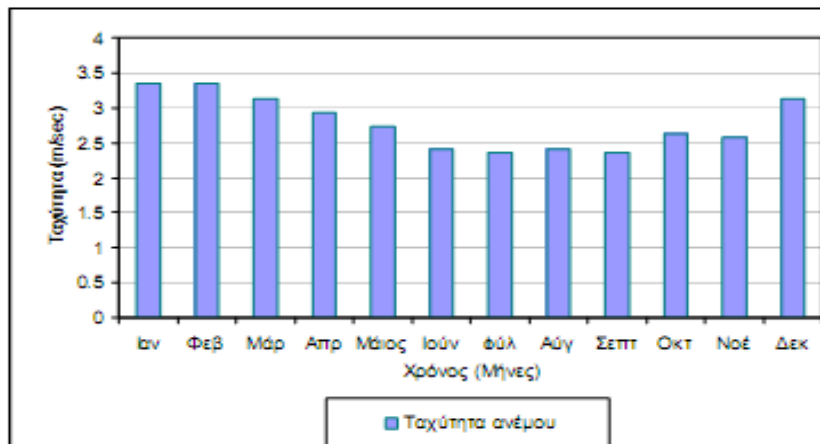
Διάγραμμα 6: Καταγεγραμμένη θερμοκρασία αέρα (μέση, μέση ελάχιστη, μέση μέγιστη, απολύτως μέγιστη, απολύτως ελάχιστη) στην περιοχή της Άρτας [Πηγή: EMY]



Διάγραμμα 7: Ολική, άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην περιοχή της Άρτας[Πηγή:EMY]



Διάγραμμα 8: Μέση σχετική υγρασία στην περιοχή της Άρτας[Πηγή:EMY]



Διάγραμμα 9: Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου στην περιοχή της Άρτας [Πηγή: EMY]

11.4 Σύντομη Περιγραφή Κτιρίου Νηπιαγωγείου

Το κτίριο που πρόκειται να κατασκευαστεί για να στεγάσει το Νηπιαγωγείο στην πόλη της Άρτας αναπτύσσεται σε έναν όροφο καθαρού ύψους 3.5 m και συνολικού εμβαδού 276 m². Αποτελείται από ένα χώρο συγκέντρωσης στην είσοδο του κτιρίου, τρεις αίθουσες διδασκαλίας, ένα γραφείο διδασκάλων και βοηθητικές λειτουργίες, όπως κουζίνα, τουαλέτες, αποθήκη και λεβητοστάσιο.

Ο φέρον οργανισμός του κτιρίου είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοιχοποιίες πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή καθώς και τα εσωτερικά χωρίσματα του κτιρίου. Τα ανοίγματα του κτιρίου είναι με πλαίσια αλουμινίου, συρόμενα με διπλούς υαλοπίνακες.

12 Εισαγωγή στο EPA-NR

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2002/91/EK για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (EPBD) απαιτεί από το 2006 την έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης για όλες σχεδόν τις κατηγορίες κτιρίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης οδηγίας, αναπτύχθηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος «Intelligent Energy – Europe» (IEE) η μεθοδολογία και το αντίστοιχο λογισμικό EPA-NR (Energy Performance Assessment for existing non Residential Buildings). Το συγκεκριμένο λογισμικό παρουσιάζεται παρακάτω καθώς είναι αυτό που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Το EPA-NR

παρέχει μια υπολογιστική μέθοδο για την Αξιολόγηση της Ενεργειακής Απόδοσης Υφιστάμενων Κτιρίων του Τριτογενή Τομέα η οποία ενέχει πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα:

- Η μεθοδολογία του μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, προσαρμοζόμενη στις διαφορετικές προδιαγραφές των χωρών όσον αφορά τα νομοθετικά και τεχνικά θέματα.
- Εφαρμόζεται στα κτίρια του τριτογενούς τομέα αλλά μπορεί να προσαρμοστεί και σε κατοικίες.
- Οι υπολογισμοί βασίζονται σε αυτόνομες ρουτίνες οι οποίες ξεχωρίζουν τα δεδομένα εισόδου από την υπολογιστική διαδικασία. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει δυνατότητα επικαιροποίησης και αναπροσαρμογής τους σε ευρωπαϊκό ή και εθνικό επίπεδο.
- Η επιθεώρηση και η αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης δύναται να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα και ακριβή.

Η υπολογιστική διαδικασία του EPA-NR βασίζεται στην υπολογιστική διαδικασία που προβλέπει το πρότυπο ISO 13790. Το πρότυπο αυτό δημιουργήθηκε από την τεχνική επιτροπή ISO/TC 163, «Thermal performance and energy use in the built environment», και την υποεπιτροπή SC2 «Calculation methods» σε συνεργασία με τη CEN. Υποστηρίζει απαραίτητες προϋποθέσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91/EC για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων και κύριος στόχος του είναι η παρουσίαση υπολογιστικών μεθόδων για τη σχεδίαση και την αποτίμηση της θερμικής και ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Συγκεκριμένα οι μέθοδοι υπολογισμού που προβλέπει η υπολογιστική διαδικασία του ISO 13790 είναι οι τρεις ακόλουθες:

- Μηνιαία /εποχική ημι σταθερή μέθοδος (seasonal or monthly method)
- Απλή ωριαία δυναμική μέθοδος (simple hourly method)
- Λεπτομερής δυναμική μέθοδος (dynamic method)

Η απόφαση για τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί έγκειται σε εθνικό επίπεδο, καθώς επίσης η προέλευση των δεδομένων των μεθόδων για τα υπό μελέτη κτίρια εφόσον δεν είναι διαθέσιμα. Σύμφωνα με το άρθρο 5 του Κ.Εν.Α.Κ., η μεθοδολογία υπολογισμών για την ενεργειακή απόδοση κτηρίων, είναι ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος.

Ανεξάρτητα από την επιλογή της μεθόδου τα βήματα που ακολουθεί η υπολογιστική διαδικασία του EPA-NR είναι τα παρακάτω:

- Καθορισμός κλιματιζόμενων και μη κλιματιζόμενων χώρων
- Διαίρεση του εσωτερικού χώρου σε θερμικές ζώνες:

Σε μία ζώνη όταν η επιθυμητή θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων δε διαφέρει πάνω από 4K

- Σε πολλαπλές ζώνες όταν υπάρχει
 - 1) Διαφορά θερμοκρασίας πάνω από 4K
 - 2) Διαφορετικά συστήματα θέρμανσης/ψύξης
 - 3) Διαφορετικό προφίλ λειτουργίας

Απαραίτητα επιπλέον για τον καθορισμό των θερμικών ζωνών είναι στοιχεία για τη σύζευξη ή μη μεταξύ των πολλαπλών ζωνών. Προσδιορισμός εσωτερικών και εξωτερικών συνθηκών και άλλων απαραίτητων κλιματικών δεδομένων.

- Υπολογισμός ενεργειακών αναγκών για ψύξη και θέρμανση ανά χρονικό βήμα και θερμική ζώνη.
- Υπολογισμός διάρκειας περιόδου θέρμανσης/ψύξης.
- Συνδυασμός των αποτελεσμάτων για κάθε χρονικό βήμα και θερμική ζώνη, όταν αυτές εξυπηρετούνται από το ίδιο H/M σύστημα.
- Συνδυασμός των αποτελεσμάτων για κάθε χρονικό βήμα και θερμική ζώνη, όταν αυτές εξυπηρετούνται από διαφορετικό H/M σύστημα.
- Υπολογισμός καταναλισκόμενης ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες

13 Δεδομένα εισόδου

Για να επιτευχθεί η ολοκλήρωση της υπολογιστικής διαδικασίας ώστε να οδηγήσει στα σωστά αποτελέσματα είναι απαραίτητο να εισάγουμε στο πρόγραμμα ορισμένα δεδομένα τα οποία αφορούν:

- Ιδιότητες εξαερισμού και μεταφοράς θερμότητας
- Κέρδη θερμότητας εσωτερικών πηγών, ηλιακά κέρδη
- Κλιματικά δεδομένα
- Δεδομένα υγρασίας
- Δεδομένα εξωτερικών θερμοκρασιών
- Γενικότερα δεδομένα κλίματος της περιοχής

- Περιγραφή του κτιρίου, συστήματος και χρήσης
- Απαιτήσεις θερμικής άνεσης του εκάστοτε κτιρίου
- Δεδομένα για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης ,φωτισμό
- Διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες
- Καθορισμός ανακτώμενων και μη ανακτώμενων απωλειών
- Στοιχεία που αφορούν την κυκλοφορία αέρα στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου

Συγκεντρώνοντας τα προαναφερθέντα δεδομένα στόχος είναι η εισαγωγή τους σε ένα λογισμικό πακέτο όπως το EPA-NR. Εν συνεχεία ακολουθώντας τη συγκεκριμένη μεθοδολογία που περιγράφηκε και προβλέπεται από το πρότυπο ISO 13790 προκύπτουν συγκεκριμένα αποτελέσματα όσον αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις του κτιρίου και κυρίως αποτιμάται η ενεργειακή του αποδοτικότητα.

Έτσι οι κύριες έξοδοι συνοψίζονται ως:

- Ετήσιες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση/ψύξη
- Ετήσια χρήση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη
- Διάρκεια περιόδων θέρμανσης/ψύξης και βοηθητική ενέργεια
- Μηνιαίες ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση/ψύξη
- Μηνιαία χρήση ενέργειας για θέρμανση/ψύξη
- Θερμικά κέρδη ηλιακών παθητικών συστημάτων
- Επανακτώμενες απώλειες στο κτίριο (από θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό, αερισμό, φωτισμό)

13.1 Βιβλιοθήκες

Οι βιβλιοθήκες του λογισμικού EPA-NR αποτελούνται από συγκεκριμένα δεδομένα της υπό μελέτη περιοχής ή πρότυπα δεδομένα για τα δομικά στοιχεία των κτιρίων. Κάθε βιβλιοθήκη του λογισμικού αφορά διαφορετικά δεδομένα σε εθνικό επίπεδο. Στην αρχική σελίδα του προγράμματος οι βιβλιοθήκες διαχωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Κλιματικά δεδομένα. Πρόκειται για έτοιμα δεδομένα που έχουν υπολογιστεί κατάλληλα ώστε να ανταποκρίνονται στο κλίμα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε χώρας.
- Σταθερές. Η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη περιέχει εθνικές σταθερές που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς που εκτελεί το πρόγραμμα. Προφανώς οι εκάστοτε τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη χώρα που διεξάγεται η μελέτη.

- Καύσιμα. Η βιβλιοθήκη καυσίμων περιέχει πληροφορίες για τα καύσιμα (είδος καυσίμου, θερμογόνος δύναμη, κόστος) που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη.
- Βιβλιοθήκες δομικών στοιχείων. Η βιβλιοθήκη αυτή μπορεί να είναι οποιοδήποτε αρχείο μελέτης του κτιρίου στο οποίο υπάρχουν κατασκευαστικά δεδομένα για το κτίριο. Η συμπλήρωση του συγκεκριμένου πεδίου είναι προαιρετική και συνήθως αγνοείται.

13.2 Ζώνη

Όνομα ζώνης

Αρχικά εδώ καταγράφεται το χαρακτηριστικό όνομα της ζώνης προκειμένου να διευκολύνει το χρήστη. Το όνομα πρέπει να έχει άμεση σχέση με τη ζώνη που εξετάζεται και να παραπέμπει εύκολα στο χώρο που αφορά.

Συνολική επιφάνεια ζώνης

Είναι η συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια της ζώνης.

Ειδική θερμοχωρητικότητα

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τυπικές τιμές ειδικής θερμοχωρητικότητας για την υπό μελέτη ζώνη. Όπως προκύπτει η ειδική θερμοχωρητικότητα έχει άμεση σχέση με τα υλικά δόμησης του εξεταζόμενου κτιρίου.

Πίνακας 8:Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίων βάσει του τύπου κατασκευής τους

(Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Τύπος κτιρίου	Ειδική θερμοχωρητικότητα κτιρίου,cm σε [kJ/ m ² K]
Πολύ ελαφριά κατασκευή	80
Ελαφριά κατασκευή	110
Μέτρια κατασκευή	165

Βαριά κατασκευή	260
Πολύ βαριά κατασκευή	370

Σε εθνικό επίπεδο μια συνηθισμένη κατασκευή με οπλισμένο σκυρόδεμα και πλινθοδομή χαρακτηρίζεται ως βαριά κατασκευή, ενώ μια λιθοδομή χαρακτηρίζεται ως πολύ βαριά κατασκευή.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης

Είναι η καλύτερη εκτίμηση της πραγματικής μέσης εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο θέρμανσης - λαμβάνοντας υπόψη τις θερμοκρασιακές ρυθμίσεις εκτός ωραρίου λειτουργίας, θερινές διακοπές (π.χ. σε σχολεία, πανεπιστημιακά κτίρια κλπ). Οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση υπολογίζονται σε αυτήν την θερμοκρασία, η οποία θεωρείται σταθερή σε όλη την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης. Για κτίρια με 24ωρη λειτουργία η εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης είναι ίση με την επιθυμητή. Για κτίρια με 8ωρη, ή 10ωρη πενθήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 5 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς μόνωση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 7 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή.

Για κτίρια με 12ωρη 6ήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή
- κτίρια αμόνωτα και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 5 [°C] χαμηλότερη από την επιθυμητή

Πίνακας 9: Καθοριζόμενες θερμοκρασίες χώρων για θέρμανση

(Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Επιθυμητές Θερμοκρασίες Χώρων για Θέρμανση	Βαθμοί Κελσίου
Αίθουσα διδασκαλίας	20
Γραφεία	20
Εργαστήρια	18
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	20
Διάδρομοι	20
Κουζίνα	19
WC	18
Αποθήκη	20

Οι παραπάνω τιμές θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου στο EPA-NR για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου του νηπιαγωγείου.

Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζεται και η μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης σύμφωνα με τις παραδοχές του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα:

Για κτίρια με 8ωρη, ή 10ωρη πενήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά σκιασμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 2 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια μερικώς μονωμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.
- κτίρια χωρίς σκίαση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 4 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Για κτίρια με 12ωρη δήμερη λειτουργία έχουμε τις εξής περιπτώσεις:

- κτίρια καλά μονωμένα και με καλή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 1 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή
- κτίρια μερικώς σκιασμένα με μέτρια αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία

λαμβάνεται ίση με 2 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

- κτίρια χωρίς σκίαση και με κακή αεροστεγάνωση, η εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται ίση με 3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Σε περίπτωση εγκατάστασης ανεμιστήρων οροφής, η επιθυμητή θερμοκρασία ψύξης λαμβάνεται ίση με 28 [°C], ή εναλλακτικά 2-3 [°C] μεγαλύτερη από την επιθυμητή.

Πίνακας 10: Καθοριζόμενες θερμοκρασίες χώρων για ψύξη (Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Επιθυμητές Θερμοκρασίες Χώρων για Ψύξη	Βαθμοί Κελσίου (°C)
Αίθουσα διδασκαλίας	26
Γραφεία	26
Εργαστήρια	26
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	26
Διάδρομοι	26
Κουζίνα	26
WC	26
Αποθήκη	26

Οι παραπάνω τιμές θα χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου στο EPA-NR για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου του νηπιαγωγείου.

13.3 Φωτισμός

Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένα περιβάλλον με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, που επιτρέπει την ευχάριστη διαμονή και την εκτέλεση εργασιών, χωρίς φαινόμενα που δημιουργούν οπτική δυσφορία ή/και κόπωση.

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12464.1:2002 δίνονται τα συνιστώμενα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού ανά χρήση κτηρίου. Με βάση τις προτεινόμενες τιμές του προτύπου για τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού δίνονται στο πίνακα οι τιμές για τη μέση ελάχιστη στάθμη φωτισμού (lx) ανά χρήση χώρου, και η εγκατεστημένη ισχύς (W/ m²

δομημένης επιφάνειας) κτηρίου αναφοράς, για το οποίο η φωτιστική απόδοση (φωτεινή δραστηριότητα) καθορίστηκε στα 55 lm/W. Οι τιμές αυτές λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης του νηπιαγωγείου.

Πίνακας 11: Στάθμη γενικού φωτισμού και εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού κτηρίου αναφοράς ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

(Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Στάθμη φωτισμού (lx)	Ισχύς για κτίριο αναφοράς (W/ m ²)
Αίθουσα διδασκαλίας	300	5.5
Γραφεία	500	9.1
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	300	5.5
Αποθήκη	150	2.7
Κουζίνα	400	7.3
WC	200	3.6

Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού (tD) - Χρόνος χρήσης μη φυσικού φωτισμού (tN)

Ο χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού λαμβάνεται ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου και τις ώρες που χρησιμοποιείται. Κάνοντας λοιπόν συγκεκριμένες παραδοχές για τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου καταλήξαμε σε χρόνο χρήσης φυσικού φωτισμού 1800 ώρες και χρόνο χρήσης μη φυσικού φωτισμού 200 ώρες.

	Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού	Χρόνος χρήσης μη φυσικού φωτισμού
Εκπαιδευτικά κτίρια	1800	200

Συντελεστής επίδρασης φυσικού φωτισμού (FD)

Είναι ο συντελεστής μείωσης της ενέργειας για φωτισμό εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών

αξιοποίησης φυσικού φωτισμού (1 = καμία μείωση, 0 = πλήρης μείωση). Στην περίπτωση του νηπιαγωγείου ο συντελεστής αυτός λαμβάνει την τιμή 1.(Δεν υπάρχει αυτοματισμός αξιοποίησης φυσικού φωτισμού). Στη γενική περίπτωση λαμβάνει τιμές από τον παρακάτω πίνακα:

Εκπαιδευτικά κτίρια	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.9
	Αυτόματος	0.7

Συντελεστής επίδρασης χρηστών (Fo)

Είναι ο συντελεστής μείωσης της ενέργειας για φωτισμό εξαιτίας της χρήσης αυτοματισμών ανίχνευσης κίνησης (1 = καμία μείωση, 0 = πλήρης μείωση). Στην περίπτωση που μελετάμε ο συντελεστής αυτός λαμβάνει την τιμή 1.(δεν υπάρχει αυτοματισμός ανίχνευσης κίνησης). Στη γενική περίπτωση λαμβάνει τιμές από τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 12: Συντελεστής επίδρασης χρηστών

Τύπος κτιρίου	Τύπος ελέγχου	Fo
Εκπαιδευτικά κέντρα, Γραφεία	Χειροκίνητος	1
	Αυτόματος	0.9

Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη

Είναι το ποσοστό της θερμότητας που εκπέμπεται από το σύστημα φωτισμού το οποίο δεν απομακρύνεται άμεσα μέσω συστήματος τεχνητού εξαερισμού. Όταν απομακρύνεται όλη η θερμότητα από τον χώρο ο συντελεστής είναι 0, ενώ για μη απομάκρυνση της θερμότητας από την ζώνη ο συντελεστής είναι 1.(Δεν υπάρχει σύστημα απομάκρυνσης θερμότητας από τον εξαερισμό).

Φωτισμός ασφαλείας

Δείκτης ύπαρξης συστήματος φωτισμού ασφαλείας(δεν υφίσταται στην περίπτωση μας) .

Σύστημα εφεδρείας

Δείκτης ύπαρξης εφεδρικού συστήματος για φωτισμό(δεν υφίσταται στην περίπτωση μας) .

13.4 Εσωτερικά κέρδη

Η παραγόμενη / εκλυόμενη θερμότητα στο εσωτερικό των κτηρίων επηρεάζει την εσωτερική θερμοκρασία των χώρων και κατά συνέπεια τα πραγματικά φορτία θέρμανσης και ψύξης. Σε ότι αφορά στη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, για λόγους ασφαλείας των υπολογισμών αυτά τα εσωτερικά κέρδη αγνοούνται πλήρως στη συντριπτική πλειοψηφία των προτύπων υπολογισμού φορτίων θέρμανσης. Ωστόσο, στο πλαίσιο της προσπάθειας για εξοικονόμηση ενέργειας, όταν αυτά τα κέρδη ή μέρος τους, είναι σταθερά και μόνιμα λόγω της λειτουργίας του κτηρίου, τότε στη διαστασιολόγηση του συστήματος θέρμανσης το σταθερό και μόνιμο τμήμα των εσωτερικών κερδών θα πρέπει να συνυπολογίζεται.

Σε ότι αφορά στους υπολογισμούς φορτίων ψύξης, τα εσωτερικά κέρδη συνυπολογίζονται κανονικά, αφού αποτελούν τη βασική παράμετρο του υπολογιζόμενου ψυκτικού φορτίου. Ωστόσο, και πάλι, προκειμένου να αποφεύγονται υπερδιαστασιολογήσεις συστημάτων, τα κέρδη που συμμετέχουν στο φορτίο ψύξης θα πρέπει να υπολογίζονται ετεροχρονισμένα προσομοιάζοντας κατά το δυνατόν την πραγματική λειτουργία του κτηρίου. Δηλαδή, τα κέρδη κάθε κατηγορίας θα πρέπει να συμμετέχουν στον υπολογισμό των φορτίων ψύξης, πολλαπλασιασμένα επί έναν συντελεστή ετεροχρονισμού. Ο συντελεστής ετεροχρονισμού εκφράζει το ποσοστό του λειτουργικού χρόνου του κτηρίου, κατά τον οποίο τα εσωτερικά κέρδη πράγματι υπάρχουν.

Ανάλογα με το είδος των εσωτερικών κερδών και τη χρήση του κτηρίου, επιλέγεται ο αντίστοιχος συντελεστής ετεροχρονισμού. Εναλλακτικά και ανάλογα με τη μέθοδο υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου ενός κτηρίου, χρησιμοποιούνται και «προφίλ» ετεροχρονισμού, δηλαδή χρονοσειρές διαφορετικών τιμών ετεροχρονισμού, ανάλογα με το είδος του κέρδους, τη χρήση του κτηρίου και την περίοδο της λειτουργικής ημέρας. Τα εσωτερικά κέρδη συμπεριλαμβάνουν τρεις βασικές κατηγορίες, ως ακολούθως :

- τον ηλεκτροφωτισμό (αισθητά κέρδη),
- την έκλυση θερμότητας από τους ανθρώπους (αισθητά και λανθάνοντα κέρδη, η αναλογία των οποίων είναι συνάρτηση της δραστηριότητας των ανθρώπων) και
- τον εξοπλισμό (κατά μεγάλο ποσοστό αισθητά κέρδη στην πλειοψηφία των εφαρμογών).

Η πραγματική εκλυόμενη θερμική ισχύς λόγω του ηλεκτροφωτισμού είναι συνάρτηση πολλών

παραμέτρων και σε αναλυτικότερες και ακριβέστερες μελέτες, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως δεδομένο, η ισχύς που πραγματικά αντιστοιχεί στο σύστημα ηλεκτροφωτισμού. Επιγραμματικά, αναφέρονται οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την εκλυόμενη στο χώρο θερμική ισχύ λόγω του συστήματος ηλεκτροφωτισμού:

- είδος λαμπτήρα και φωτιστικού
- ύψος χώρου και τοποθέτησης φωτιστικού
- ύπαρξη ψευδοροφής
- ύπαρξη συστήματος εξαερισμού του χώρου τοποθέτησης των φωτιστικών (αν υπάρχει ψευδοροφή).

13.5 Χρήστες-Συντελεστής παρουσίας χρηστών

Κάθε άτομο ανάλογα τη δραστηριότητα του, εκλύει θερμότητα υπό τη μορφή αισθητού και λανθάνοντος φορτίου. Το αισθητό φορτίο οφείλεται στην ακτινοβολία του σώματός του και τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα του στον αέρα. Η αναλογία ακτινοβολίας / μεταφοράς είναι περίπου 50-50% και φυσικά εξαρτάται από την ένδυση και τη δραστηριότητα του ατόμου. Ωστόσο, για τους απλούς υπολογισμούς στο πλαίσιο της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου, η αναλογία αυτή δεν επηρεάζει ουσιαστικά και συνήθως δεν υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Το λανθάνον φορτίο οφείλεται στην αναπνοή και στην εφίδρωση κάθε ανθρώπου και είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο αυξάνεται η δραστηριότητα του ατόμου.

Ο συνυπολογισμός της έκλυσης θερμότητας στα φορτία του κτηρίου θα πρέπει να γίνεται βάσει συντελεστή ετεροχρονισμού (μέσου συντελεστή παρουσίας χρηστών), μέσω του οποίου αντιστοιχίζεται η πραγματική –κατά μέσο όρο– παρουσία των ατόμων στους χώρους, κατά τη διάρκεια της λειτουργικής ημέρας. Ακόμη καλύτερα, σε αναλυτικότερους υπολογισμούς μπορούν να χρησιμοποιούνται «προφίλ» ετεροχρονισμού ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου και την ώρα της ημέρας.

Στον παρακάτω πίνακα καθορίζονται οι μέσες τυπικές τιμές έκλυσης θερμότητας ανά άτομο, λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη μέση δραστηριότητα των χρηστών στις διάφορες κατηγορίες κτιρίων ή ζωνών, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790:2009 και ΕΛΟΤ EN 13779:2008. Στον ίδιο πίνακα δίνεται και η εκπομπή θερμικής ισχύος ανά μονάδα μεικτής επιφανείας κτηρίου (W/m^2) και ο μέσος συντελεστής παρουσίας χρηστών, ο οποίος ορίζεται ως το ποσοστό του χρόνου, κατά το οποίο είναι παρόντες οι χρήστες στο χώρο (εκτιμάται από το

χρόνο λειτουργίας του κτηρίου).

Πίνακας 13: Πίνακας χρηστών

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμική ισχύς ανά άτομο(W/άτομο)	Θερμική ισχύς ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας(W/ m ²)	Μέσος συντελεστής παρουσίας
Νηπιαγωγείο	80	40	0.16
Γραφεία	80	8	0.30
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	80	60	0.25
Αποθήκη	75	4	1.00
Κουζίνα	110	13.2	0.43
WC	90	9	0.58

Στην περίπτωση του κτιρίου του νηπιαγωγείου θα χρησιμοποιήσουμε ενιαία τιμή για τον συντελεστή παρουσίας χρηστών ίση με την τιμή που αναφέρεται στη χρήση κτιρίου νηπιαγωγείο παρόλο που έχουμε κάνει χρήση θερμικών ζωνών αφού η τιμή αυτή εκτιμάται από το χρόνο λειτουργίας του κτηρίου και δίνει την πιο καλή προσαρμογή στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του κτιρίου.

13.6 Συσκευές

Είναι η εκπεμπόμενη θερμότητα από τις ηλεκτρικές συσκευές στην ζώνη. Η τιμή πρέπει να αντιπροσωπεύει τη μέγιστη τιμή κατά την διάρκεια του έτους. Η ισχύς των συσκευών που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στο υπό εξέταση κτίριο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 14: Εκτιμώμενη θερμική ισχύς ηλεκτρικών συσκευών / εξοπλισμού ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης.

(Πηγή T.O.T.E.E)

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Ισχύς εξοπλισμού(W/ m ²)	Μέσος συντελεστής ετερ/σμού	Ετεροχρον. ισχύς εξοπλ. (W/ m ²)	Μέσος συντελεστής λειτουργίας
Αίθουσα διδασκαλίας	5	0.15	0.75	0.16
Γραφεία	15	0.3	4	0.3
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	4	0.25	1	0.25
Αποθήκη	2	0.1	0.2	1
Κουζίνα	120	0.5	60	0.43
WC	2	0.25	0.5	0.58

Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία

Είναι το ποσοστό του χρόνου (για όλη την διάρκεια του έτους) κατά το οποίο οι ηλεκτρικές συσκευές της ζώνης βρίσκονται σε λειτουργία. Στη περίπτωση μας θα θεωρήσουμε τον συντελεστή συσκευών σε λειτουργία ίσο με το συντελεστή παρουσίας χρηστών.

13.7 Απαιτούμενος νωπός αέρας

Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτηρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτιρίου απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με:

- τη χρήση του κτηρίου
- τον πληθυσμό των χρηστών και
- την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτηρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της

χρήσης του κτηρίου.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN15251:2007. Για τις ανάγκες υπολογισμού του αερισμού σε μελέτες εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, ο πιο εύχρηστος τρόπος υπολογισμού της ανανέωσης αέρα είναι βάσει των ελάχιστων ποσοτήτων που απαιτούνται σύμφωνα με τα εξής δύο κριτήρια:

- την εξασφάλιση των συνθηκών υγιεινής για τους χρήστες και
- την ελάχιστη ανανέωση βάσει του όγκου και της χρήσης του κτηρίου.

Διείσδυση αέρα

Είναι ο ρυθμός διείσδυσης του εξωτερικού αέρα στη ζώνη, [σε m^3/s] από τις χαραμάδες των ανοιγμάτων. Για σύγχρονα ανοιγόμενα κουφώματα, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με 5,5 [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$] επιφάνειας ανοίγματος. Για συρόμενα κουφώματα (επάλληλα ή μη) με ενσωματωμένες ψήκτρες για αεροστεγάνωση, η διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με 7.5 [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$]. Για παλιά ανοίγματα ανεξαρτήτου τύπου κουφώματος διείσδυση του αέρα λαμβάνεται ίση με 12 [$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$] επιφάνειας ανοίγματος.

Σε κάθε περίπτωση ο συντελεστής διείσδυσης αερισμού πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή θωράκισης $\sigma\theta$ ο οποίος λαμβάνεται ως εξής :

- 0.4 για ανοίγματα προς αίθριο χώρο
- 0.8 για ανοίγματα προς ημι-υπαίθριο χώρο
- για κτίρια με μέσο ύψος (15 έως 50 μ) στο κέντρο πόλης, κτίρια σε δασικές περιοχές.
- 1.2 για κτίρια στην ύπαιθρο με δένδρα γύρω τους ή για τα περίχωρα πόλης
- 1.6 για κτίρια στην ύπαιθρο ή για πολυώροφα κτίρια (με ύψος > 50 μ) στο κέντρο πόλης.

Επομένως η διείσδυση αέρα θα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\delta.α = \sigma\theta * \sigma\delta\iota\epsilon\iota\sigma [\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2] * A_{\text{ανοιγμάτων}}/3600[\text{s}/\text{h}]$$

Όπου,

$\sigma\theta$:συντελεστής θωράκισης

$\sigma\delta\iota\epsilon\iota\sigma$:συντελεστής διείσδυσης

$A_{\text{ανοιγμάτων}}$:επιφάνεια των ανοιγμάτων.

Φυσικός αερισμός

Είναι ο αερισμός των χώρων μέσω της χρήσης των υφιστάμενων ανοιγμάτων, σε [m^3/s]. Κυρίως

εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Κατά την μελέτη ενός κτιρίου που δεν διαθέτει μηχανικό αερισμό (μέσω κλιματιστικής μονάδας, ή άλλο σύστημα), σαν φυσικός αερισμός λαμβάνονται υπόψη τα κατώτερα απαιτούμενα όρια νωπού αέρα στο χώρο (βάσει κανονισμών). Όταν υπάρχει μηχανικό σύστημα αερισμού σε έναν χώρο, συνυπολογίζεται για την εκτίμηση του φυσικού αερισμού.

Για τον υπολογισμό του φυσικού αερισμού για την κάθε ζώνη ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω σχέση:

$$Q = N * V / 3600$$

Q : φυσικός αερισμός [m^3/s]

N : αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα [ach]

V : όγκος ζώνης [m^3]

Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού

Είναι το μέσο ποσοστό του χρόνου (για όλη την διάρκεια του έτους) κατά το οποίο εφαρμόζεται φυσικός αερισμός. Ο χρόνος αυτός είναι ίσος με το χρόνο που είναι παρόντες οι χρήστες του χώρου. Επομένως ο συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού είναι ίσος με το συντελεστή παρουσίας χρηστών.

13.8 Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX)

Η ζήτηση ζεστού νερού χρήσης (Z.N.X.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο (λειτουργικά) τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου (ή του τμήματος) αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι, κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση αλλά και τις συνθήκες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Z.N.X.

Μέση κατανάλωση ZNX

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Z.N.X. καθορίστηκε η ημερήσια κατανάλωση του Z.N.X. ανά άτομο και ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας τού υπό μελέτη κτηρίου ή της υπό μελέτης ζώνης, καθώς επίσης και η ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας για όλες τις χρήσεις κτηρίων, όπως δίνονται στον πίνακα .

Πίνακας 15: Τυπική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανά χρήση κτηρίου για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας.

(Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Χρήσεις κτιρίων ή θερμικών ζωνών	Κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης (l άτομο /ημέρα)	Ημερήσια κατανάλωση ανά δομημένη επιφ. (l/ m ² /ημέρα)	Ετήσια κατανάλωση ανά δομημένη επιφ. (m ³ / m ² /έτος)
WC	40	4	14.6
Κουζίνα	10	1.20	0.37
Αποθήκη	2	0.10	0.04

Θερμοκρασία νερού δικτύου

Επίσης για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή του απαιτούμενου ζεστού νερού χρήσης, είναι απαραίτητη και η μέση θερμοκρασία νερού δικτύου ανά κλιματική ζώνη. Η θερμοκρασία του νερού δικτύου, εξαρτάται από την μέση εξωτερική θερμοκρασία του αέρα αλλά και δευτερευόντως από τη θερμοκρασία εδάφους στην εκάστοτε περιοχή. Στην τεχνική οδηγία του Τ.Ε.Ε. «Κλιματικά δεδομένα για ελληνικές περιοχές» δίνονται τυπικές τιμές για τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του νερού δικτύου για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Γενικά, ισχύει ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία του νερού δικτύου ισούται με τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα της εκάστοτε περιοχής. Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων για ζεστό νερό χρήσης θα λαμβάνονται οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας νερού δικτύου, όπως δίνονται στον πίνακα για κάθε κλιματική ζώνη. Περιοχές με υψόμετρο άνω των 500 μέτρων κατατάσσονται στην αμέσως ψυχρότερη κλιματική ζώνη.

Πίνακας 16: Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου για τις διάφορες κλιματικές ζώνες.

(Πηγή:Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Κλιματική ζώνη	A	B	Γ	Δ
Μέση ετήσια θερμοκρασία νερού δικτύου T σε κελσίου	19.7	18.1	16.4	14.5

Θερμοκρασία δεξαμενής

Επειδή στους υπολογισμούς παίρνει μέρος και η θερμοκρασία δεξαμενής θεωρήσαμε ότι η δεξαμενή που τροφοδοτεί το κτίριο του νηπιαγωγείου έχει θερμοκρασία 60 κελσίου.

13.9 Κέλυφος

A) Μη διαφανείς επιφάνειες

Σαν μη διαφανείς επιφάνειες ορίζονται όλες οι δομικές κατασκευές, δοκάρια, κολώνες, τοιχοποιίες, οροφές, στέγες και δάπεδα που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στο πρόγραμμα και αφορούν το κομμάτι των αδιαφανών επιφανειών είναι οι εξής:

Επιφάνεια

Είναι το εμβαδόν της μη διαφανούς επιφάνειας του κτιρίου (δεν περιλαμβάνονται τα ανοίγματα, δηλαδή τα παράθυρα και οι πόρτες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα). Όλες οι επιφάνειες αναφέρονται σε εξωτερικές διαστάσεις σε m².

Προσανατολισμός

Είναι ο προσανατολισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας. Ο προσανατολισμός ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια. Για προσανατολισμό:

προς Βορρά η τιμή είναι 0°

προς Νότο η τιμή είναι 180°

προς Δύση η τιμή είναι 270°

προς Ανατολή η τιμή είναι 90°

Κλίση

Είναι η κλίση της επιφάνειας, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ περιοχής). Για παράδειγμα ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση 90°.

U-Συντελεστής θερμοπερατότητας

Είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για δοκάρια, κολώνες και τοιχοποιία), αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας. Η θερμοπερατότητα αναφέρεται σε σύνθετες διατομές, διατομές δηλαδή που αποτελούνται από πολλά και διαφορετικά υλικά. Μετριέται σε W / m^2K . Έχοντας κάνει την παραδοχή ότι το κτίριο μας έχει κατασκευαστεί μετά το 1979 όπου ίσχυε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων (Κ.Θ.Κ) θεωρήσαμε ως τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας U των επί μέρους δομικών στοιχείων τις μέγιστες επιτρεπόμενες του ισχύοντος κατά την περίοδο έκδοσης της οικοδομικής άδειας κανονισμού (k_{max} του Κ.Θ.Κ. ή U_{max} του Κ.Εν.Α.Κ.) όπως αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 17: Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979) για τις τρεις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα (Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε)

Δομικό Στοιχείο	Συντελεστής θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη, σύμφωνα με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (1979)		
	A	B	Γ
	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]	[W/(m ² ·K)]
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές, πυλωτές).	0.5	0.5	0.5
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	0.7	0.7	0.7
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	3.00	1.90	0.7
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	3.00	1.90	0.7

Συντελεστής Alpha

Είναι ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά της επιφάνειας. Το εύρος τιμών για τον συντελεστή *alpha* είναι μεταξύ 0 (καθόλου απορρόφηση) και 1 (100 % απορρόφηση). Για συνήθειες ανοιχτόχρωμες επιφάνειες ο συντελεστής απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι 0,65. Για την οροφή λαμβάνεται η τιμή 0.9 σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προγράμματος.

R_{se}

Είναι ο συντελεστής θερμικής αντίστασης της εξωτερικής επιφάνειας. Ο συγκεκριμένος συντελεστής καθορίζεται σε εθνικό (ή τοπικό) επίπεδο και εξαρτάται από τις τοπικές ανεμολογικές συνθήκες και την έκθεση της επιφάνειας. Για την Ελλάδα τυπική τιμή 0,05 [m²K/W].

Em_{th}

Είναι ο συντελεστής εκπομπής για την θερμική ακτινοβολία ο οποίος λαμβάνει την τιμή 0.92 .

F_h

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τον ορίζοντα. Ο συντελεστής αυτός λαμβάνει υπόψη την σκίαση από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, λόγω φυσικών (π.χ. λόφοι) ή τεχνητών (π.χ. ψηλά κτίρια) εμποδίων. Για πλήρη σκίαση $F_h=0$, για ελεύθερο ορίζοντα $F_h=1$.

F_o

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τους οριζόντιους προβόλους. Για πλήρη σκίαση $F_o=0$, για μηδενική σκίαση $F_o=1$.

F_f

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τα πλευρικά κατακόρυφα σκίαστρα (περυγία). Για πλήρη σκίαση $F_f=0$, για μηδενική σκίαση $F_f=1$.

B) Διαφανείς επιφάνειες

Ως διαφανείς επιφάνειες μιας ζώνης ορίζονται όλες οι κατασκευές που μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες, πόρτες, επιφάνειες από υαλότουβλα, κ.α) που έρχονται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Επιφάνεια

Το εμβαδόν της διαφανούς επιφάνειας, συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου.

Προσανατολισμός

Είναι ο προσανατολισμός της συγκεκριμένης επιφάνειας. Ο προσανατολισμός, ορίζεται ως η κατεύθυνση της καθέτου στην επιφάνεια. Για προσανατολισμό:

- προς Βορρά η τιμή είναι 0°
- προς Νότο η τιμή είναι 180°
- προς Δύση η τιμή είναι 270°
- προς Ανατολή η τιμή είναι 90°

Κλίση

Είναι η κλίση της επιφάνειας, μετρούμενη μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της κατακόρυφου (ζενίθ περιοχής). Για παράδειγμα ένας κατακόρυφος τοίχος έχει κλίση 90°.

U

Είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας (U-value) της μη διαφανούς επιφάνειας. Ο συντελεστής U-value είναι μια μέση τιμή (για την διαφανή επιφάνεια και το πλαίσιο), αντιπροσωπευτική για το εμβαδόν της επιφάνειας. Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε στην περίπτωση κτηρίων, των οποίων η οικοδομική άδεια εκδόθηκε πριν από την ημερομηνία ισχύος του Κ.Εν.Α.Κ. και ο υαλοπίνακας που τοποθετήθηκε δεν συνοδεύεται από τα αντίστοιχα πιστοποιητικά ή δεν αναγράφονται οι θερμοφυσικές ιδιότητές του στον αποστάτη μεταξύ των υαλοπινάκων ο συντελεστής θερμοπερατότητας του υαλοπίνακα λαμβάνεται για μονό υαλοπίνακα 5.7 και για διπλό υαλοπίνακα με διάκενο αέρα 6μμ ίσος με 3.3.

U_s

Είναι ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του ανοίγματος, συμπεριλαμβανομένου και του εξώφυλλου προστασίας (παντζούρια, ρολά, κ.α.) σε κλειστή θέση, όπου υπάρχει. Όταν δεν υπάρχει εξώφυλλο τότε το U_s είναι ίσο με το U. Ο συνολικός συντελεστής U-value του ανοίγματος / εξώφυλλου, θα πρέπει να υπολογίζεται σύμφωνα με το EN/ISO 6946. Τα εξώφυλλα των ανοιγμάτων λειτουργούν σαν μόνωση τον χειμώνα, και ο συνολικός συντελεστής U_s σχετίζεται με το ποσοστό F_s .

G_g

Είναι ο συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς (γυάλινης) επιφάνειας του ανοίγματος.

G_{g_s}

Είναι ο συνολικός συντελεστής διαπερατότητας στην ηλιακή ακτινοβολία της διαφανούς (γυάλινης) επιφάνειας του ανοίγματος και του εξωτερικού κινητού σκιάστρου αν υπάρχει. Το G_{g_s} σχετίζεται και με το ποσοστό F_{with} .

F_s

Είναι το ποσοστό του χρόνου (ώρες χρήσης του εξώφυλλου του ανοίγματος, π.χ. νυχτερινές ώρες / 8760 ώρες ετησίως) για το οποίο το παράθυρο έχει το εξωτερικό σκίαστρο. Χρησιμοποιείται για την μείωση των θερμικών απωλειών κατά την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης

F_{with}

Είναι το ποσοστό του χρόνου (ώρες χρήσης του κινητού σκιάστρου, π.χ. ώρες σκιασμού παραθύρου / ώρες διάρκειας ηλιοφάνειας) για το οποίο το άνοιγμα καλύπτεται από το εξωτερικό κινητό σκίαστρο (τέντα, περσίδα, κ.α.) στην διάρκεια των ωρών ηλιοφάνειας. Χρησιμοποιείται για την μείωση των ηλιακών κερδών κατά την διάρκεια της περιόδου ψύξης. Το ποσοστό αυτό πρέπει να αντιπροσωπεύει τις συνθήκες κατά την περίοδο ψύξης.

F_h

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τον ορίζοντα. Ο συντελεστής αυτός λαμβάνει υπόψη την σκίαση από τον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, λόγω φυσικών (π.χ. λόφοι) ή τεχνητών (π.χ. ψηλά κτίρια) εμποδίων. Για πλήρη σκίαση $F_h=0$, για ελεύθερο ορίζοντα $F_h=1$.

F_o

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τους οριζόντιους προβόλους. Για πλήρη σκίαση $F_o=0$, για μηδενική σκίαση $F_o=1$.

F_f

Είναι ο μερικός συντελεστής σκίασης για τα πλευρικά κατακόρυφα σκίαστρα (περυγία). Για πλήρη σκίαση $F_f=0$, για μηδενική σκίαση $F_f=1$

Γ) Επιφάνειες σε επαφή με το έδαφος

Οι συγκεκριμένες επιφάνειες αναφέρονται σε δάπεδα ή τοίχους της ζώνης που εφάπτονται με το έδαφος. Το κτίριο του νηπιαγωγείου δεν διαθέτει υπόγειο, άρα θα θεωρήσουμε ότι είναι όλο σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Όνομα

Δίνεται το όνομα της επιφάνειας για διευκόλυνση του χρήστη.

Επιφάνεια

Πρόκειται για το εμβαδόν της επιφάνειας που εφάπτεται στο έδαφος. Οι διαστάσεις που λαμβάνονται υπόψη είναι οι εξωτερικές.

U

Είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας της επιφάνειας και αποτελεί μια αντιπροσωπευτική τιμή για το εμβαδό της επιφάνειας που ορίζεται. Στην περίπτωση του κτιρίου του νηπιαγωγείου έχουμε δάπεδο σε επαφή με το έδαφος άρα σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα το U σε όλες τις ζώνες θα πάρει την τιμή **1.9 W/ m²·K**

B g h

Είναι ο διορθωτικός συντελεστής για τη μετάδοση θερμότητας προς το έδαφος για την περίοδο θέρμανσης. Ο συντελεστής λαμβάνει την κατάλληλη τιμή σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εξωτερική θερμοκρασία αέρα: $B_{g_h}=1$
- Για θερμοκρασία εδάφους ίση με την εσωτερική θερμοκρασία ζώνης (μη θερμαινόμενος χώρος) : $B_{g_h}=0$
- Για υπόγεια δάπεδα αν υπάρχει ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης ο συντελεστής λαμβάνεται: $B_{g_h}=1$
- Για υπόγεια δάπεδα αν δεν υπάρχει ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης ο συντελεστής λαμβάνεται: $B_{g_h}=0,5$ (κλιματικές ζώνες Α και Β) και $B_{g_h}=0,7$ (κλιματικές ζώνες Γ και Δ)

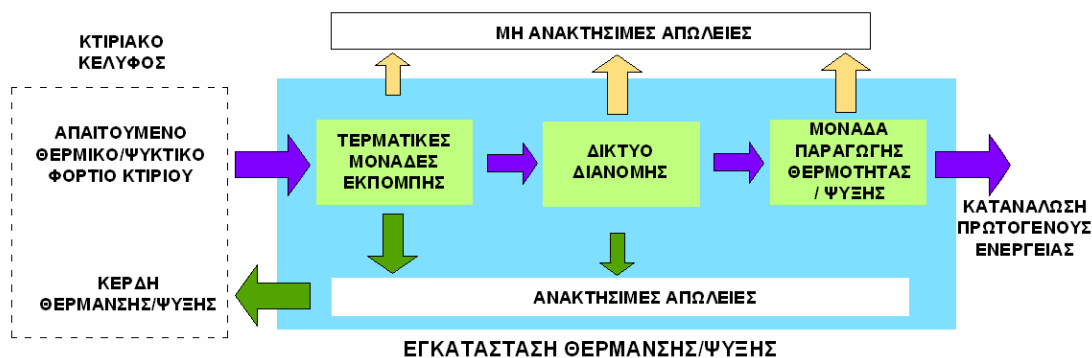
Δ) Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες

Στη στήλη "Εσωτερικές διαχωριστικές επιφάνειες" περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι ζώνες του κτιρίου και οι μη θερμαινόμενοι χώροι, ή ηλιακοί χώροι, καθώς και ποιες παράμετροι χρησιμοποιούνται. Επειδή στην περίπτωση του νηπιαγωγείου δεν υπάρχουν μη θερμαινόμενοι ή ηλιακοί χώροι και σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε σε κάθε ενεργειακή μελέτη γίνεται η παραδοχή ότι οι θερμικές ζώνες δεν είναι μεταξύ τους θερμικά συζευγμένες, δηλαδή δεν ανταλλάσσουν θερμότητα, συνεπώς τα δομικά στοιχεία που διαχωρίζουν θερμικές ζώνες λαμβάνονται ως αδιαβατικά. Κατά συνέπεια στην περίπτωση μας το πεδίο αυτό δεν θα συμπληρωθεί.

13.10 Συστήματα θέρμανσης χώρων

Το σύστημα ή τα συστήματα θέρμανσης που εξυπηρετούν ένα κτήριο ή τμήμα αυτού, σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται έτσι, ώστε να καλύπτουν τις απαιτήσεις θέρμανσης στις δυσμενέστερες εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος (συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα). Κατά την πραγματική περίοδο θέρμανσης οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος μεταβάλλονται συνεχώς, τόσο σε ημερήσια όσο και σε ωριαία βάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε σύστημα θέρμανσης να λειτουργεί για το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου θέρμανσης σε συνθήκες μερικού φορτίου, που συνεπάγεται μείωση της πραγματικής απόδοσής του σε σχέση με την ονομαστική. Ο

σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την πραγματικότητα και να προβλέπει την κάλυψη των μερικών φορτίων με κατά το δυνατόν αυξημένο βαθμό απόδοσης λειτουργίας, ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, το ωράριο λειτουργίας και τη διακύμανση των θερμικών αναγκών του κτηρίου. Οι περισσότερο διαδεδομένες μονάδες παραγωγής θερμότητας για θέρμανση χώρων που εφαρμόζονται στα ελληνικά κτίρια είναι λέβητες θερμού νερού, πετρελαίου, φυσικού αερίου, σπανιότερα υγραερίου ή ηλεκτρικοί (σε μικρές εγκαταστάσεις) και πολύ σπάνια λέβητες βιομάζας κ.ά. Σε μικρότερο ποσοστό, και κυρίως σε κτήρια του τριτογενούς τομέα (όπου απαιτείται και ψύξη), οι μονάδες παραγωγής θερμότητας είναι ηλεκτρικές αντλίες θερμότητας νερού ή άμεσης εξάτμισης. Σε λίγες περιπτώσεις γίνεται χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργεια (π.χ. ηλιακών συλλεκτών, γεωθερμίας). Σε πολύ περιορισμένη κλίμακα στα ελληνικά κτήρια εφαρμόζονται συστήματα τηλεθέρμανσης (κοντά σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής της Δ.Ε.Η.) ή/και συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας / ψύξης (Σ.Η.Θ.).



Εικόνα 26: Διάγραμμα διαδικασίας σχεδιασμού εγκατάστασης θέρμανσης / ψύξης. (Πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1)

Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BEMS

Σε περίπτωση που η εγκατάσταση θέρμανσης διαθέτει κάποια διάταξη αυτόματου ελέγχου και ρύθμισης λειτουργίας (κεντρική ή τοπική) όπως το(Σύστημα ενεργειακής διαχείρισης κτηρίων - Building Energy Management Systems - BEMS)τότε η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων ανά τελική χρήση μειώνεται και αυτή η μείωση πρέπει να προσδιορίζεται στους υπολογισμούς. Αντίθετα, όταν δεν υπάρχει καμία διάταξη αυτομάτου ελέγχου, η ενέργεια για την κάλυψη των απαιτούμενων φορτίων αυξάνεται. Το ποσοστό μείωσης ή αύξησης της απαιτούμενης ενέργειας υπολογίζεται βάσει του συντελεστή διόρθωσης (μείωσης ή αύξησης)

ενέργειας ανά τελική χρήση. Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15232:2007, ορίζονται τέσσερις κατηγορίες διατάξεων αυτομάτου ελέγχου, Α, Β, Γ και Δ. Για να χαρακτηριστεί μια διάταξη αυτομάτου ελέγχου ότι ανήκει σε μια κατηγορία, θα πρέπει να πληροί (να διαθέτει) όλες τις επί μέρους διατάξεις αυτοματισμών που αναφέρονται στην αντίστοιχη ομάδα. Εάν δεν πληρούνται όλοι οι όροι (επί μέρους διατάξεις αυτοματισμών) μιας κατηγορίας, τότε θεωρείτε ότι η συνολική διάταξη αυτοματισμού του κτηρίου ή θερμικής ζώνης, ανήκει στην προηγούμενη κατηγορία. Στη δική μας περίπτωση το κτίριο ανήκει στην κατηγορία Δ άρα ο συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BEMS παίρνει την τιμή 1.24 για κτίριο εκπαίδευσης.

Ηλιακός συλλέκτης

Δηλώνει ότι υπάρχει συνεισφορά ενός ηλιακού συστήματος στη θέρμανση χώρων της ζώνης. Στο κτίριο του νηπιαγωγείου δεν υπάρχει τέτοιου είδους εγκατάσταση.

Βοηθητικά συστήματα και συντελεστής χρόνου

Στο τμήμα αυτό εισάγονται πληροφορίες σχετικά με την βοηθητική ενέργεια που καταναλώνεται από τα επιμέρους βοηθητικά συστήματα (π.χ. ανεμιστήρες, αντλίες) για την παραγωγή θερμότητας στην παρούσα ζώνη του κτιρίου.

Ειδική εγκατεστημένη ισχύς(p pump)

Είναι η ειδική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των βοηθητικών συστημάτων κυκλοφορίας ζεστού νερού και διανομής στους χώρους της ζώνης. Αυτή η ισχύς αφορά τις αντλίες, κυκλοφορητές, συστήματα ελέγχου, καυστήρες, ανεμιστήρες και οτιδήποτε άλλο χρησιμοποιείται για το σύστημα θέρμανσης. Στο κτίριο μας λαμβάνει την τιμή 0.

Συντελεστής βαρύτητας(f contr)

Είναι ο συντελεστής βαρύτητας λόγω ύπαρξης αυτοματισμών ρύθμισης λειτουργίας των αντλιών ανάλογα την διακύμανση του φορτίου θέρμανσης (π.χ. inverters, νυχτερινή ρύθμιση, ρυθμιστής πίεσης κτλ.). Σε περίπτωση εγκατάστασης κάποιας μονάδας ρύθμισης λειτουργίας ή ελέγχου η τιμή είναι μικρότερη από 1.0, αλλιώς είναι μονάδα. Στο εξεταζόμενο κτίριο λαμβάνεται το 1.

Μήνες

Ο λόγος του μέσου μηνιαίου χρόνου λειτουργίας των βοηθητικών συστημάτων του δικτύου διανομής θερμότητας. Η τιμή 1 αναφέρεται σε λειτουργία των βοηθητικών συστημάτων για 24 ώρες κάθε μέρα για τον εκάστοτε μήνα. Οι υπόλοιποι συντελεστές ανά μήνα προκύπτουν αναλογικά με το χρόνο λειτουργίας όπως επιβάλλεται από την κάθε εποχή.

Απόδοση συστήματος

Είναι η μέση απόδοση του κάθε συστήματος παραγωγής θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης. Αυτή η τιμή δείχνει την μέση ετήσια απόδοση του εκάστοτε, συστήματος συμπεριλαμβανομένου της απόδοσης συστήματος αποθήκευσης.

COP

Είναι ο μέσος συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας για όλη την περίοδο θέρμανσης που λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη και την επίδραση της απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης μακράς διάρκειας (θερμική αδράνεια δεξαμενής) αν υπάρχει. Λαμβάνει την τιμή 1.

Καύσιμο

Στην στήλη καυσίμου θα πρέπει να επιλεγεί το καύσιμο που χρησιμοποιείται από τη διαθέσιμη βιβλιοθήκη. Στο κτίριο του νηπιαγωγείου χρησιμοποιείται πετρέλαιο.

Μήνες

Είναι το μηνιαίο ποσοστό κάλυψης της απαιτούμενης θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση της ζώνης από το συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής θερμότητας.

Διανομή

Πρόκειται για το σύστημα που είναι εγκατεστημένο στο κτίριο και αναλαμβάνει να διανείμει την παραγόμενη θερμότητα στους επιμέρους χώρους.

Απόδοση

Η απόδοση διανομής εξαρτάται σημαντικά από τις απώλειες, ανακτώμενες ή μη. Στο EPA-NR στου υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη μόνο οι μη ανακτώμενες απώλειες: από σωλήνες σε μη θερμαινόμενους χώρο και απώλειες σωληνώσεων σε κλιματιζόμενους χώρους όταν δεν υπάρχει η ανάγκη κλιματισμού. Η διανομή στο κτίριο που μελετάται πραγματοποιείται με σωλήνες και η απόδοσή τους είναι 0.9.

13.11 Σύστημα ZNX.

Περιγραφή. Δίδεται το όνομα για το σύστημα ZNX. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήσαμε την ονομασία Κεντρικό Σύστημα.

Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω BMS

Είναι ο συντελεστής διόρθωσης κατανάλωσης καυσίμου λόγω της χρήσης Συστήματος Διαχείρισης Κτιρίων (Building Management Building-BMS). Συνήθως για το ζεστό νερό χρήσης ο συντελεστής αυτός είναι 1. Μια τιμή χαμηλότερη από 1 θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή.

Ηλιακός Συλλέκτης

Επιλέγεται το όνομα του θερμικού ηλιακού συλλέκτη που θα καλύψει τμήμα ή όλο το φορτίο για ZNX της ζώνης.

13.12 Σύστημα παραγωγής θερμότητας για ZNX

Στον πίνακα αυτό, εισάγονται πληροφορίες σχετικά με το σύστημα παραγωγής θερμικής ενέργειας για το ZNX της ζώνης του κτιρίου.

Απόδοση

Είναι η απόδοση του συστήματος παραγωγής θερμότητας για την εγκατάσταση ZNX. Αυτή η τιμή δείχνει τη μέση ετήσια απόδοση του εκάστοτε συστήματος συμπεριλαμβανομένου της απόδοσης συστήματος αποθήκευσης (αν υπάρχει).

Καύσιμο

Στην στήλη καυσίμου θα πρέπει να επιλεγεί το καύσιμο που χρησιμοποιείται από την διαθέσιμη βιβλιοθήκη ή το σύστημα ΣΗΘ που επιλέγεται.

Κόστος Επένδυσης [Euro]

Είναι το κόστος επένδυσης μιας επέμβασης εξοικονόμησης ενέργειας που σχετίζεται με το σύστημα παραγωγής θερμότητας του συστήματος ZNX.

Μήνες

Εδώ εισάγονται τιμές για τον λόγο του χρόνου λειτουργίας του συστήματος ZNX για κάθε μήνα του χρόνου. Αυτή η τιμή δεικνύει το ποσοστό συμμετοχής του εκάστοτε συστήματος ZNX στην συνολική θερμική για ζεστό νερό χρήσης της ζώνης του κτιρίου. Το άθροισμα όλων των κλασμάτων για κάθε μήνα για ένα χρόνο πρέπει να είναι 1.

13.13 Διανομή

Στον πίνακα αυτό εισάγονται δεδομένα σχετικά με τις απώλειες διανομής θερμότητας του παρόντος συστήματος ZNX της ζώνης. Οι απώλειες διανομής δίνονται σχηματικά στο ακόλουθο σχήμα.

Απόδοση

Η απόδοση αφορά τις μέσες ετήσιες απώλειες του συστήματος διανομής οι οποίες δεν ανακτώνται μέσα στην ζώνη. Συνήθως για το ζεστό νερό χρήσης ο συντελεστής αυτός είναι 1.

Κόστος Επένδυσης [Euro]

Είναι το κόστος επένδυσης μιας επέμβασης εξοικονόμησης ενέργειας που σχετίζεται με το σύστημα διανομής θερμότητας του συστήματος ZNX.

13.14 Εκπομπή

Στον πίνακα αυτό εισάγονται δεδομένα σχετικά με την εκπομπή θερμότητας μέσω του παρόντος συστήματος παραγωγής θερμότητας για το ZNX της ζώνης.

Απόδοση

Είναι το ποσοστό απωλειών λόγω εκπομπής θερμότητας από το σύστημα αποθήκευσης του ZNX, το οποίο καλύπτει την ζώνη του κτιρίου. Η πρωτογενής ενέργειας και οι εκλύσεις CO₂ θα υπολογίζονται βάσει των εθνικών συντελεστών.

Κόστος Επένδυσης [Euro]

Είναι το κόστος επένδυσης μιας επέμβασης εξοικονόμησης ενέργειας που σχετίζεται με το σύστημα αποθήκευσης του ZNX.

14 Ενεργειακή Ανάλυση και Αναβάθμιση Κτιρίου Νηπιαγωγείου

14.1 Καθορισμός Θερμικών Ζωνών Νηπιαγωγείου

Το κτίριο χωρίζεται σε 6 θερμικές ζώνες όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα:

Ζώνη 1-Γραφείο

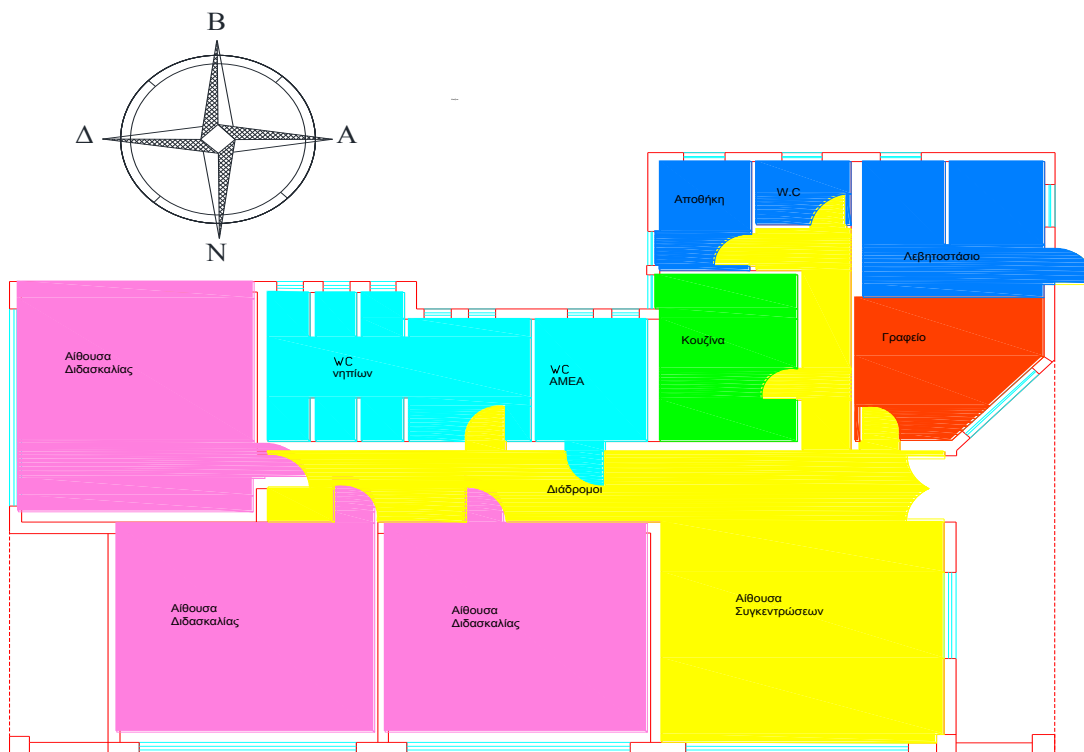
Ζώνη 2-Αίθουσα συγκεντρώσεων –Διάδρομοι

Ζώνη 3-Αίθουσες Διδασκαλίας

Ζώνη 4-WC

Ζώνη 5-Κουζίνα

Ζώνη 6-Αποθήκη-Λεβητοστάσιο-WC καθηγητών



Εικόνα 27:Θερμικές ζώνες νηπιαγωγείου

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του ενεργειακού προφίλ κάθε ζώνης.

Αριθμός ζώνης	Z1 Γραφείο	Z2 Αιθ.Συγκεντρ ώσεων	Z3 Αιθ.Διδασ καλίας	Z4 WC	Z5 Κουζίνα	Z6 Αποθήκη- Λεβητοστάσιο
Απαιτήσεις παροχής αέρα (m ³ /h/άτομο)	9	18	18	18	18	18
Μέση πυκνότητα κατοίκησης (m ² /άτομο)	10	2	2	6	2	6
Ροή θερμότητας ανά άτομο (W/άτομο)	80	70	70	23	70	23
Ροή θερμότητας από συσκευές (W m ² /)	15	5	5	-	5	-
Ροή θερμότητας από φωτισμό (W/ m ²)	5	5	5	5	5	5
Θερμοκρασία θέρμανσης (oC)	20	20	20	22	19	20
Θερμοκρασία ψύξης (oC)	26	26	26	26	25	26

Για τη μελέτη μας έχουμε θεωρήσει ότι τα εσωτερικά φορτία, ο αερισμός, η θέρμανση και η ψύξη εφαρμόζονται μόνο κατά την περίοδο λειτουργίας του κτιρίου με το ωράριο 8:00-14:00 από Δευτέρα έως Παρασκευή, εξαιρώντας την περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου, Χριστουγέννων και Πάσχα. Επιπλέον για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση θεωρήσαμε λέβητα πετρελαίου απόδοσης της τάξης του 90% ενώ το σχολείο δεν διαθέτει κάποιο μηχανικό σύστημα δροσισμού,κλιματισμού .

Ζώνη 1

Ζώνη			
18	Ζώνη 1-Γραφείο	20	Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C
260	Ολική επιφάνεια ζώνης, m ²	26	Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C
9	Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m ² K	<input type="checkbox"/> Συνολικές απώλειες απο κτηριακό κέλυφος και αερισμό, W/m ² K	
Φωτισμός			
137	Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W	<input type="checkbox"/> Φωτισμός ασφαλείας	
1800	Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h	<input type="checkbox"/> Σύστημα εφεδρείας	
200	Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h		
1	Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -		
1	Συντελεστής επίδρασης χρηστών, -	0	Κόστος επένδυσης,
1	Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -		
Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου			
40	Χρήστες, W/m ²	0,16	Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -
4,5	Συσκευές, W/m ²	0,43	Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -
Κυκλοφορία αέρα			
0,02	Διείσδυση αέρα, m ³ /s		
0,07	Φυσικός αερισμός, m ³ /s	0,16	Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -
Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)			
0	Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m ³ /m ² /year		
0	Θερμοκρασία δεξαμενής, °C	0	Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη διαφανείς επιφάνειες

	Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολι	Κλίση, d	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επέν
	Part (1)	32,7										
+1	B	0	0	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
2	N	0	180	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
3	A	14,7	90	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
4	Δ	0	270	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
5	0,050000	18	0	0	0,5	0,9	0,05	0,92	1	0	0	0

Διαφανείς επιφάνειες

	Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια,	Προσανατολι	Κλίση,	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επέν
	Part (1)	3												
1	B	0	0	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
2	N	0	180	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
3	A	3	90	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
+4	Δ	0	270	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	

Δάπεδο

	Δάπεδο	Επιφάνεια, m ²	U, W/m ² K	B _{g_h} , -	B _{g_c} , -	Κόστος επένδυσης, Ευρώ
	Part (1)	18				
+1	Δάπεδο	18	3,1	1	0,4	

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο πεδίο «Δάπεδο» του προγράμματος EPA-NR είναι ίδια για όλες τις ζώνες του κτιρίου γι αυτό και δεν θα γίνει αναφορά αυτού του πεδίου στην περιγραφή των άλλων ζωνών.

Σύστημα Θέρμανσης

Σύστημα θέρμανσης
boiler

Ηλιακός συλλέκτης
 Εφαρμογή

Επισήμανση
Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου
Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικαού
Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

1 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Βοηθητική ενέργεια και συν	p_rump, W/h	f_contr, -	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0 Βοηθητική ενέργεια θέρμαν	0,27	1	0,21	0,21	0,15	0,04	0	0	0	0	0	0,04	0,11	0,21

Απόδοση συστήματος	Απόδοση	COP, -	Καύσιμα	Κόστος επτ	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
+0 λέβητας πετρελαίου	0,9	1	Fuel oil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
1																
2																
3																

Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σωλήνες	0,8	0

Εκπομπή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σώματα-καλοριφέρ	0,9	0

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στο πεδίο «Σύστημα Θέρμανσης» του προγράμματος EPA-NR είναι ίδια για όλες τις ζώνες του κτιρίου γι αυτό και δεν θα γίνει αναφορά αυτού του πεδίου στην περιγραφή των άλλων ζωνών.

Ζώνη 2

Ζώνη

Ζώνη 2-Αίθουσα Συγκεντρώσεως-Διάδρ Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

Ολική επιφάνεια ζώνης, m² Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

Συνολικές απώλειες απο κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - Κόστος επένδυσης,

Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

Χρήστες, W/m² Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

Συσκευές, W/m² Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

Δείσδυση αέρα, m³/s

Φυσικός αερισμός, m³/s Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

Θερμοκρασία δεξαμενής, °C Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη διαφανείς επιφάνειες

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολ	Κλίση, d	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	48,9										
1 B	0	0	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
2 N	13,1	180	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
3 A	17,8	90	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
4 Δ	0	270	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
+5 O	18	0	0	0,5	0,9	0,050000	0,92	0	0	0	

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολ	Κλίση, d	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	9												
+1 B	0	0	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	0
2 N	6	180	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	0
3 A	3	90	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	0
4 Δ	0	270	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	0

Ζώνη 3

Ζώνη

Ζώνη 3-Αίθουσες διδασκαλίας 20 Μέση εσωτερική θεροκρασία θέρμανσης, °C

106 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² 26 Μέση εσωτερική θεροκρασία ψύξης, °C

260 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9 Συνολικές απώλειες απο κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

582 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1800 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

200 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - 0 Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

40 Χρήστες, W/m² 0,16 Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

0,75 Συσκευές, W/m² 0,18 Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0,08 Διείσδυση αέρα, m³/s

0,4 Φυσικός αερισμός, m³/s 0,16 Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

0 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

0 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C 0 Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη διαφανείς επιφάνειες

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολ	Κλίση, d	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	186,1										
1 B	21,4	0	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
2 N	30	180	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
3 A	0	90	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
+4 Δ	28,7	270	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
5 O	106	0	0	0,5	0,65	0,05	0,92	0	0	0	0

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατο	Κλίση, d	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	26												
1 B	0	0	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
2 N	13	180	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
3 A	0	90	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
+4 Δ	13	270	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	

Ζώνη 4

Ζώνη

Ζώνη 4-WC Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

35 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

260 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9 Συνολικές απώλειες απο κτηριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

126 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1800 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

200 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

9 Χρήστες, W/m² Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

0,5 Συσκευές, W/m² Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0,01 Διείσδυση αέρα, m³/s

0,14 Φυσικός αερισμός, m³/s Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

1,46 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

60 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη Διαφανείς επιφάνειες

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολι	Κλίση, φ	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	64,25										
1 B	26,8	0	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
2 N	0	180	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
3 A	2,45	90	90	0,7	0,65	0,05	0	1	1	1	0
4 Δ	0	270	90	0,7	0,65	0,05	0,92	1	1	1	0
+5 O	35	0	0	0,5	0,9	0,05	0,92	0	0	0	0
6											

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια,	Προσανατο.	Κλίση,	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επ
Part (1)	2,52												
1 B	2,52	0	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	
2 N	0	180	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	
3 A	0	90	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	
+4 Δ	0	270	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Κεντρικό Σύστημα Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Ηλεκτικός συλλέκτης Εφαρμογή

Επισήμανση
 Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου
 Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικού
 Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

	Απόδοση συστήματος και ποσοστό κάλ	Απόδοση, -	Καύσιμα	Κόστος επένδ.	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νο
+0	Κεντρικό Σύστημα	0,98	Fuel oil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
1															
2															
3															

	Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0	Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

	Εκπομπή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0	Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

Ζώνη 5

Ζώνη

Ζώνη 5-Κουζίνα Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

0 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

260 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9 Συνολικές απώλειες απο κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

168 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός αφαλείας

1800 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

200 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

13,2 Χρήστες, W/m² Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

60 Συσκευές, W/m² Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0,01 Διεσίδυση αέρα, m³/s

0,09 Φυσικός αερισμός, m³/s Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ΖΝΧ)

0,37 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

60 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη διαφανείς επιφάνειες

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολι	Κλίση, d	U, W/m²K	Alpha, -	R _{se} , m²K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	25,16										
1 Β	0	0	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
2 Ν	0	180	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
3 Α	0	90	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
4 Δ	2,16	270	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
+5 Ο	23	0	0	0,5	0,65	0,050000	0,92	0	0	0	
6											

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολι	Κλίση, d	U, W/m²K	U _s , W/m²K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επ
Part (1)	0,64												
1 Β	0	0	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
2 Ν	0	180	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
3 Α	0	90	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
+4 Δ	0,64	270	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Κεντρικό Σύστημα

1 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Ηλιακός συλλέκτης

Εφαρμογή

Επισήμανση

Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου

Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικού

Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

	Απόδοση συστήματος και ποσοστό κάλ	Απόδοση, -	Καύσιμα	Κόστος επένδ	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νο
+0	Κεντρικό Σύστημα	0,98	Fuel oil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
1															
2															
3															

Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

Εκπομπή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

Ζώνη 6

Ζώνη

Ζώνη 6-Λεβητοστάσιο, αποθήκη 20 Μέση εσωτερική θερμοκρασία θέρμανσης, °C

21 Ολική επιφάνεια ζώνης, m² 26 Μέση εσωτερική θερμοκρασία ψύξης, °C

260 Ειδική θερμοχωρητικότητα, kJ/m² K

9 Συνολικές απώλειες απο κτιριακό κέλυφος και αερισμό, W/m² K

Φωτισμός

56,7 Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, W Φωτισμός ασφαλείας

1800 Χρόνος χρήσης φυσικού φωτισμού, h Σύστημα εφεδρείας

200 Χρόνος μη χρήσης φυσικού φωτισμού, h

1 Συντελεστής επίδρασης του φυσικού φωτισμού, -

1 Συντελεστής επίδρασης χρηστών, - 0 Κόστος επένδυσης,

1 Θερμότητα φωτισμού που παραμένει στη ζώνη, -

Εσωτερικά κέρδη / Συντελεστής χρόνου

4 Χρήστες, W/m² 0,16 Συντελεστής παρουσίας χρηστών, -

0,2 Συσκευές, W/m² 1 Συντελεστής συσκευών σε λειτουργία, -

Κυκλοφορία αέρα

0,01 Διείσδυση αέρα, m³/s

0,08 Φυσικός αερισμός, m³/s 0,16 Συντελεστής χρήσης φυσικού αερισμού, -

Ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

60 Μέση κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης, m³/m²/year

18,1 Θερμοκρασία δεξαμενής, °C 21 Θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

Μη διαφανείς επιφάνειες

Μη διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια, m	Προσανατολι	Κλίση, d	U, W/m ² K	Alpha, -	R _{se} , m ² K/W	Συντελεστής	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επένδ
Part (1)	71,17										
1 B	31,5	0	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
2 N	0	180	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
3 A	8,71	90	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	
4 Δ	9,96	270	90	0,7	0,65	0,050000	0,92	1	1	1	

Διαφανείς επιφάνειες

Διαφανείς επιφάνειες	Επιφάνεια,	Προσανατο	Κλίση,	U, W/m ² K	U _s , W/m ² K	G _g , -	G _{g_s} , -	F _s , -	F _{with} , -	F _h , -	F _o , -	F _f , -	Κόστος επτ ▲
Part (1)	4,56												
1 B	0,72	0	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	
2 N	0	180	90	3,3	3,3	0,85	0,85	0	1	1	1	0	
3 A	3,3	90	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	
+4 Δ	0,54	270	90	3,3	3,3	0,85	0,425	1	1	1	1	0,5	

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Σύστημα ζεστού νερού χρήσης

Κεντρικό Σύστημα

1 Συντελεστής κατανάλωσης καυσίμου λόγω συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BMS), -

Ηλιακός συλλέκτης

Εφαρμογή

Επισήμανση

Ctrl+Click για επιλογή καυσίμου

Μεταφορά συστήματος σε άλλη ζώνη με μετακίνηση του ποντικιού

Ctrl+μετακίνηση για χρήση και σε άλλη ζώνη

	Απόδοση συστήματος και ποσοστό κάλ	Απόδοση, -	Καύσιμα	Κόστος επτέ	Jan	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νο
+0	Κεντρικό Σύστημα	0,98	Fuel oil	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
1															
2															
3															

Διανομή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

Εκπομπή	Απόδοση, -	Κόστος επένδυσης, Euro
+0 Σύστημα Παραγωγής Θερμότητας για ΖΝΧ	1	

14.2 Επιλογή Σεναρίων για Βελτίωση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς Του Κτιρίου του Νηπιαγωγείου.

Η ενεργειακή συμπεριφορά και απόδοση του κτιρίου που στεγάζεται το Νηπιαγωγείο στην Άρτα προσδιορίζεται από διάφορες μεθόδους επεμβάσεων στο κτιριακό κέλυφος. Η επιλογή των κατάλληλων υλικών για τα αδιαφανή στοιχεία καθώς και για τα συστήματα υαλοστασίων αποτελεί το σημαντικότερο παράγοντα εξασφάλισης μειωμένων ενεργειακών καταναλώσεων. Στην ενεργειακή ανάλυση που πραγματοποιήθηκε για την αναβάθμιση του κτιρίου του Νηπιαγωγείου στην Άρτα, μελετήθηκε η απόδοση των επεμβάσεων στο κέλυφος των κτιρίων, κυρίως με μεθόδους θερμοπροστασίας, φυσικού φωτισμού καθώς και μεθόδους φυσικού αερισμού, σε σχέση πάντοτε με τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και σε συνδυασμό με τη θέση του κτιρίου.

Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι οι παρακάτω:

- η προστασία του κελύφους, τόσο όσον αφορά το δώμα, τους τοίχους όσο και τα ανοίγματα
- ο σκιασμός των ανοιγμάτων
- η εφαρμογή φυσικού αερισμού του κτιρίου
- χρήση αυτοματισμών στο φωτισμό

Πιο συγκεκριμένα, εξετάστηκαν τα εξής σενάρια :

- Σενάριο 0: Κτιριακό κέλυφος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κανονισμού Θερμομόνωσης και με προσανατολισμό κτιρίου κατά μήκος άξονα Βορρά-Νότου
- Σενάριο 0: Κτιριακό κέλυφος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κανονισμού Θερμομόνωσης και με προσανατολισμό κτιρίου κατά μήκος άξονα Δύση-Ανατολή
- Σενάριο 1:Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση
- Σενάριο 2:Αντικατάσταση υπάρχουσών υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμψιμότητας (low-e)
- Σενάριο 3:Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση και αντικατάσταση υαλοστασίων
- Σενάριο 4: Όπως στο σενάριο 3 σε συνδυασμό με σκίαση των νότιων-ανατολικών-δυτικών ανοιγμάτων και χρήση αυτοματισμών στο φωτισμό
- Σενάριο 5:Όπως στο σενάριο 4 με εφαρμογή νυχτερινού αερισμού m²

14.2.1 Σενάριο 0: Κτιριακό κέλυφος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κανονισμού Θερμομόνωσης

Εάν το κτίριο, με την προτεινόμενη γεωμετρία του, κατασκευαστεί με τα πάχη θερμομόνωσης που προκύπτουν από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων που ίσχυε από το 1979-2010 και με προσανατολισμό με την μεγάλη του πλευρά κάθετη προς τον άξονα Βορρά-Νότου και με τα χαρακτηριστικά που δίνονται στην παράγραφο 14.1, η ζήτηση σε θέρμανση είναι **36.1 kWh/m²** ετησίως και για ψύξη **0,91kWh/m²** ετησίως. Έχοντας θεωρήσει απόδοση συστήματος θέρμανσης 0,80 (80%) καθώς και κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό **5.37 kWh/m²** η συνολική

κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **42.38kWh/m²** ετησίως.

Εάν το κτίριο, με την προτεινόμενη γεωμετρία του, κατασκευαστεί με τα πάχη θερμομόνωσης που προκύπτουν από τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων που ίσχυε από το 1979-2010 ,με προσανατολισμό με την μεγάλη του πλευρά κάθετη προς τον άξονα Δύσης-Ανατολής και με τα χαρακτηριστικά που δίνονται στην παράγραφο 14.1, η ζήτηση σε θέρμανση είναι **35.5 kWh/m²** ετησίως και για ψύξη **1.89 kWh/m²** ετησίως .Έχοντας θεωρήσει απόδοση συστήματος θέρμανσης 0,80 (80%) καθώς και κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό **5.37 kWh/m²** η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **42.76kWh/m²** ετησίως. Παρατηρούμε λοιπόν ότι η αλλαγή προσανατολισμού του κτιρίου επιφέρει αύξηση του φορτίου ψύξης της τάξης του **0.5%**. Η αύξηση του φορτίου ψύξης ήταν αναμενόμενη αφού έχουμε αύξηση των διαφανών στοιχείων του κελύφους στη δύση και στην ανατολή με αποτέλεσμα την αύξηση των θερμικών κερδών το καλοκαίρι. Γενικά λοιπόν είναι επιθυμητός ο προσανατολισμός του διαμήκη άξονα του κτιρίου στον άξονα ανατολής-δύσης, ώστε να μπορούμε να έχουμε τα κύρια ανοίγματα των όψεων στο νότο και το βορρά και να αποφεύγουμε τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα, όπου είναι πιο δύσκολο να χειριστούμε την είσοδο του ηλιακού φωτός στο εσωτερικό των χώρων με αποτέλεσμα να προκαλούνται φαινόμενα θάμβωσης στο εσωτερικό των αιθουσών. Κατά συνέπεια θα επιλέξουμε ως σενάριο 0,δηλαδή ως σενάριο βασικού σχεδιασμού, το σενάριο που προβλέπει τοποθέτηση του νηπιαγωγείου στο οικόπεδο με την μεγαλύτερη του πλευρά κάθετη προς τον άξονα Βορρά-Νότου , το οποίο μας δίνει μικρότερο φορτίο ψύξης ενώ η διαφορά τιμής στο φορτίο θέρμανσης είναι αμελητέα, και με αυτό θα συγκρίνουμε τα υπόλοιπα σενάρια.

14.2.2 Σενάριο 1: Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση

Ενισχύοντας τη θερμομόνωση στην εξωτερική τοιχοποιία από **5cm σε 8cm** ο συντελεστής θερμοπερατότητας από **0.7 W/ m²K** μειώνεται σε **0.476 W/ m² K** . Αντίστοιχα ενισχύοντας τη θερμομόνωση στην πλάκα προς τη στέγη από **8 cm σε 12cm** με μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας από **0.5 W/ m²K σε 0.357 W/ m²K** καθώς και τη θερμομόνωση της πλάκας επί του εδάφους από **1cm σε 2cm** με μείωση του συντελεστή θερμοπερατότητας από **1.9 W/ m²K σε 1.331 W/ m²K** ενώ παράλληλα θερμομονώνονται τα υποστυλώματα και οι δοκοί για την αποφυγή εμφάνισης θερμογεφυρών επιτυγχάνεται συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη της τάξης του **6,98%**. Με αυτή την επέμβαση η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση κατέρχεται στις **32,65kWh/ m²** ετησίως, ενώ για ψύξη αυξάνει στις **1,78kWh/ m²** ετησίως, λόγω του γεγονότος ότι χάρη στην μεγαλύτερη θερμομόνωση τα εσωτερικά και ηλιακά κέρδη εγκλωβίζονται στο εσωτερικό του κτιρίου. Λαμβάνοντας τους ίδιους συντελεστές απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης με το Σενάριο 0, καθώς και την ίδια κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **39.8kWh/ m²** ετησίως, με εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής της τάξης του **6,08 %**.

14.2.3 Σενάριο 2: Αντικατάσταση υπαρχουσών υαλοστασίων με διπλά υαλοστάσια χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e)

Καθώς τα ανοίγματα κατέχουν μεγάλο ποσοστό στις όψεις του κτιρίου, είναι σημαντικό να εξετασθεί η βελτιστοποίηση της θερμοπερατότητας και αυτής της συνιστώσας του κτιριακού κελύφους, με μείωση της θερμικής διαπερατότητας των ανοιγμάτων από **3.3 W /m²K σε 1,8 W/ m²K**. Με αυτή την επέμβαση η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση κατέρχεται στις **33.98kWh/ m²** ετησίως, ενώ για ψύξη στις **1.71kWh/ m²** ετησίως .Η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του **3.56%**, σε σχέση με το Σενάριο 0. Παρατηρείται ότι όσο βελτιώνεται η θερμική διαπερατότητα των ανοιγμάτων, μειώνεται και το φορτίο ψύξης το οποίο από **1.78kWh/ m²** στο Σενάριο 1 έπεσε στο **1.71kWh/ m²** .Λαμβάνοντας τους ίδιους συντελεστές απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με το Σενάριο 0, καθώς και την ίδια κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **41.06kWh/m²** ετησίως, με

εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής της τάξης του **3.11%**.

14.2.4 Σενάριο3: Κτίριο με ενισχυμένη θερμομόνωση και αντικατάσταση υαλοστασίων

Το Σενάριο 3 αποτελεί ένα συνδυασμό των Σεναρίων 1,2 . Με αυτές τις επεμβάσεις η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση κατέρχεται στις **27.3kWh/ m²** ετησίως, ενώ για ψύξη στις **1.63kWh/ m²**ετησίως .Κατά συνέπεια η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του **20.75%**, σε σχέση με το Σενάριο 0.Λαμβάνοντας τους ίδιους συντελεστές απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με το Σενάριο 0, καθώς και την ίδια κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **34.7kWh/ m²** ετησίως, με εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής της τάξης του **18.12%**.

14.2.5 Σενάριο 4:Ότι προβλέπει το Σενάριο 3 σε συνδυασμό με σκίαση των νότιων-ανατολικών-δυτικών ανοιγμάτων και χρήση αυτοματισμών στο φωτισμό

Όλα τα ανοίγματα του Νηπιαγωγείου δεν ηλιοπροστατεύονται για τη θερινή περίοδο, από την στέγη που προεξέχει μόνο 30cm σε όλες τις όψεις. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν, η προεξοχή 30cm από τη στέγη είναι ικανή να προσφέρει μόνο 18% σκίαση στα ανοίγματα με ανατολικό και 12% στα ανοίγματα με δυτικό προσανατολισμό. Κατά τη χειμερινή περίοδο, πάντως, η προεξοχή της στέγης δεν προκαλεί κανένα πρόβλημα σκίασης Θεωρώντας το κέλυφος του Σεναρίου 3 και προσθέτοντας εξωτερικά οριζόντια σκίαστρα στα νότια ανοίγματα ικανά να μειώνουν το φορτίο ψύξης, μην επιτρέποντας στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο κατά τη θερινή περίοδο, αλλά επιτρέποντας τη διέλευσή της κατά τη χειμερινή περίοδο. Επίσης προβλέπεται η τοποθέτηση κινητών κατακόρυφων πετασμάτων όπως βενετικά στόρια τόσο στη δυτική όσο και στην ανατολική πλευρά του κτιρίου ικανά να προσφέρουν την παραπάνω λειτουργία. Επιπλέον μέσω της χρήσης αυτοματισμών στο φωτισμό έχουμε μια μείωση της ενέργειας για φωτισμό από **5.37 kWh/ m²** που έχουμε στα προηγούμενα σενάρια σε **4.82 kWh/ m²**ετησίως. Με αυτή την επέμβαση η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση κατέρχεται στις **27.3 kWh/ m²** ετησίως ,όση και για το Σενάριο 3, ενώ για ψύξη μειώνεται στις **0,81kWh/**

m²ετησίως. Με το Σενάριο 4, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του **24.04%**, σε σχέση με το Σενάριο 0. Λαμβάνοντας τους ίδιους συντελεστές απόδοσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης με το Σενάριο 0, αλλά με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό από **5.37 kWh/ m²σε 4.82 kWh/ m²**όπως υπολογίστηκε από το πρόγραμμα θα έχουμε συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **32.93kWh/ m²** ετησίως, με εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής της τάξης του **22.3%**.

14.2.6 Σενάριο 5: Ότι προβλέπει το Σενάριο 4 σε συνδυασμό με εφαρμογή νυχτερινού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες

Ένα κτίριο με χώρους διδασκαλίας, γραφείων, υποδοχής κοινού και με παρασκευαστήριο τροφίμων ενσωματωμένο στον όγκο του κτιρίου χαρακτηρίζεται από αυξημένες ανάγκες ενέργειας για ψύξη λόγω υψηλών εσωτερικών κερδών από το σύστημα φωτισμού, τους ανθρώπους και τις συσκευές.

Ο αερισμός ως φυσική διαδικασία αποτελεί βασική τεχνική φυσικού δροσισμού των κτιρίων και βασικό παράγοντα για τη βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς και απόδοσης κτιρίων και εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης μέσα σε αυτά. Βασίζεται στην αξιοποίηση της φυσικής ροής (κυκλοφορίας) του αέρα με διαμπερή ή κατακόρυφο (μέσω οριζόντιων ή κατακόρυφων ανοιγμάτων) αερισμό των εσωτερικών χώρων, τόσο κατά τη διάρκεια της νύκτας όσο και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον, ο αερισμός του κτιρίου εξασφαλίζει υγιεινή διαβίωση στο εσωτερικό του και την αποφυγή του “συνδρόμου” των άρρωστων κτιρίων.

Στην προτεινόμενη περίπτωση, χάρη στον προσανατολισμό του κτιρίου, τη γεωμετρία των ανοιγμάτων του και τη σκίαση που προβλέφθηκε στο Σενάριο 4, μπορεί να μειωθεί δραστικά η ζήτηση σε ψύξη του κτιρίου, ώστε να μη χρειάζεται εγκατάσταση κλιματισμού, σε περίπτωση που εφαρμόζεται νυχτερινός αερισμός κατά τη θερινή περίοδο. Εκμεταλλευόμενοι τους βορειοανατολικούς ανέμους της περιοχής και αφήνοντας τους φεγγίτες ανοιχτούς κατά την διάρκεια της νύκτας στα υπάρχοντα βόρεια και νότια ανοίγματα, οι οποίοι καταλαμβάνουν το 1/3 της επιφάνειας του ανοίγματος και ανοίγουν με ανάκληση, μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητικός διαμπερής αερισμός στις αίθουσες και τους διαδρόμους, υπό την προϋπόθεση ότι οι εσωτερικές πόρτες των αιθουσών μένουν ανοιχτές κατά τη διάρκεια της νύκτας, προκειμένου να μπορούν οι δροσερές νυχτερινές αύρες να κυκλοφορούν στο εσωτερικό του κτιρίου.

Ο νυχτερινός αερισμός που θεωρήθηκε κατά τη διάρκεια της περιόδου ψύξης είναι με 8 εναλλαγές αέρα την ώρα (ach), (όσο προκύπτει από τη γεωμετρία των ανοιγμάτων και την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή τη θερινή περίοδο) από τις 20:00 μέχρι τις 8:00 καθημερινώς.

Τα παραπάνω, συνεπάγονται σημαντικά οφέλη, λόγω :

- αποφόρτισης του κτιρίου με εξαγωγή του θερμού αέρα μέσω των ανοιγμάτων.

Επιπρόσθετα, η δενδροφύτευση στον περιβάλλοντα χώρο συντελεί στον δροσισμό του εισαγόμενου εξωτερικού αέρα μέσα στο κτίριο λόγω σκίασης της περιφέρειας την ημέρα και εξατμισοδιαπνοή.

- εξασφάλισης διαμπερούς εισαγωγής του δροσερού νυχτερινού αέρα το καλοκαίρι μέσω των φεγγιτών, με αποτέλεσμα τις πρωινές ώρες λειτουργίας το κτίριο να είναι δροσερό. (Αποθήκευση 'δροσιάς' στην θερμική μάζα του κτιρίου τη νύχτα και αποφόρτιση κατά τη διάρκεια της ημέρας).

Έτσι, με το σενάριο 5, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη που επιτυγχάνεται είναι της τάξης του **25.2%**, σε σχέση με το Σενάριο 0. Με αυτή την επέμβαση η ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση είναι **27.3kWh/ m²** ετησίως (όση και για το σενάριο 3, ενώ για ψύξη μειώνεται στις **0,38kWh/ m²**ετησίως, γεγονός που σημαίνει ότι δε χρειάζεται τοποθέτηση συστήματος κλιματισμού.

Λαμβάνοντας τους ίδιους συντελεστές απόδοσης του συστήματος θέρμανσης με το Σενάριο 0, θεωρώντας την ίδια κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό με το Σενάριο 4, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου ανέρχεται στις **32.5 kWh/ m²**ετησίως, με εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής της τάξης του **23.31%**.

14.2.7 Σύγκριση Σεναρίων

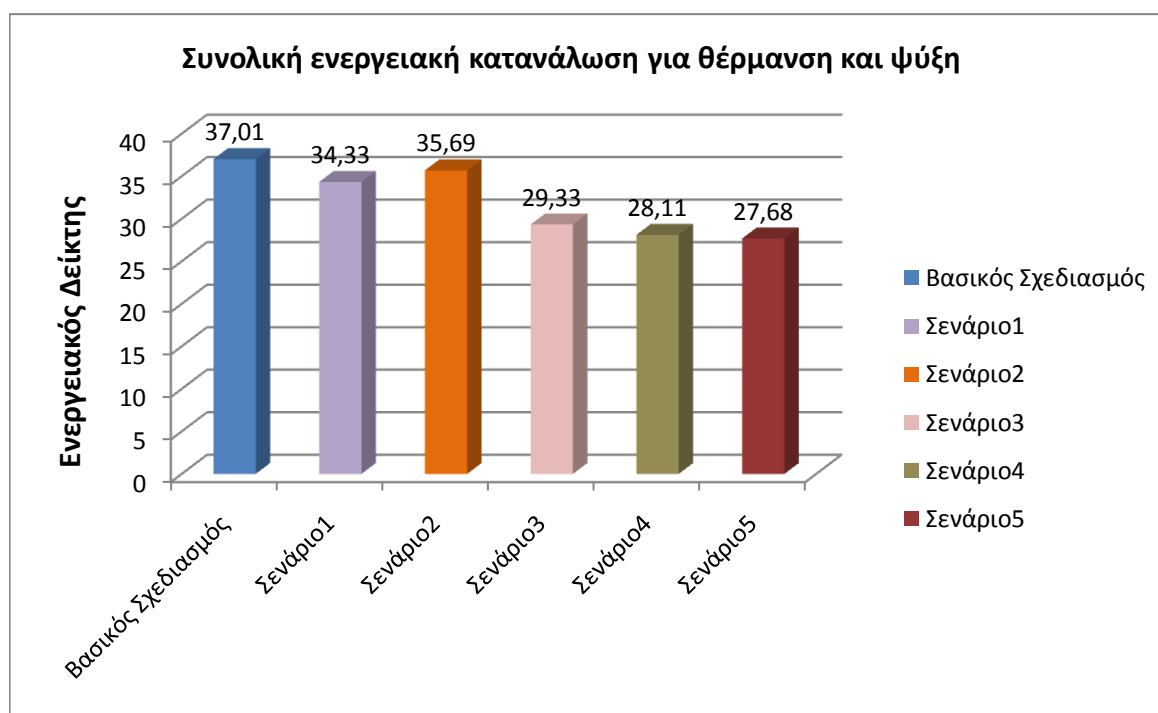
Παρατηρείται ότι με τις προτεινόμενες επεμβάσεις στο κέλυφος, δηλαδή τη βελτιστοποίηση της θερμομόνωσης των εξωτερικών κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων, την ελαχιστοποίηση των θερμογεφυρών από τα φέροντα στοιχεία και την αλλαγή κουφωμάτων και υαλοστασίων μπορεί να επιτευχθεί ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας της τάξης του **20.75%** για τη ζήτηση για θέρμανση και ψύξη και έως **18.12%** για τη συνολική κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό. Η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων, ικανών να ηλιοπροστατεύουν τη θερινή περίοδο, αλλά να επιτρέπουν τη διείσδυση του ήλιου στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη

χειμερινή περίοδο, όπως αναπτύχθηκε στην παράγραφο 14.2.5 (Σενάριο 4), είναι ικανά να αυξήσουν το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στο **24.04%** για τη ζήτηση για θέρμανση και ψύξη και την εξοικονόμηση ενέργειας για τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου κατά **22.3 %**. Ο νυχτερινός αερισμός(Σενάριο 5) μειώνει τη ζήτηση σε θέρμανση και ψύξη κατά **25.2 %** και τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου κατά **23.31 %**, αρκεί να εφαρμοσθούν οι αρχές που περιγράφηκαν στην παράγραφο 14.2.6. Συνολικά, η ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη ανά μήνα και συνολικά για το έτος, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, καθώς και η εξοικονόμηση ενέργειας επί της ζήτησης κι επί της κατανάλωσης του κτιρίου δίνονται για κάθε σενάριο που εξετάστηκε στον πίνακα που ακολουθεί.

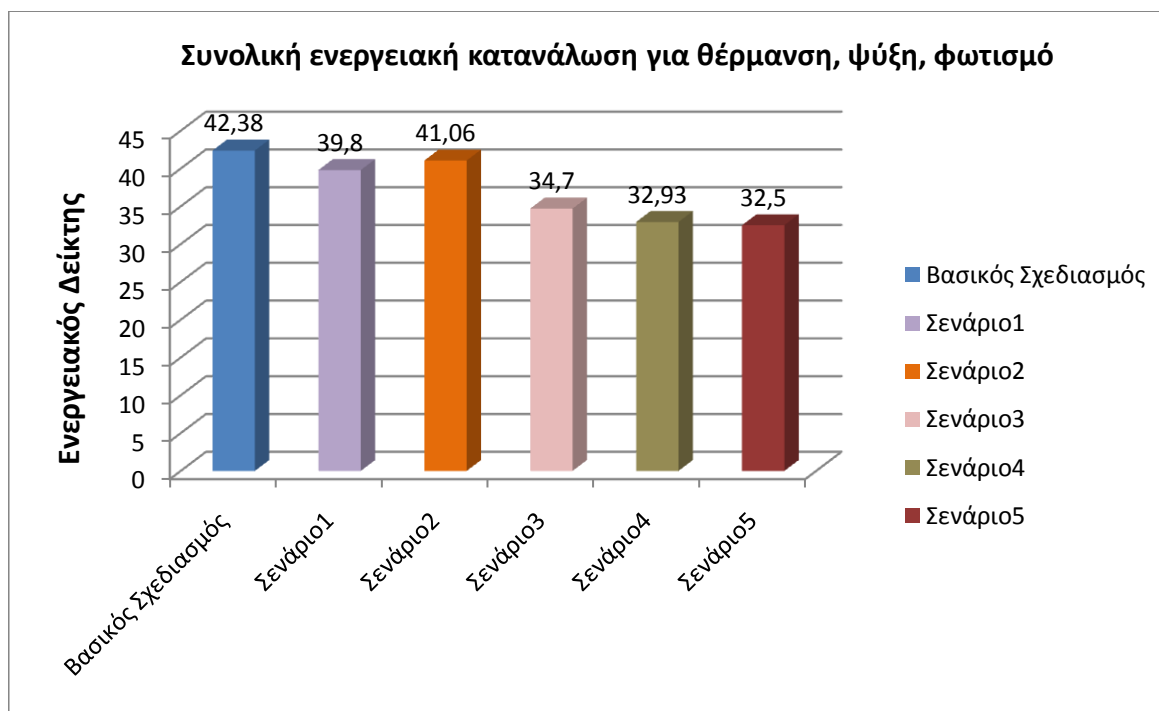
Πίνακας 18: Ζήτηση, κατανάλωση και εξοικονόμηση ενέργειας για τα εξεταζόμενα σενάρια

Περίοδος	Βασικός Σχεδιασμός	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
Ιαν	8.49	8.35	8.09	7.5	7.3	7.5
Φεβ	7.56	7.45	6.75	6.43	6.20	6.20
Μαρ	5.31	4.62	4.41	4.01	3.93	3.93
Απρ	1.78	1.27	1.18	0.98	0.7	0.7
Μαϊ	0.17	0.12	0.17	0.15	0.05	0.03
Ιουν	0.58	1.20	1.29	1.1	0.46	0.13
Ιουλ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Αυγ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπ	0.33	0.63	0.69	0.6	0.32	0.16
Οκτ	1.9	1.50	1.4	1.18	1.19	1.19
Νοε	5.14	4.82	4.7	4.12	4.15	4.15
Δεκ	5.75	5.53	5.43	4.93	4.68	4.68
Συνολική ενεργειακή Κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη	37.01	34.43	35.69	29.33	28.11	27.68

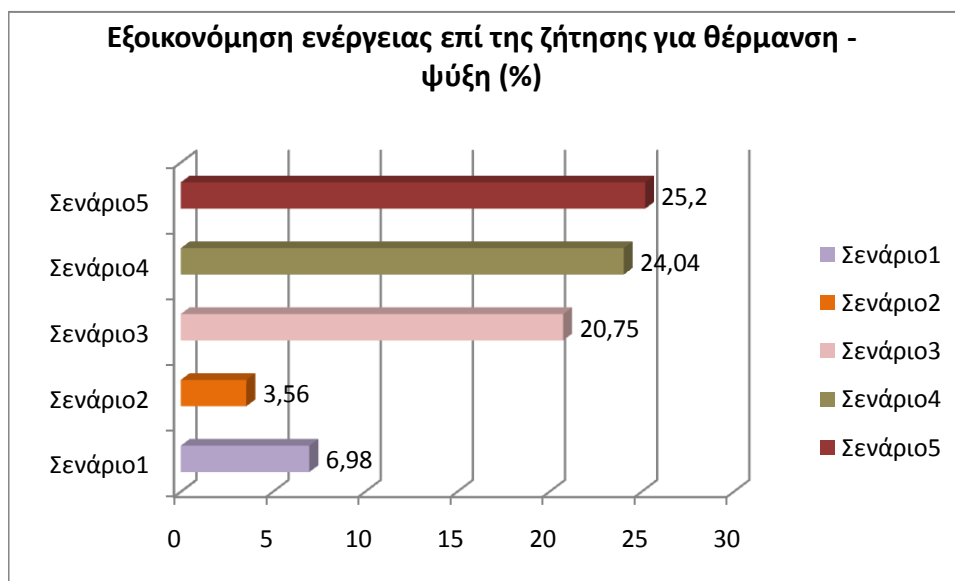
Συνολική ενεργειακή Κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό	42.38	39.8	41.06	34.7	32.93	32.5
Εξοικονόμηση ενέργειας επί της ζήτησης για θέρμανση-ψύξη (%)	-	6.98	3.56	20.75	24.04	25.2
Εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής κατανάλωσης (θέρμανση-ψύξη- φωτισμός) (%)	-	6.08	3.11	18.12	22.3	23.31



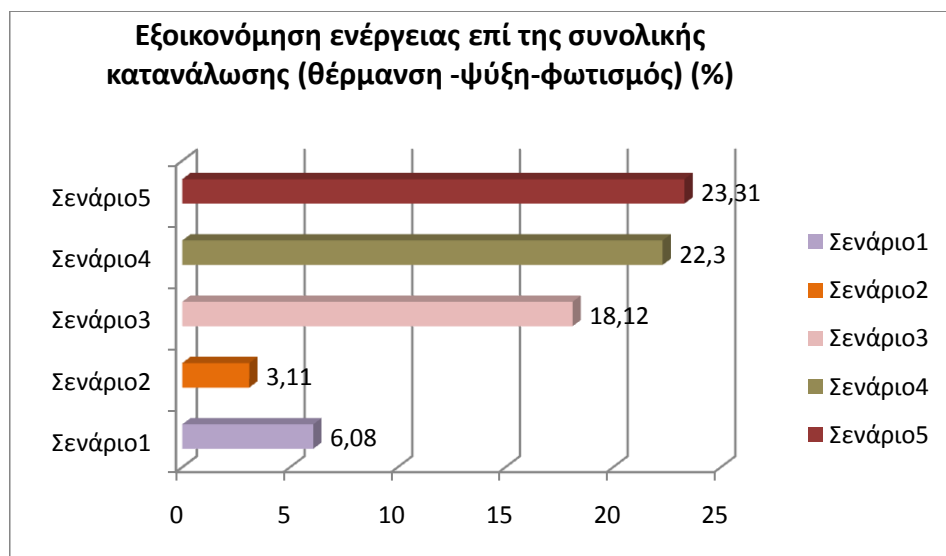
Διάγραμμα 10: Ετήσια ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη για τη βασική κατάσταση (Σενάριο 0) και για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας



Διάγραμμα 11: Ετήσια ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση , ψύξη και φωτισμό για τη βασική κατάσταση (Σενάριο 0) και για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας



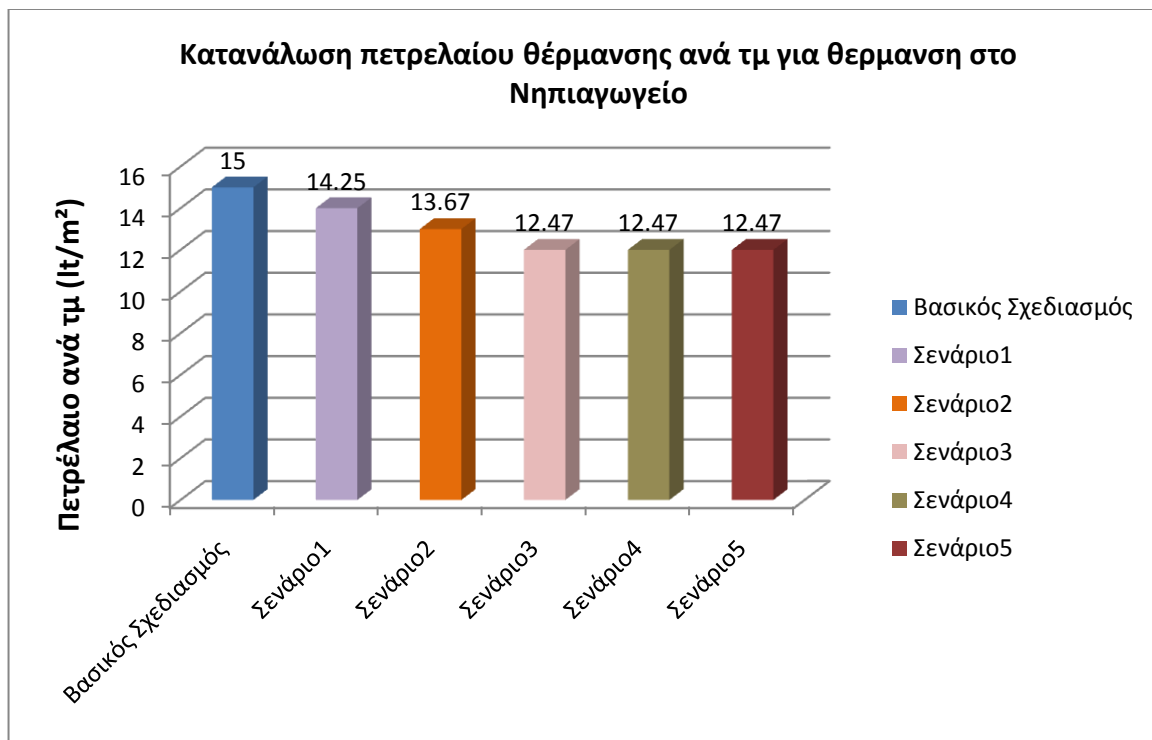
Διάγραμμα 12: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση και ψύξη για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας



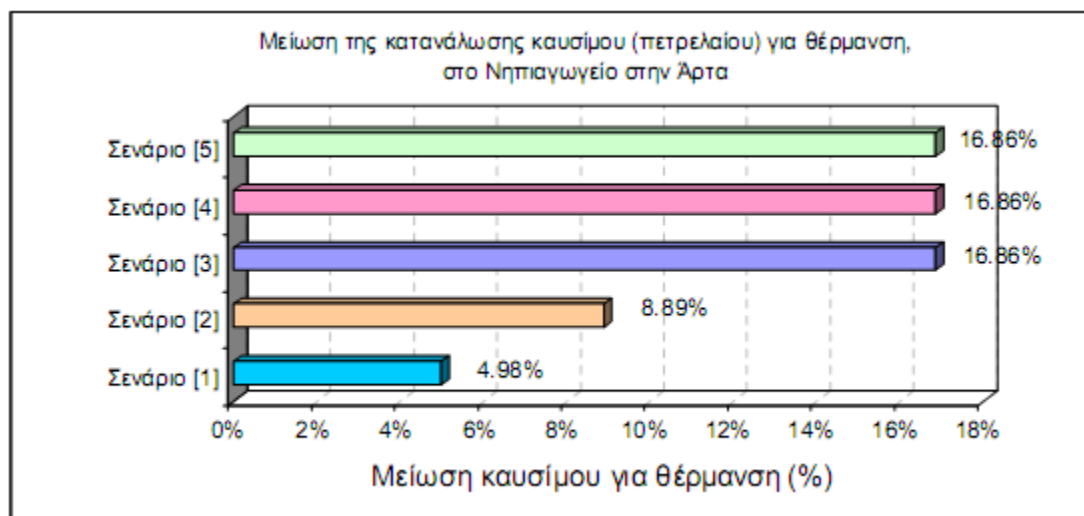
Διάγραμμα 13: Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό για τα σενάρια εξοικονόμησης ενέργειας

14.2.8 Εξοικονόμηση Καυσίμου

Θεωρώντας ότι τοποθετείται σύστημα θέρμανσης με απόδοση, της τάξης του 90%, κι εάν το κτίριο χτιστεί με τις ισχύουσες προδιαγραφές (Σενάριο 0), θα έχει ανάγκη από 15.00 lt πετρελαίου θέρμανσης/θερμαινόμενης επιφάνειας (Διάγραμμα 14). Στην περίπτωση που ακολουθηθούν οι προδιαγραφές του κτιριακού κελύφους που ισχύουν για το Σενάριο 3, θα απαιτούνται 12.47lt πετρελαίου θέρμανσης/ m² θερμαινόμενης επιφάνειας, δηλαδή επιτυγχάνεται εξοικονόμηση καυσίμου κατά 16,86% (Διάγραμμα 15).



Διάγραμμα 14: Κατανάλωση καυσίμου ανά τ.μ. για θέρμανση χώρου



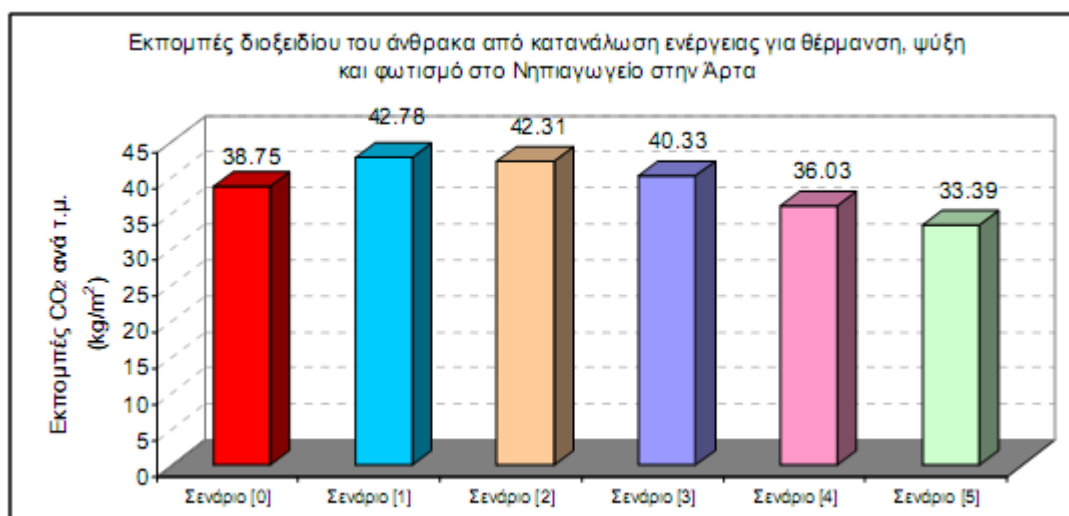
Διάγραμμα 15: Εξοικονόμηση καυσίμου για θέρμανση χώρου με τα Σενάρια Εξοικονόμησης Ενέργειας

14.2.9 Περιβαλλοντικά Οφέλη

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από τις επεμβάσεις που προτείνονται υπάγονται στην εξοικονόμηση συμβατικού καυσίμου και συνεπώς στη μείωση των αερίων ρύπων του θερμοκηπίου που παράγονται κατά την καύση τους. Θεωρώντας ότι η θέρμανση γίνεται με πετρέλαιο και η ψύξη με ηλεκτρισμό, παραγόμενο από λιγνίτη, οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό του κτιρίου συνοψίζονται στο διάγραμμα 16.

Παρατηρείται ότι το διοξείδιο του άνθρακα αυξάνει από 10,41% (Σενάριο 1) έως 4,08% (Σενάριο 3) λόγω της μικρής αύξησης του φορτίου ψύξης σε αυτά τα σενάρια. Καθώς η καύση του λιγνίτη παράγει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, με σχετικά μέτρια απόδοση, μικρή αύξηση του φορτίου ψύξης επιφέρει αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, παρόλο που το φορτίο θέρμανσης μπορεί να έχει μικρύνει σε μεγαλύτερο ποσοστό από ότι έχει αυξηθεί το φορτίο ψύξης. **Και από περιβαλλοντικής σκοπιάς λοιπόν, είναι απαραίτητη η εξωτερική ηλιοπροστασία (Σενάριο 4), καθώς και ο νυχτερινός αερισμός του κτιρίου (Σενάριο 5), προκειμένου να επιτευχθούν μετρήσιμα περιβαλλοντικά οφέλη.**

Στο Σενάριο [5], όπου παρουσιάζεται η χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, τόσο από πλευράς πετρελαίου, όσο κι από πλευρά ηλεκτρισμού, το διοξείδιο του άνθρακα μειώνεται κατά 13,82.



Διάγραμμα 16: Εκπομπές CO₂ από κατανάλωση ενέργειας για κάθε σενάριο

14.2.10 Οικονομοτεχνική ανάλυση

Η βιωσιμότητα των επεμβάσεων καθορίζεται με τη μέθοδο της απλής περιόδου αποπληρωμής. Απαιτούμενα δεδομένα είναι το αρχικό κόστος της επέμβασης (συμπεριλαμβανομένου και του κόστους εγκατάστασης), καθώς επίσης και το ενεργειακό κόστος(το κόστος που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου) για την τρέχουσα περίοδο της μελέτης.

Στο Σενάριο 1 εξετάζεται η επένδυση τοίχων ,δοκών, υποστυλωμάτων, οροφών και δαπέδων με πλάκες πετροβάμβακα. Το συνολικό κόστος για τα υλικά και την εγκατάσταση της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι **22.095 €**. Σύμφωνα με την οικονομικοτεχνική ανάλυση του EPA-NR αποδεικνύεται ότι η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης αν και δεν συμφέρει από οικονομικής άποψης, είναι πολύ αποδοτική ενεργειακά και μειώνει αρκετά το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας του κτιρίου, καθώς με καλύτερη μόνωση έχουμε πολύ λιγότερες θερμικές απώλειες και άρα μικρότερη κατανάλωση. Ως μεμονωμένη λύση μπορούμε να πούμε ότι είναι η πιο συμφέρουσα αφού μειώνει το ενεργειακό κόστος κατά **14%** περίπου από **4.120€ σε 3.543€** ετησίως.

Ενεργειακό Κόστος (€)	3.543
Κόστος Επένδυσης (€)	22.095
Περίοδος Αποπληρωμής(έτη)	33.12

Το Σενάριο 2 που προβλέπει την τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων συνολικού πάχους 24 mm (κρύσταλλο 4 mm, κενό 16mm, κρύσταλλο 4mm) με μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm έχει κόστος επένδυσης της τάξης των **18.000 €** .Είναι και αυτή μια λύση αρκετά μεγάλου κόστους με μεγάλη περίοδο αποπληρωμής όπως αποδεικνύεται από την οικονομικοτεχνική ανάλυση που διεκπεραιώνει το EPA-NR και σε σύγκριση με το σενάριο 1 μειονεκτεί, καθώς βλέπουμε το ενεργειακό κόστος να μειώνεται κατά **10%** περίπου από **4.120€ σε 3.708 €** ετησίως.

Ενεργειακό Κόστος (€)	3.708
Κόστος Επένδυσης (€)	18.000
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	43.68

Το Σενάριο 3 το οποίο αποτελεί ένα συνδυασμό των σεναρίων 1,2 έχει κόστος επένδυσης όσο και το κόστος επένδυσης των δύο πρώτων σεναρίων αθροιστικά δηλαδή **40.095 €**. Στο σενάριο αυτό παρατηρούμε το μεγαλύτερο ενεργειακό κέρδος ως τώρα αφού όπως αποδεικνύει και η οικονομοτεχνική ανάλυση που διεκπεραιώνει το EPA-NR βλέπουμε το ενεργειακό κόστος να μειώνεται κατά **18%** περίπου από **4.120€ σε 3.378€**.

Ενεργειακό Κόστος (€)	3.378
Κόστος Επένδυσης (€)	40.095
Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)	54.04

Το Σενάριο 4 περικλείει τις προτάσεις του Σεναρίου 3 σε συνδυασμό με τη σκίαση των ανοιγμάτων και τη χρήση αυτοματισμών στο φωτισμό. Το κόστος των σκιάστρων από μεταλλικές περσίδες είναι **6.000€** και των αυτοματισμών **4.000€** άρα αθροιστικά το συνολικό κόστος υλοποίησης του σεναρίου 4 είναι **50.095€**. Η λύση αυτή αν και είναι αρκετά μεγάλου κόστους βλέπουμε ότι έχει σχεδόν την ίδια περίοδο αποπληρωμής με το προηγούμενο σενάριο και μειώνει το ενεργειακό κόστος σε ποσοστό **22.3%** από **4.120€ σε 3.201€**.

Ενεργειακό Κόστος(€)	3.201
Κόστος Επένδυσης(€)	50.095
Περίοδος Αποπληρωμής(έτη)	54.52

Για το Σενάριο 5 ισχύουν τα αποτελέσματα του σεναρίου 4 αφού το μόνο που προστίθεται είναι η εφαρμογή νυχτερινού αερισμού κατά τους θερινούς μήνες, μια πρόταση χωρίς κάποιο επιπρόσθετο κόστος επένδυσης. Επιπλέον επειδή έχουμε θεωρήσει ότι στο κτίριο δεν υπάρχει κάποιο σύστημα ψύξης, ούτε κάποια κλιματιστική μονάδα άρα δεν μπορούμε να υπολογίσουμε κάποια διαφορά-μείωση στο ενεργειακό κόστος. Αν μπορούσαμε με κάποιο τρόπο να αποτιμήσουμε το σενάριο αυτό σε σχέση με τα προηγούμενα σενάρια, θα μπορούσαμε να πούμε ότι βελτιώνει στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις συνθήκες θερμικής άνεσης του νηπιαγωγείου κατά τους θερινούς μήνες και εξασφαλίζει την υγιεινή διαβίωση στο εσωτερικό του.

15 Προτάσεις Διαμόρφωσης του Περιβάλλοντα Χώρου

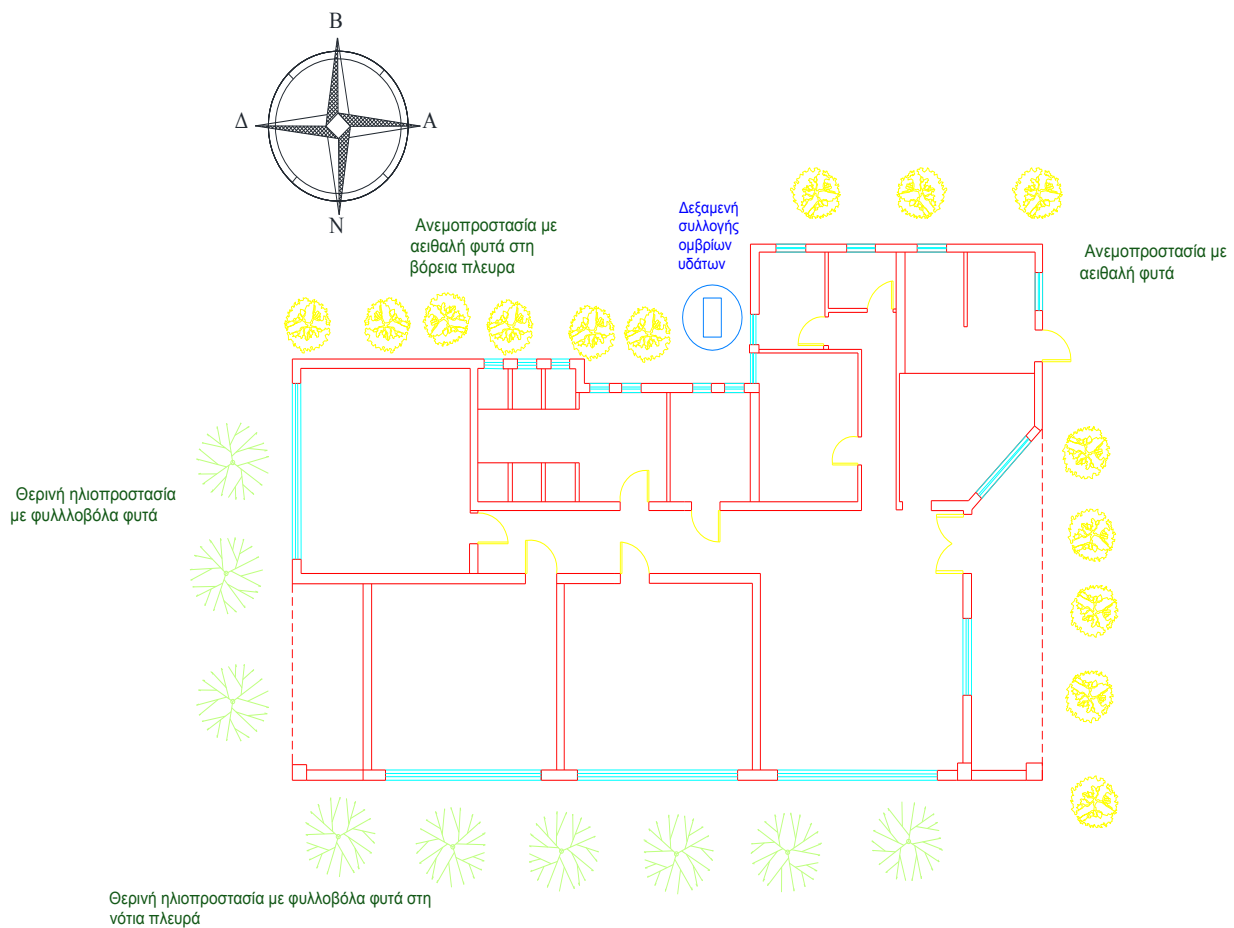
Οι προτάσεις διαμόρφωσης του περιβάλλοντα χώρου λαμβάνουν υπόψη τόσο τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, όσο και τις χρήσεις του εξωτερικού χώρου και τις ανάγκες του κτιρίου. Με αυτή τη λογική προτείνονται τα εξής:

- Προκειμένου να υπάρχει προστασία από τους βορειοανατολικούς ανέμους της περιοχής στους ανοιχτούς χώρους του γηπέδου και των προαύλιων χώρων τοποθετούνται αειθαλή δένδρα στις βόρειες και ανατολικές τους πλευρές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 31.
- Στους νότιους και δυτικούς χώρους του γηπέδου τοποθετούνται φυλλοβόλα δένδρα, ώστε ο χώρος αυτός να λιιάζεται κατά τη χειμερινή περίοδο, αλλά να ηλιοπροστατεύονται κατά τη θερινή περίοδο.
- Έμπροσθεν των δυτικών ανοιγμάτων των κτιρίων τοποθετούνται φυλλοβόλα δένδρα, για επιπλέον ηλιοπροστασία κατά τη θερινή περίοδο.
- Προτείνεται επίσης η συλλογή ομβρίων από τις στέγες του σχολείου. Καθώς η επιφάνεια της κάτοψης της στέγης του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλη και η βροχόπτωση της περιοχής φτάνει τα 1.084,6mm ετησίως, λόγω της κεραμοσκεπής, η επιφάνεια αυτή είναι ικανή να συλλέγει περίπου 503 m³ ετησίως, ικανά να καλύπτουν τις ανάγκες άρδευσης των φυτών του σχολείου σε ικανοποιητικό βαθμό. Η δεξαμενή ομβρίων μπορεί να τοποθετηθεί σε εμφανή χώρο στο προαύλιο του νηπιαγωγείου όπως φαίνεται και στην εικόνα 30. Στους κατακόρυφους αγωγούς που θα οδηγούν τα όμβρια από τις στέγες στη δεξαμενή, θα τοποθετηθεί κατάλληλο φίλτρο για κατακράτηση φύλλων και κλαδιών, ώστε να μην αναπτυχθούν μύκητες στη δεξαμενή. Τοποθετείται στο άνω μέρος της δεξαμενής υπερχειλιστής, ο οποίος συνδέεται με το δίκτυο ομβρίων της περιοχής.
- Τέλος, η φύτευση του χώρου προτείνεται να γίνει με τοπική βλάστηση και γενικά με φυτά που να μην έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε άρδευση, αλλά ταυτόχρονα να αντέχουν τις χαμηλές χειμερινές θερμοκρασίες της περιοχής.

Για τα αειθαλή δένδρα προτείνονται ελιά, πικροδάφνη, ακακία, κυπαρίσσι, κέδρος κλπ. Όσον αφορά τα φυλλοβόλα δένδρα για την ηλιοπροστασία των υπαίθριων χώρων επιλέγονται φυλλοβόλα δένδρα με σφαιρική-ομπρελοειδή μορφή, ώστε να σκιάζει μεγάλο μέρος του ανοιχτού χώρου τη θερινή περίοδο, όπως η οξιτιά, η βελανιδιά, η πασχαλιά, καρυδιά κλπ. Για την

ηλιοπροστασία των δυτικών ανοιγμάτων του κτιρίου προτείνονται φυλλοβόλα δένδρα όπως η πασχαλιά, ο ιβίσκος ο συριακός κλπ. Πριν την τελική επιλογή των φυτών και δένδρων, πρέπει να γίνει ανάλυση του χώματος της περιοχής, προκειμένου να επιλεγούν από τα προτεινόμενα φυτά και δένδρα εκείνα που αρμόζουν καλύτερα στο έδαφος της περιοχής.

- Όσον αφορά τα υλικά του διαμορφωμένου περιβάλλοντος χώρου προτείνονται κυβόλιθοι, οι οποίοι επιτρέπουν την ανάπτυξη της αυτοφυούς, χαμηλής βλάστησης.



Εικόνα 28: Προτάσεις διαμόρφωσης περιβάλλοντα χώρου

16 Προτάσεις για τη Βελτίωση των Συνθηκών Φωτισμού στο Νηπιαγωγείο

Ο Φυσικός Φωτισμός αποτελεί μια από τις βασικές ενεργειακές παραμέτρους των κτιρίων και μια από τις κύριες συνιστώσες της βιολογικής άνεσης. Ως εκ τούτου, στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής ανάλυσης θα πρέπει να πραγματοποιείται και μελέτη φυσικού φωτισμού, παράλληλα και σε συνδυασμό με τη μελέτη θέρμανσης / δροσισμού. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης της διαθέσιμης φωτεινής ακτινοβολίας, μέσω της ένταξης κατάλληλων συστημάτων φυσικού φωτισμού στο κέλυφος του κτιρίου και ο καθορισμός των γεωμετρικών, τεχνικών και φωτομετρικών χαρακτηριστικών αυτών των συστημάτων, με στόχο:

- την εξασφάλιση συνθηκών οπτικής άνεσης
- την εξοικονόμηση ενέργειας

Για την εξασφάλιση συνθηκών οπτικής άνεσης απαιτούνται:

- η παροχή της απαιτούμενης ελάχιστης ποσότητας, στάθμης φωτισμού ,(η οποία καθορίζεται βάσει της χρήσης του χώρου) ικανής και αναγκαίας για την καλή οπτική λειτουργία και απόδοση των χρηστών των χώρων.
- η ομαλή κατανομή του φωτισμού στον χώρο, ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα θάμβωσης, τα οποία παρεμποδίζουν την οπτική λειτουργία, υποβαθμίζουν την αρχιτεκτονική ποιότητα και την αισθητική του χώρου και προκαλούν συμπτώματα βιολογικής κόπωσης στους χρήστες.
- Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει από τη μείωση της λειτουργίας του συστήματος τεχνητού φωτισμού, μέσω της αντικατάστασης του τεχνητού φωτισμού με φυσικό, κατά τη διάρκεια της ημερήσιας λειτουργίας του κτιρίου.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων προτείνεται η λήψη των εξής μέτρων:

1.Φωτομετρικά χαρακτηριστικά υαλοπινάκων

Προκειμένου να εξασφαλισθεί επάρκεια φυσικού φωτισμού, σε συνδυασμό με τη θερμική προστασία του εσωτερικού χώρου, προτείνεται συνδυασμός υαλοπινάκων με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Πάχος εσωτερικών και εξωτερικών υάλων: 4mm
- Πάχος διάκενου ≥ 12 mm
- Συντελεστής θερμοπερατότητας $U=1,4W/ m^2K$ περίπου
- Συντελεστής φωτοδιαπερατότητας $T \geq 70\%$
- Συντελεστής ανακλαστικότητας $R \leq 24\%$
- Συντελεστής θερμικών ηλιακών κερδών $g \leq 0.65$

2. Προστατευτικές διατάξεις ανοιγμάτων

Τοποθέτηση εξωτερικών, κατακόρυφων σκιάστρων μετακινούμενων, είτε οριζόντιων είτε κατακόρυφων περσίδων στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα του νηπιαγωγείου. Το υλικό τους μπορεί να είναι μεταλλικό ή άλλο, ειδικών προδιαγραφών, ώστε να αντέχει στις ανεμοπιέσεις. Αυτά τα εξωτερικά σκίαστρα είναι ικανά όχι μόνο να μειώνουν το επίπεδο θάμβωσης, αλλά και τα ηλιακά φορτία κατά τη θερινή περίοδο όπως άλλωστε είδαμε και στο πρόγραμμα.

3.Φωτομετρικά χαρακτηριστικά εσωτερικών επιφανειών

Λόγω των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των χώρων και των απαιτήσεων ομοιομορφίας στην κατανομή του φωτισμού, στις αίθουσες διδασκαλίας απαιτείται η εφαρμογή χρωμάτων υψηλής ανακλαστικότητας. Ως εκ τούτου προτείνονται οι παρακάτω συντελεστές ανακλαστικότητας:

- Τοίχοι με συντελεστή ανακλαστικότητας ≥ 0.50 , κατά προτίμηση 0.7
- Οροφές με συντελεστή ανακλαστικότητας της τάξης του 0.70
- Παραθέτουμε ενδεικτικό πίνακα χρωμάτων:

Πίνακας 19: Χρώματα και συντελεστές ανακλαστικότητας

ΧΡΩΜΑ	ΑΝΟΙΧΤΟ	ΜΕΣΟ	ΣΚΟΥΡΟ
ΚΙΤΡΙΝΟ	0.7	0.5	0.3
ΜΠΕΖ	0.65	0.45	0.25
ΚΑΦΕ	0.5	0.25	0.08
ΠΡΑΣΙΝΟ	0.6	0.3	0.12
ΜΠΛΕ	0.5	0.2	0.05
ΓΚΡΙ	0.6	0.35	0.20
ΛΕΥΚΟ	0.8	0.7	

4. Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας

Για την εκμετάλλευση του παρεχόμενου φυσικού φωτισμού θεωρείται απαραίτητη η εγκατάσταση συστήματος ηλεκτρονικού ελέγχου για τη σύζευξη φυσικού / τεχνητού φωτισμού. Παράλληλα, απαιτείται κατάλληλη ζωνοποίηση των φωτιστικών σωμάτων στις οροφές με κριτήριο τη μέγιστη εκμετάλλευση του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα για τις αίθουσες νότιου προσανατολισμού. Το κριτήριο αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό των συστημάτων τεχνητού φωτισμού των οροφών, στις αντίστοιχες Η/Μ μελέτες.

Με το συνδυασμό όλων των ανωτέρω συστημάτων και των συνοδευτικών τεχνολογιών διαχείρισης του φυσικού φωτισμού, το συνολικό σύστημα φωτισμού καθίσταται ιδιαίτερα ευέλικτο και αποτελεσματικό, ως προς την ικανοποίηση των κριτηρίων για την εξασφάλιση συνθηκών οπτικής άνεσης των χρηστών και τη μέγιστη δυνατή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού προς όφελος του ενεργειακού ισοζυγίου του κτιρίου.

17 Συμπεράσματα

Η εφαρμογή των αρχών του ορθολογικού ενεργειακού σχεδιασμού και η επιλογή του βέλτιστου συνδυασμού διαφανών / αδιαφανών στοιχείων του κελύφους έχει ως στόχο τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου. Όσον αφορά τις επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, για το σύνολο του κτιρίου του Νηπιαγωγείου, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα η μηνιαία ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση και ψύξη σε kWh/m² για την υπάρχουσα κατάσταση και για το σενάριο με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, **Σενάριο 5, όπου βελτιστοποιείται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους και η θερμική διαπερατότητα των υαλοπινάκων, εφαρμόζεται επαρκής σκίαση και νυχτερινός αερισμός** τη θερινή περίοδο. Για τη συγκεκριμένη επέμβαση, το ενεργειακό όφελος είναι της τάξης των 9.33kWh/ m² για θέρμανση και ψύξη ετησίως, γεγονός που αντιστοιχεί σε μείωση της ζήτηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη της τάξης του 25.2%. Το περιβαλλοντικό όφελος είναι εξίσου αξιοσημείωτο, με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα να μειώνονται κατά 13.83%.

Πίνακας 20: Σύγκριση βασικού σεναρίου με προτεινόμενο σενάριο

Μέγεθος	Βασικός Σχεδιασμός (Σενάριο [0])	Σενάριο 5
Ενεργειακή ζήτηση για θέρμανση (kWh/ m ²)	36.1	27.3
Ενεργειακή ζήτηση για ψύξη (kWh/ m ²)	0.91	0.38
Σύνολο ενεργειακής ζήτησης για θέρμανση-ψύξη (kWh/ m ²)	37.01	27.68
Συνολική ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό (kWh/ m ²)	42.38	32.5
Εκπομπές CO ₂ (kg/ m ²)	38.75	33.62
Εξοικονόμηση ενέργειας επί της ζήτησης για θέρμανση-ψύξη (%)	-	25.2
Εξοικονόμηση ενέργειας επί της συνολικής κατανάλωσης (θέρμανση- ψύξη-φωτισμός) (%)	-	23.31
Μείωση εκπομπών CO ₂ (%)	-	13.83

18 Προτεινόμενες επεμβάσεις

Διατηρώντας την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του κτιρίου, προτείνονται οι εξής επεμβάσεις, προκειμένου να μειωθούν τα ενεργειακά του φορτία, τόσο από πλευράς θέρμανσης-ψύξης, όσο κι από πλευράς φωτισμού:

- Τοποθέτηση θερμομόνωσης (πετροβάμβακα) 12cm πάχους στην οροφή 8cm πάχους στην εξωτερική τοιχοποιία 9cm πάχος στα φέροντα στοιχεία και 2cm πάχος στην πλάκα επί του εδάφους
- Τοποθέτηση διαφανών στοιχείων με χαμηλό συντελεστή θερμικής διαπερατότητας
- Οι οροφές και οι τοιχοποιίες των αιθουσών επικαλύπτονται με λευκό χρώμα
- Κατάλληλη ζωνοποίηση των φωτιστικών σωμάτων στις οροφές με κριτήριο τη μέγιστη εκμετάλλευση του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού, ιδιαίτερα για τις αίθουσες νότιου προσανατολισμού.
- Εγκατάσταση συστήματος ηλεκτρονικού ελέγχου για τη σύζευξη φυσικού / τεχνητού φωτισμού
- Λόγω της χαμηλής ενεργειακής ζήτησης για ψύξη, δεν κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση συστήματος ψύξης. Αντ' αυτού, προκειμένου να μην προκύπτουν συνθήκες μη θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο, μπορούν να τοποθετηθούν ανεμιστήρες οροφής στους χώρους με τα υψηλότερα εσωτερικά φορτία (γραφείο, κουζίνα).
- Ο χώρος δενδροφυτεύεται κατάλληλα, ώστε οι ανοιχτοί χώροι να προστατεύονται από τους επικρατούντες ανέμους, αλλά να σκιάζονται κατά τη θερινή περίοδο.
- Τα υλικά του διαμορφωμένου περιβάλλοντος χώρου προτείνεται να είναι ικανά να επιτρέπουν την ανάπτυξη της αυτοφυούς, χαμηλής βλάστησης (π.χ. κυβόλιθοι).
- Προτείνεται επίσης η συλλογή ομβρίων από τις στέγες του κτιρίου, για την άρδευση των δένδρων και της βλάστησης του σχολικού χώρου.

Με την ανάλυση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, τα αποτελέσματα συνοψίζονται ως εξής:

- Η βελτίωση της θερμομόνωσης του κτιριακού κελύφους και η αποφυγή

θερμογεφυρών επιφέρουν σημαντικά ενεργειακά οφέλη στο κτίριο συνολικά.

- Τα βελτιωμένα συστήματα υαλοστασίων εξασφαλίζουν σημαντική μείωση της ενεργειακής ζήτησης για την περίοδο θέρμανσης καθώς και για την περίοδο ψύξης. Το όφελος κυμαίνεται ανάλογα με το είδος του υαλοπίνακα, τον προσανατολισμό και τη χρήση του χώρου.
- Η ηλιοπροστασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με κατάλληλες διατάξεις που να επιτρέπουν τη διείσδυση του ηλίου στο εσωτερικό του κτιρίου κατά τη χειμερινή περίοδο αποφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη, χωρίς να αυξάνει τη ζήτηση για θέρμανση.
- Ο νυχτερινός αερισμός είναι ικανός να μειώσει κατά πολύ το φορτίο ψύξης.
- Η διαμόρφωση του μικροκλίματος με κατάλληλη φύτευση και υλικά είναι ικανή όχι μόνο να βελτιώσει το εσωκλίμα του κτιρίου, αλλά και τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους ανοιχτούς χώρους.
- Μπορεί αυτή τη στιγμή στην περιοχή να μην υπάρχει δίκτυο φυσικού αερίου αλλά επειδή υπολογίζουμε ότι στα επόμενα χρόνια το μεγαλύτερο μέρος της χώρας θα έχει πρόσβαση σε φυσικό αέριο ,γίνεται μια πρόταση αντικατάστασης του λέβητα πετρελαίου με λέβητα φυσικού αερίου. Με αυτή την επέμβαση η ζήτηση για θέρμανση κατέρχεται στις **29.96Kwh/ m²** και οι εκπομπές CO₂ στις **31.55Kg/ m²**.Συγκριτικά τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 23:Σύγκριση πετρελαίου με φυσικό αέριο

	Κατανάλωση Καυσίμου(Kwh/ m ² /έτος)	Εκπομπές CO ₂ (Kg/ m ² /έτος)
Πετρέλαιο	36.1	38.75
Φυσικό Αέριο	29.96	31.55
Μείωση	17%	18.6%

Το συνολικό κόστος για την αλλαγή του λέβητα πετρελαίου σε λέβητα φυσικού αερίου είναι 2600 ευρώ. Σύμφωνα με την οικονομικοτεχνική ανάλυση του EPA-NR αποδεικνύεται ότι η χρήση

φυσικού αερίου για τη θέρμανση του νηπιαγωγείου είναι μια καλή λύση από οικονομικής πλευράς αφού έχει πολύ μικρή περίοδο αποπληρωμής σε σχέση με άλλες επεμβάσεις και μειώνει το ενεργειακό κόστος από **4.120€ σε 3.420€** δηλαδή σε ποσοστό **17%** . Τα αποτελέσματα του προγράμματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ενεργειακό Κόστος (€)	3.420
Κόστος Επένδυσης (€)	2.600
Περίοδος Αποπληρωμής έτη	3.7

Συνοψίζοντας, οι προτεινόμενες ενεργειακές επεμβάσεις στο Νηπιαγωγείο της Άρτας συμβάλλουν σε σημαντική μείωση της ενεργειακής ζήτησης τόσο για τη χειμερινή όσο και για τη θερινή περίοδο, δημιουργώντας βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους.

19 Οδηγίες για την ενεργειακά αποδοτική χρήση του κτιρίου από δασκάλους και μαθητές

Σε κάθε σχολείο θα πρέπει οι δάσκαλοι και οι μαθητές να φροντίσουν ώστε:

- Να σβήνουν τα φώτα κατά το τέλος της κάθε διδακτικής ώρας (τα φώτα στα διαλείμματα παραμένουν κλειστά), καθώς και στο τέλος της σχολικής μέρας.
- Όταν υπάρχει ικανοποιητικό φως στην αίθουσα, να μην ανάβουν τα φώτα.
- Να ανοίγουν οι πόρτες και τα παράθυρα κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων και να μένουν κλειστά κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο.
- Εάν υπάρχουν φεγγίτες, τη θερινή περίοδο να μένουν ανοιχτοί μετά τη λήξη του μαθήματος, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας, ώστε να δροσίζεται το κτίριο με νυχτερινό αερισμό.
- Οι διάφορες συσκευές της αίθουσας να κλείνουν και να μη μένουν ανοιχτές ή σε κατάσταση αναμονής όταν δε χρησιμοποιούνται.
- Να μην αφήνονται αντικείμενα πάνω στα θερμαντικά σώματα, που εμποδίζουν την ορθή λειτουργία τους.
- Επί πλέον θα πρέπει σε κάθε σχολείο να καταγράφονται οι καταναλώσεις καυσίμου (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) και ηλεκτρικής ενέργειας. Ο καλύτερος τρόπος καταγραφής είναι ανά μήνα ή ανά δίμηνο. Τα στοιχεία της κατανάλωσης ενέργειας και καυσίμου κάθε χρονιάς θα πρέπει να είναι διαθέσιμα ώστε να μπορούν να συγκρίνονται με αυτά άλλων χρόνων, να εντοπίζονται ειδικά θέματα και να προκύπτουν συμπεράσματα ακόμα και προτάσεις βελτίωσης της απόδοσης του κτιρίου και των συστημάτων του.

Βιβλιογραφία-Πηγές

- 1.Κώστας&Θέμης Τσίππρας, « Οικολογική Αρχιτεκτονική», Εκδόσεις Κέδρος
- 2.Χριστίνα Κωσταντινίδου, «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική & Ενεργειακός Σχεδιασμός», Εκδόσεις Τεκδοτική
3. Κ.Γ.Δρούτσα, Α.Γ.Γαγλία, Σ.Κοντογιαννίδης, Κ.Α.Μπαλαράς- ΟΕΕ, ΙΕΒΠΑ, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: «Ευρωπαϊκές Μεθοδολογίες ενεργειακών επιθεωρήσεων και ανακαινίσεων κτιρίων», Ημερίδα ΚΑΠΕ ΕΞΕΝ
4. Επίσημος δικτυακός τόπος μεθοδολογίας EPA-NR: www.epa-nr.org
5. ΕΜΥ (1999) Κλιματικά Στοιχεία των Σταθμών της ΕΜΥ (Περίοδος 1955-1997). Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Διεύθυνση Κλιματολογίας, Τμήμα Ελέγχου-Επεξεργασίας, Αθήνα.
6. .ΚΑΠΕ-Τμήμα Κτιρίων Δ/ση Ενεργειακής Αποδοτικότητας, «Ολοκληρωμένη Μελέτη Ενεργειακού Σχεδιασμού 7ου Δημοτικού Σχολείου»
- 7.Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ): www.cres.gr
8. Νιόβη Ν. Χρυσομαλλίδου, «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική & Παθητικά Ηλιακά Συστήματα»
- 9 .Γενική Διεύθυνση Έργων, Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων «Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων»
- 10.Τεχνική Οδηγία ,Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2010,«Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων Για Τον Υπολογισμό Της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων Και Της Έκδοσης Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης», Τεχνικό Επιμελητήριο
11. Τεχνική Οδηγία ,Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-2/2010,«Θερμοφυσικές Ιδιότητες Δομικών Υλικών Και Έλεγχος της Θερμομονωτικής Επάρκειας Των Κτιρίων», Τεχνικό Επιμελητήριο
12. Τεχνική Οδηγία ,Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-3/2010,«Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών»,

Τεχνικό Επιμελητήριο

13. Τεχνική Οδηγία ,Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-4/2010,«Οδηγίες Και Έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων Κτιρίων ,Λεβήτων και Εγκαταστάσεων Θέρμανσης και εγκαταστάσεων Κλιματισμού», Τεχνικό Επιμελητήριο

14. Επίσημος δικτυακός τόπος Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας: www.tee.gr

15. www.greenbuilding.gr