

**Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
"Επίδραση Τοίχου ΤROMBE στην
Ενεργειακή Επίδοση του Κτιρίου Κεντρικής
Βιβλιοθήκης του Τ.Ε.Ι. Σερρών"**

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΗΣ ΤΗΛΕΜΑΧΟΣ**

**ΟΝΟΜΑ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ
ΠΡΟΒΙΣΤΑΛΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

ΣΕΡΡΕΣ , ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Γενικά	5
1.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα	6
1.2.1 Γενικοί ορισμοί ηλιακών συστημάτων	6
1.2.2 Γενικά - Παθητικά συστήματα θέρμανσης	7
1.2.3 Γενικά - Παθητικά συστήματα ψύξης	17
1.2.4 Τοίχος Θερμικής Αποθήκευσης	21
1.2.4.1 Περιγραφή	21
1.2.4.2 Υλικά κατασκευής τοίχου θερμικής αποθήκευσης	24
1.2.4.3 Υλικά θερμικής αποθήκευσης	25
1.2.4.4 Θερμομόνωση	27
1.2.4.5 Αρχές λειτουργίας του τοίχου θερμικής αποθήκευσης	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	
2.1 Ελληνικό Πρότυπο : ΕΛΟΤ EN 832 /1998+ AC:2002	33
2.1.1 Πεδίο	33
2.1.2 Κανονιστικές Αναφορές	34
2.1.3 Ενεργειακό ισοζύγιο	35
2.1.4 Διαδικασία	36
2.2 Μέθοδος ASHRAE	37
2.2.1 Στοιχεία απαραίτητα για τον υπολογισμό ψυκτικού φορτίου.	37
2.2.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων	38
2.3 Μέθοδος 5000	39
2.3.1 Εισαγωγή	39
2.3.2 Καταταξη των δυνατοτήτων	39
2.3.3 Εφαρμογή της μεθόδου	40
2.3.3.1 Ηλιακά κέρδη από τον Ηλιακό Χώρο	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. ΣΕΡΡΩΝ	
3.1 Περιγραφή κτιρίου	45
3.2 Περιγραφή κελύφους κτιρίου	47
3.3 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ	
4.1 Γενικά στοιχεία χρήσης του κτιρίου	57
4.2 Χώροι κτιρίου	57
4.3 Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας στοιχείων	58
4.4 Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοδιαφυγής προς το Έδαφος σύμφωνα με EN 13370	59
4.5 Υπολογισμός Συνολικού Συντελεστή Απωλειών Μετάδοσης θερμότητας σύμφωνα με το EN 13789	61
4.6 Συντελεστής απωλειών αερισμού σύμφωνα με EN 832+AC	63

4.7 Υπολογισμός παράγοντα μείωσης για τον μη θερμαινόμενο χώρο σύμφωνα με EN 13789	63
4.8 Υπολογισμός συνολικού συντελεστή απωλειών σύμφωνα με EN832+AC	64
4.9 Απώλειες κτιρίου ανά μήνα με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας	64
4.10 Υπολογισμός ενεργού επιφάνειας εξωτερικών ανοιγμάτων σύμφωνα με EN 832+AC	65
4.11 Ηλιακά κέρδη	66
4.12 Υπολογισμός εσωτερικών κερδών	67
4.13 Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο θέρμανσης σύμφωνα με EN 832+AC	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ASHRAE CLTD (Cooling Load Temperature Difference)	
5.1 Ψυκτικά φορτία από μη διαφανή στοιχεία	69
5.2 Ψυκτικά φορτία από διαφανή στοιχεία με αγωγιμότητα	71
5.3 Ψυκτικά φορτία από διαφανή στοιχεία με ακτινοβολία	74
5.4 Συνολικό Εξωτερικό φορτίο ψύξης ανά ημέρα	77
5.5 Συνολικό ψυκτικό φορτίο	77
5.6 Συνολική απαίτηση Ενέργειας κτιρίου	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	
6.1 Περιγραφή παθητικού ηλιακού συστήματος	78
6.2 Μέθοδος 5000	82
6.2.1 Ηλιακά κέρδη από τοίχο Trombe	82
6.2.2 Αποτέλεσμα του ηλιακού χώρου ως χώρου ανάσχεσης	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΠΑΘΗΤΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	
7.1 Υπολογισμός συνολικού συντελεστή απωλειών σύμφωνα με EN832+AC	87
7.2 Απώλειες κτιρίου ανά μήνα με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας	87
7.3 Ηλιακά κέρδη	88
7.4 Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο θέρμανσης σύμφωνα με EN 832+AC	88
7.5 Συνολικό Εξωτερικό φορτίο ψύξης ανά ημέρα	89
7.6 Συνολικό ψυκτικό φορτίο	89
7.7 Συνολική απαίτηση Ενέργειας κτιρίου	89
7.7 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά τη προσθήκη παθητικού ηλιακού συστήματος	90
ΣΧΟΛΙΑ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	91
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Οι απαιτήσεις για τη δημιουργία φιλικών προς τον άνθρωπο συνθηκών διαβίωσης που να του παρέχουν το αίσθημα της άνεσης και τις συνθήκες ενός θερμικά ικανοποιητικού εσωκλίματος, οδήγησαν στον σχεδιασμό των κτιρίων με βάση τις αρχές του ενεργειακού σχεδιασμού και την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Ο σχεδιασμός ενός παθητικού ηλιακού κτιρίου επιχειρεί, παίρνοντας υπόψη οικονομικούς περιορισμούς, να μεγιστοποιήσει τα οφέλη από περιβαλλοντολογικούς πόρους και να ελαχιστοποιήσει την εξάρτηση από καύσιμα και μηχανολογικό εξοπλισμό. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλεκτική σύνδεση τμημάτων του κτιρίου με το τμήμα του περιβάλλοντος που είναι περισσότερο κατάλληλο για την επιθυμητή μεταφορά ενέργειας σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές τεχνικές για εξοικονόμηση ενέργειας που βασίζονται στη μόνωση του κτιρίου από το περιβάλλον, η θέρμανση και ο δροσισμός με παθητικά ηλιακά συστήματα αποτελεί μία προσπάθεια να εκμεταλλευτεί το κτίριο το περιβάλλον μέσω μίας συνετής αλληλεπίδρασης.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν στοιχεία του κτιρίου για να συλλέξουν την ηλιακή ενέργεια και στη συνέχεια να αποταμιεύσουν και να καταναείμουν χωρίς δαπάνη τη θερμότητα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ψύξης χρησιμοποιούν στοιχεία του κτιρίου για να αποταμιεύσουν, να καταναείμουν και τελικά να αποδώσουν τη θερμότητα σε ψυχρότερα τμήματα του περιβάλλοντος (ουρανό, ατμόσφαιρα, έδαφος), όταν οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες είναι ευνοϊκές.

Σε όλες τις περιπτώσεις η μεταφορά της ενέργειας από, προς και μέσα στο κτίριο βασίζεται κυρίως σε φυσικές διεργασίες Π.χ. μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα, με συναγωγή και με ακτινοβολία, με ελάχιστη εξάρτηση από μηχανολογικό εξοπλισμό Π.χ. ανεμιστήρες, αντλίες και συμπιεστές. Τμήματα μηχανολογικού εξοπλισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για την ενίσχυση της φυσικής ροής ενέργειας, όταν το κόστος επένδυσης και το κόστος για τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος δικαιολογούνται από τη βελτιωμένη απόδοση του συστήματος.

Για την αξιολόγηση της απόδοσης των ηλιακών παθητικών συστημάτων, απαραίτητη είναι η αξιολόγηση των παραμέτρων του θερμικού ισοζυγίου που γίνεται με τις μεθόδους θερμικής ανάλυσης που είναι διαθέσιμες.

Εφόσον η συλλογή, η αποταμίευση, η διανομή και η απόδοση της ενέργειας επιτυγχάνεται γενικά με τη χρήση των δομικών στοιχείων του κτιρίου, τα εξαρτήματα του παθητικού συστήματος δε διακρίνονται εύκολα από την υπόλοιπη κατασκευή.

Υπάρχει μεγάλη σύγχυση σχετικά με τον ορισμό και την ταξινόμηση των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου επιδιώκεται:

- a) η παρουσίαση των γενικών αρχών λειτουργίας των παθητικών συστημάτων και μία συστηματική μέθοδος ορισμού και ταξινόμησης των περισσότερο κοινών συστημάτων. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στην περιγραφή και αξιολόγηση του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.
- b) η καταγραφή των παραγόντων που συμβάλλουν στην θερμική άνεση
- c) η παρουσίαση των παραμέτρων και των παραγόντων που επηρεάζουν το θερμικό ισοζύγιο των κτιρίων.

1.2 Παθητικά ηλιακά συστήματα

1.2.1 Γενικοί ορισμοί ηλιακών συστημάτων

Ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης χώρου περιέχει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το χώρο που πρέπει να θερμανθεί.
- ένα συλλέκτη όπου "συλλαμβάνεται" με έναν απορροφητή η ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέπεται σε θερμότητα (αυτός μπορεί να είναι και μία επιφάνεια του κτιρίου).
- ένα θερμικό αποταμιευτή (αυτός μπορεί να είναι η μάζα του κτιρίου).

ανταλλαγή θερμότητας υπάρχει μεταξύ:

- του συλλέκτη και του αποταμιευτή
- του συλλέκτη και του χώρου
- του αποταμιευτή και του χώρου

Ένα σύστημα ψύξης χώρου περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Το χώρο που πρόκειται να ψυχθεί
- Μία περιβαλλοντική δεξαμενή (ουρανός, ατμόσφαιρα, ή έδαφος) όπου αποδίδεται - ενέργεια
- ένα θερμικό αποταμιευτή (π.χ., τα δομικά στοιχεία του κτιρίου).

ανταλλαγή θερμότητας υπάρχει μεταξύ:

- της δεξαμενής και του αποταμιευτή
- της δεξαμενής και του χώρου
- του αποταμιευτή και του χώρου

Σένα δεδομένο σύστημα θέρμανσης ή ψύξης, μερικές από τις παραπάνω ανταλλαγές μπορεί να μην υπάρχουν ή να είναι αμελητέες. Ο τρόπος μεταφοράς της θερμότητας κατατάσσεται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- εξαναγκασμένης (με τη χρήση ανεμιστήρων, αντλιών και συμπιεστών)
- φυσικής ή ελεύθερης (με αγωγιμότητα, συναγωγή και ακτινοβολία)

Αν ο τρόπος ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των τριών στοιχείων ενός συστήματος θέρμανσης ή ψύξης περιλαμβάνει εξαναγκασμένη ροή, τότε το σύστημα ονομάζεται ενεργό.

Αν ο τρόπος ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των τριών στοιχείων ενός συστήματος θέρμανσης ή ψύξης περιλαμβάνει καθαρά φυσική ροή, τότε το σύστημα ονομάζεται παθητικό.

Αν ο τρόπος ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των τριών στοιχείων ενός συστήματος θέρμανσης ή ψύξης περιλαμβάνει κυρίως φυσική ροή, αλλά το σύστημα επίσης περιέχει και μηχανολογικές συσκευές για τη μεταφορά ενέργειας, τότε το σύστημα χαρακτηρίζεται σαν υβριδικό.

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων στηρίζεται:

- στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας
- στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας
- στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από το συλλέκτη στον αποταμιευτή και στο χώρο που θα θερμανθεί.

1.2.2 Γενικά - Παθητικά συστήματα θέρμανσης

Υπάρχουν δύο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την ταξινόμηση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης:

1) Τα χαρακτηριστικά του ανοίγματος συλλογής:

- προσανατολισμός (σε σχέση με το νότο) και κλίση.
- τοποθέτηση σε σχέση με την υπόλοιπη δομή του κτιρίου.

(2) Η μέθοδος διανομής της θερμότητας στον χώρο:

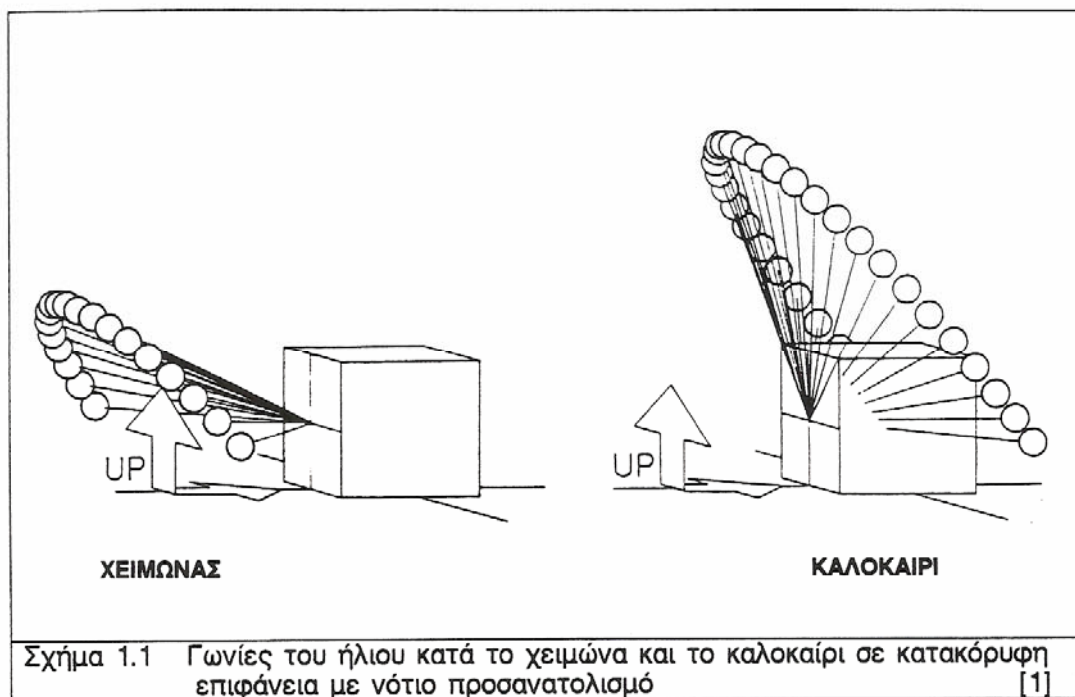
- οι μηχανισμοί μεταφοράς θερμότητας.
- ο εμπειριεχόμενος βαθμός θερμικού ελέγχου.

Χαρακτηριστικά του ανοίγματος συλλογής

Στις ήπιες ζώνες του βορείου ημισφαιρίου της γης, ο ήλιος το χειμώνα ανατέλλει νοτιοανατολικά και παραμένει γενικά χαμηλά στον ουρανό ώσπου δύει νοτιοδυτικά. Σε αντίθεση το καλοκαίρι ο ήλιος ανατέλλει βορειοανατολικά και κινείται σε υψηλές γωνίες ώσπου δύει βορειοδυτικά. Συνεπώς, κατακόρυφες γυάλινες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό δέχονται απευθείας ακτίνες από το χειμερινό ήλιο σε πλεονεκτικές γωνίες πρόσπτωσης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

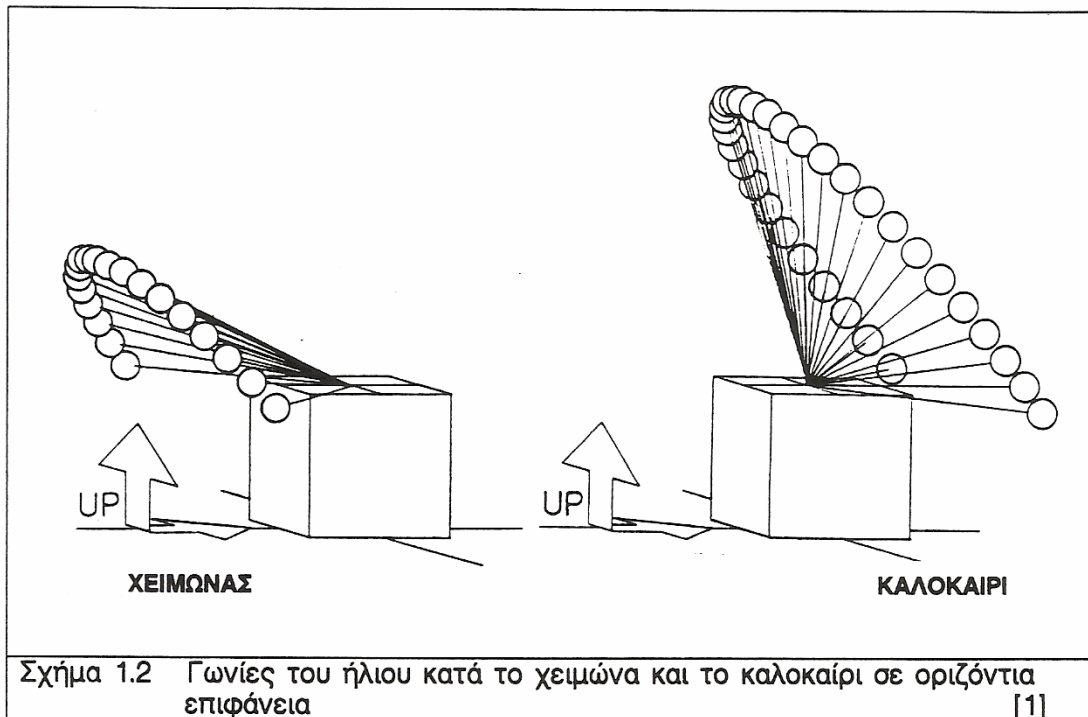
Από την άλλη πλευρά, κατακόρυφες γυάλινες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό δεν εκτίθενται στην απευθείας ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, κατά τη διάρκεια σημαντικής περιόδου της ημέρας. Επίσης ακόμη

και όταν η ακτινοβολία προσπίπτει στη νότια επιφάνεια, η γωνία πρόσπτωσης δεν είναι ευνοϊκή για διείσδυση της ακτινοβολίας, σχήμα 1.1.



Οριζόντιες προεξοχές μέσου μεγέθους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαλείψουν πλήρως την έκθεση των νοτίων ανοιγμάτων στην απευθείας ακτινοβολία από τον ήλιο το καλοκαίρι. Με αυτή τη λογική, κατακόρυφες γυάλινες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό μπορούν να αποτελέσουν την ιδανική παθητική τεχνική. Η κίνηση του ήλιου αποτελεί το βασικό ρυθμιστή του θερμικού περιβάλλοντος του κτιρίου.

Πηγαίνοντας στο αντίθετο άκρο, οριζόντια τοποθετημένες γυάλινες επιφάνειες δέχονται μέτριες ποσότητες απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, με γενικά δυσμενείς γωνίες πρόσπτωσης, ενώ το καλοκαίρι δέχονται πολύ μεγάλες ποσότητες απευθείας ηλιακής ακτινοβολίας με γωνίες πρόσπτωσης που βοηθούν στη μεγάλη διαπερατότητα από το γυαλί, σχήμα 1.2. Είναι φανερό ότι κάποια μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση της ροής ενέργειας μέσω του ανοίγματος (π.χ. με μετακινούμενα πετάσματα για την ηλιοπροστασία της επιφάνειας συλλογής). Τέτοια συστήματα είναι πιο πολύπλοκα από εκείνα που χρησιμοποιούν απλές κάθετες γυάλινες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό, αλλά η πρόσθετη πολυπλοκότητα μπορεί να δικαιολογηθεί με τον καλύτερο έλεγχο του συστήματος ή με τα ψυκτικά οφέλη.



Μεγάλη σημασία επομένως έχει η θέση του ανοίγματος σε σχέση με την υπόλοιπη κτιριακή κατασκευή. Σε κοινά παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, οι τρεις δυνατές θέσεις της επιφάνειας συλλογής είναι ο νότιος τοίχος, η οροφή, και σε κάποιο απομακρυσμένο σημείο του περιβλήματος του κτιρίου. Τα συστήματα θέρμανσης με νότιο άνοιγμα έχουν τα πλεονεκτήματα της απλότητας και της οικονομίας. Τα συστήματα θέρμανσης με άνοιγμα στην οροφή είναι αποτελεσματικά σε περιπτώσεις όπου περιορισμοί που οφείλονται στη θέση του κτιρίου δεν επιτρέπουν τον καλό προσανατολισμό του κτιρίου. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα της ίσης αντιμετώπισης όλων των ζωνών του κτιρίου. Συστήματα θέρμανσης με απομακρυσμένη την επιφάνεια συλλογής, μπορούν να σχεδιαστούν να έχουν απλό σύστημα έλεγχου που περιορίζουν μη επιθυμητά κέρδη ή απώλειες από το κτίριο.

Υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός συνδυασμών με ενεργειακά πλεονεκτήματα, για τον προσανατολισμό και τη θέση του ανοίγματος:

- Ένα νότιο άνοιγμα στο κτίριο αποτελείται από κάθετα υαλοστάσια σε νότιο τοίχο. Ένα τέτοιο άνοιγμα δέχεται φως από τον ήλιο κυρίως από το νότιο τμήμα του ουρανού (χειμωνιάτικος ήλιος).
- Ένα κατακόρυφο άνοιγμα οροφής στο κτίριο αποτελείται από κάθετα υαλοστάσια, στο χώρο της στέγης, και κεκλιμένα αδιαφανή προστεγάσματα. Ένα τέτοιο άνοιγμα δέχεται φως από τον ήλιο κυρίως από το νότιο τμήμα του ουρανού (χειμωνιάτικος ήλιος).
- Ένα άνοιγμα στέγης στο κτίριο αποτελείται από οριζόντια υαλοστάσια στην οροφή. Ένα τέτοιο άνοιγμα δέχεται ηλιακό φως κυρίως από το ανώτερο τμήμα του ουρανού εκτός αν ελέγχεται από ειδικές μεθόδους Π.χ. κινούμενη μόνωση.

- Μία απομακρυσμένη συλλέκτρια επιφάνεια Π.χ. μία επιφάνεια συλλογής η οποία είναι ανεξάρτητη από το κέλυφος του κτιρίου, μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε γωνία για να δέχεται ακτινοβολία από οποιοδήποτε τμήμα του ουρανού.

Τρόποι συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας και μετάδοσης θερμότητας

Ο τρόπος με τον οποίο η ενέργεια μεταδίδεται στον θερμαινόμενο χώρο έχει μία σημαντική επίδραση στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις που μπορούν να εμφανιστούν. Η επιλογή του πιο οικονομικού συστήματος για κάθε εφαρμογή επηρεάζεται σοβαρά από το μέγεθος των θερμικών απαιτήσεων. Σύμφωνα με τη διαδικασία δέσμευσης της ηλιακής ακτινοβολίας και τον τρόπο μετάδοσης της ενέργειας στον χώρο, υπάρχουν τρεις πλατιές κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης:

- **Άμεσου κέρδους ή απευθείας ηλιακού κέρδους** όπου η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται απευθείας στο χώρο διαβίωσης όπου μετατρέπεται σε θερμότητα με απορρόφησή της από τις επιφάνειες του εσωτερικού χώρου (δάπεδα, εσωτ. τοίχοι κλπ) και από τα περιεχόμενα του χώρου (άνθρωποι, έπιπλα, φυτά κλπ). Τα τοιχώματα ή τα περιεχόμενα του χώρου πρέπει να εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία έτσι ώστε το σύστημα να συλλέγει το μέγιστο ποσό ηλιακής ενέργειας. Η θερμοκρασία του αέρα στο χώρο διαβίωσης "ακολουθεί" τη θερμοκρασία των επιφανειών απορρόφησης και/ή του αποταμιευτή.

- **Έμμεσου κέρδους** όπου η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμότητα με απορρόφηση από μία επιφάνεια η οποία βρίσκεται έξω από το θερμαινόμενο χώρο, αλλά τα στοιχεία αποθήκευσης είναι δομικά στοιχεία του χώρου. Τα περιεχόμενα του χώρου δεν εκτίθενται σε απευθείας ακτινοβολία. Η θερμοκρασία του αέρα "ακολουθεί" τη θερμοκρασία της επιφάνειας απορρόφησης και/ή τον αποταμιευτή.

- **Απομονωμένου κέρδους** όπου η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε θερμότητα με απορρόφηση από μία συλλέκτρια επιφάνεια η οποία διαχωρίζεται από το χώρο της θερμικής αποθήκευσης. Τα περιεχόμενα του χώρου δεν εκτίθενται σε απευθείας ακτινοβολία. Η θερμοκρασία του αέρα στο χώρο μπορεί να ρυθμιστεί ανεξάρτητα από την επιφάνεια απορρόφησης και τον αποταμιευτή.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το επίπεδο ελέγχου του θερμικού περιβάλλοντος για κάθε τύπο συστήματος (άμεσου, έμμεσου, ή απομονωμένου κέρδους) σε σχέση με την έκθεση σε ακτινοβολία και με τη θερμική σύνδεση του χώρου με τις συλλεκτικές επιφάνειες ή την αποθηκευτική μάζα:

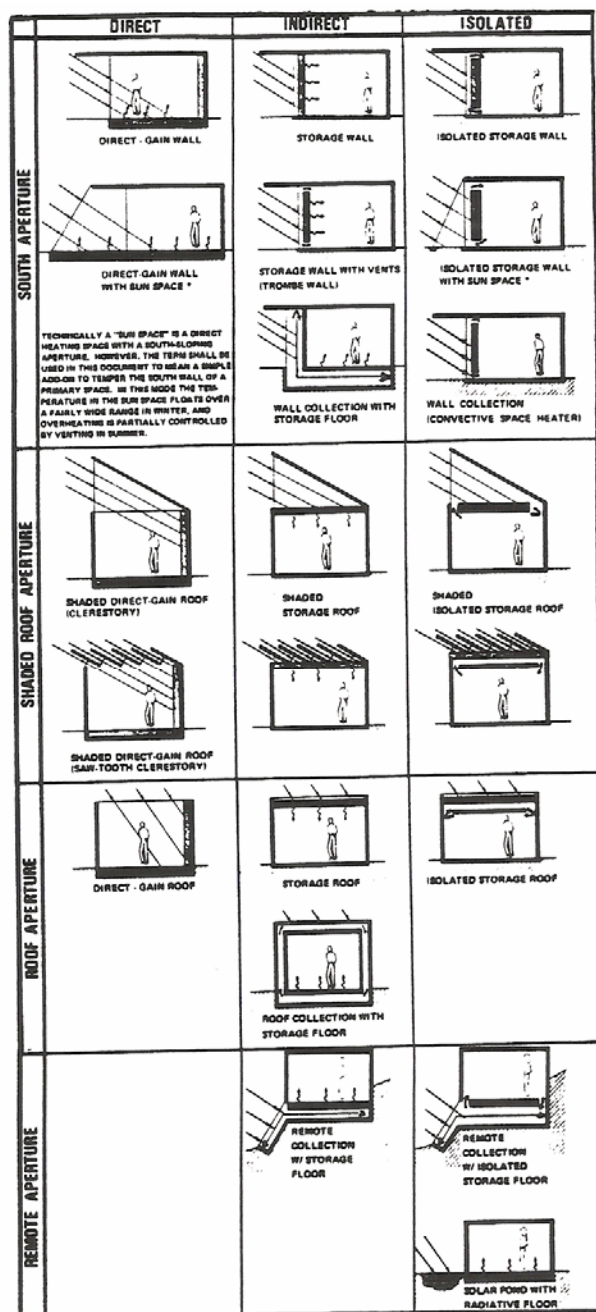
	Άμεσο κέρδος	Έμμεσο κέρδος	Απομονωμένο κέρδος
Η ακτινοβολία διεισδύει στον χώρο διαβίωσης	Ναι	Όχι	Όχι
Η θερμοκρασία του αέρα ακολουθεί τη συλλέκτρια επιφάνεια και / ή τον αποταμιευτή	Ναι	Ναι	Όχι

Η επιλογή ενός συστήματος άμεσου, έμμεσου ή απομονωμένου κέρδους εξαρτάται σημαντικά από το επιθυμητό μέγεθος θερμοκρασιακών διακυμάνσεων ή ελέγχου. Εκεί όπου απαιτείται λεπτομερής θερμική ρύθμιση, γενικά προτιμούνται συστήματα απομονωμένου κέρδους. Συστήματα θέρμανσης απομονωμένου κέρδους μπορεί να είναι πλήρως παθητικά, αλλά σε σχέση με τον έλεγχο του θερμικού περιβάλλοντος μοιάζουν με τα ενεργά συστήματα και η αλληλεπίδραση του συστήματος με το χώρο διαβίωσης μπορεί να ρυθμιστεί πλήρως και να τεθεί σε ή εκτός λειτουργίας. Αν υψηλές θερμοκρασιακές μεταβολές είναι ανεκτές και η χρήση ελάχιστης βοηθητικής ενέργειας είναι αποδεκτή, γενικά προτιμούνται συστήματα άμεσου ή έμμεσου κέρδους.

Με βάση αυτούς τους βασικούς ορισμούς, μπορούμε να ταξινομήσουμε τα κοινά παθητικά συστήματα θέρμανσης σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

	Άμεσο κέρδος	Έμμεσο κέρδος	Απομονωμένο κέρδος
Νότιο άνοιγμα	X	X	X
Στεγασμένο άνοιγμα	X	X	X
Άνοιγμα στέγης	X	X	X
Απομακρυσμένη συλλέκτρια επιφάνεια		X	X

Διάφοροι συνδυασμοί της θέσης του ανοίγματος και του τρόπου μετάδοσης της ενέργειας στον χώρο διαβίωσης δείχνονται σχηματικά στο σχήμα 1.3.



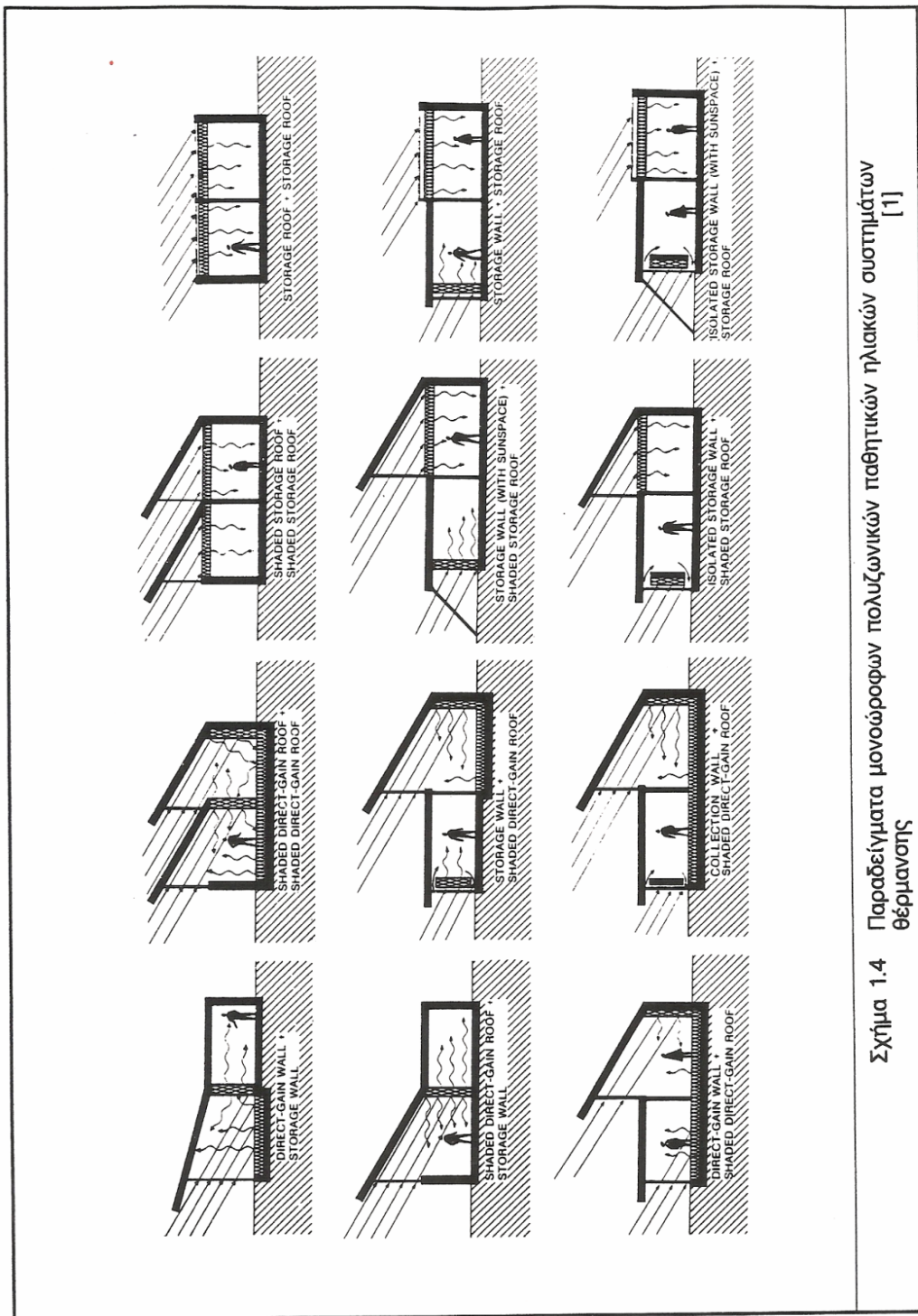
Σχήμα 1.3 Παραδείγματα παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης

Οι διατάξεις που παρουσιάζονται περιλαμβάνουν τα πιο κοινά χρησιμοποιούμενα συστήματα θέρμανσης και παρέχουν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των λιγότερο κοινών συστημάτων που ίσως έχουν ίδια δυναμική. Αυτοί οι συνδυασμοί με κανένα τρόπο δεν εξαντλούν όλες τις δυνατότητες συστημάτων. Επίσης, σ' αυτό το σχήμα εισάγεται μία γενική ορολογία για την περιγραφή παθητικών ηλιακών συστημάτων.

Οι συνδυασμοί των τριών συστημάτων είναι σημαντικής σπουδαιότητας. Για παράδειγμα, ανοίγματα άμεσου κέρδους μπορεί να τοποθετηθούν σ' έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης ή σ' έναν απομονωμένο τοίχο θερμικής αποθήκευσης. Τα ανοίγματα μπορούν να έχουν τέτοιο μέγεθος έτσι ώστε να καλύπτουν το θερμικό φορτίο του κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας το χειμώνα και να εκπληρώνουν τις απαιτήσεις φυσικού φωτισμού για ολόκληρο το έτος. Ένα άλλο παράδειγμα συστήματος με συνδυασμό άμεσου και έμμεσου κέρδους είναι η χρήση διαφανών ή ημιδιαφανών δοχείων νερού που τοποθετούνται στο άνοιγμα. Ένα μέρος της ακτινοβολίας απορροφάται και αποθηκεύεται στο νερό και ένα μέρος περνά στον εσωτερικό χώρο για να το θερμάνει άμεσα και να το φωτίσει.

Υπάρχουν ποικιλίες πολυζωνικών μονώροφων κτιρίων με την εφαρμογή της ηλιακής θέρμανσης σε κάθε ζώνη. Μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα διζωνικά παραδείγματα φαίνονται στο σχήμα 1.4. Αυτά τα συστήματα έχουν την ιδιότητα ότι κάθε ζώνη μπορεί να σχεδιαστεί ανεξάρτητα για την εκπλήρωση των ειδικών απαιτήσεων σε θέρμανση και φωτισμό ανάλογα με τη λειτουργία του χώρου. Είναι φανερό η επέκταση αυτών των σχημάτων και σε μονώροφα κτίρια τριών ή περισσότερων ζωνών.

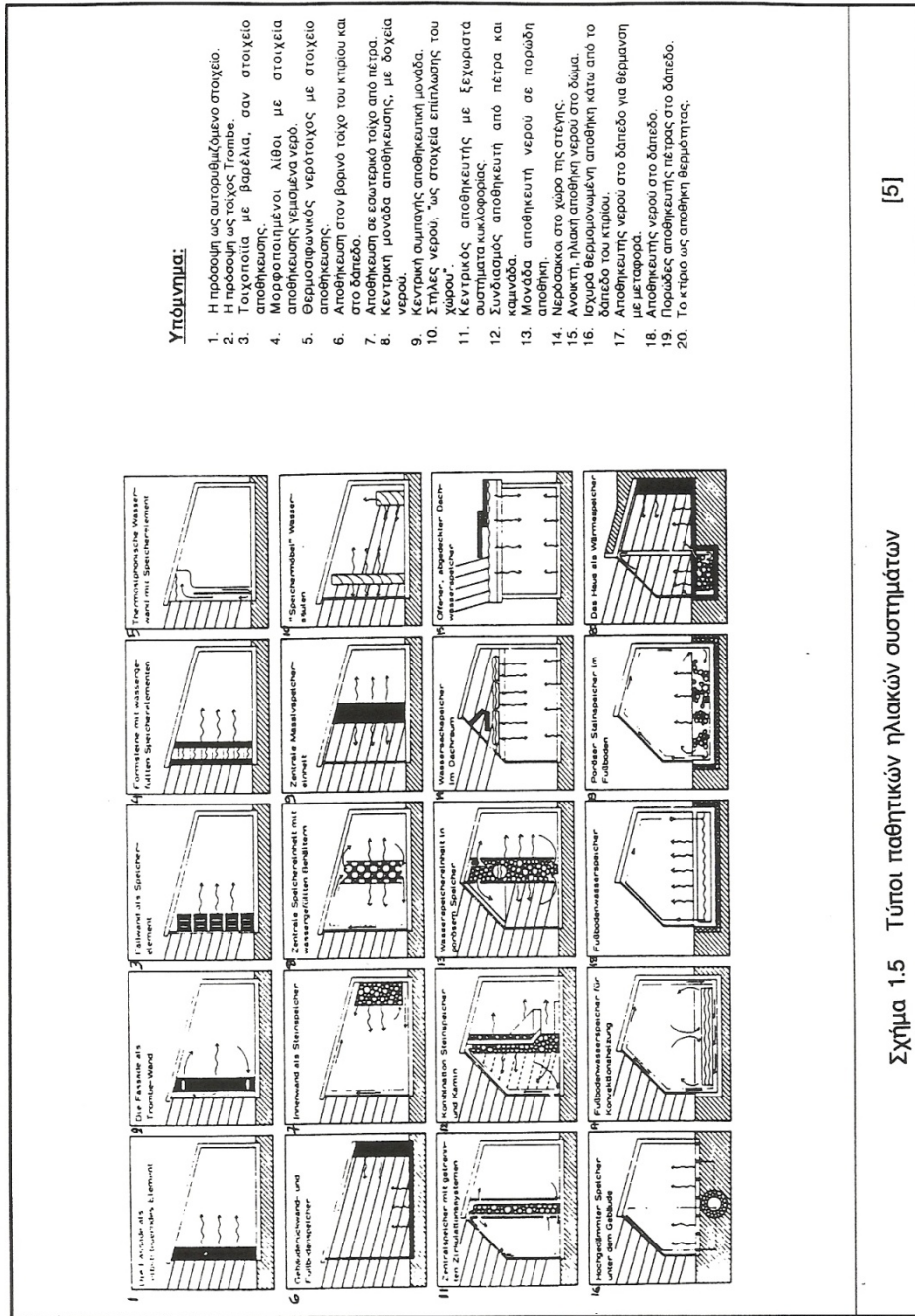
Ένα δυσκολότερο πρόβλημα εμφανίζεται στα πολυώροφα κτίρια. Η ασύμμετρη ως προς τους χώρους του κτιρίου ηλιακή "φόρτιση", όπως αυτή που προκύπτει από τα συστήματα του απευθείας κέρδους με νότιο άνοιγμα, οδηγεί φυσιολογικά σε ένα διαχωρισμό βόρειας και νότιας ζώνης του κτιρίου. Οι πολυώροφες εμπορικές κατασκευές ακολουθούν αυτό το διαχωρισμό στις περισσότερες περιπτώσεις και η λειτουργική χρήση του χώρου πρέπει να σχεδιαστεί παίρνοντας υπόψη αυτό το διαχωρισμό. Σε μερικές περιπτώσεις αυτό μπορεί να επιτευχθεί με καθαρά παθητικά μέσα. Σε άλλες περιπτώσεις είναι πιο κατάλληλα υβριδικά συστήματα που περιλαμβάνουν μεταφορά θερμότητας που υποβοηθείται από μηχανικά μέσα. Το πρόβλημα της μεταφοράς ενέργειας γίνεται πιο κρίσιμο σε μεγάλης κλίμακας κτίρια, ειδικά σε εμπορικές εφαρμογές με μεγάλο πλήθος ατόμων ή σε κτίρια όπου βιομηχανικές διεργασίες απαιτούν μεγάλες ποσότητες αερισμού. Ο πιο κατάλληλος ρόλος της παθητικής ηλιακής ενέργειας μέσα σε γενικότερα σχήματα ενεργειακής διαχείρισης δεν είναι ακόμη προσδιορισμένος, και ο καθορισμός αυτού του ρόλου θα απαιτήσει σημαντική προσπάθεια για καινούργιες ιδέες και αρχές στον σχεδιασμό καθώς και αυστηρή τεχνική εκτίμηση.



Σχήμα 1.4 Παραδείγματα μονόροφων πολυζωνικών παθητικών ηλιακών συστημάτων [1]
θέρμανσης

Μία πιο συγκεκριμένη ταξινόμηση των συστημάτων που προκύπτουν από το συνδυασμό της μορφής του συστήματος και της θέσης του στο κέλυφος του κτιρίου, αποτελεί η διάκρισή τους στις παρακάτω πέντε βασικές κατηγορίες. (σχ.1.5)

- **Άμεσο κέρδος ηλιακής ενέργειας - ηλιακά παράθυρα** (direct gain, solar windows)
 Η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται από τα νότια ανοίγματα του κτιρίου, μετατρέπεται σε θερμότητα με την πρόσπτωσησή της στις επιφάνειες και στα περιεχόμενα του θερμαινόμενου χώρου όπου και αποθηκεύεται .
- **Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος** (solarum, greenhouse, attached sunspace)
 Το σύστημα αυτό είναι συνδυασμός ενός συστήματος άμεσου κέρδους και ενός μέσου θερμικής αποθήκευσης. Ο χώρος αυτός αποτελείται από δύο θερμικές ζώνες: ένα χώρο που θερμαίνεται άμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία που είναι το θερμοκήπιο και ένα χώρο που θερμαίνεται έμμεσα. Οι ζώνες χωρίζονται με έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης.
- **Στέγη θερμικής αποθήκευσης** (roof pond)
 Το σύστημα αυτό μοιάζει με τον τοίχο θερμικής αποθήκευσης με τη διαφορά ότι η μάζα όπου αποθηκεύεται η θερμότητα βρίσκεται στο χώρο της στέγης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση σαν θερμοσυσσωρευτική μάζα χρησιμοποιείται συνήθως νερό είτε σε δεξαμενή είτε σε σωληνώσεις.
- **Μεταφορικός βρόγχος** (convective loop)
 Το σύστημα αυτό μοιάζει με τα συνηθισμένα ενεργά συστήματα τουλάχιστον ως προς το ότι έχει έναν ιδιαίτερο ηλιακό συλλέκτη και ένα θερμοσυσσωρευτή.
 Πρόκειται όμως για ένα καθαρά παθητικό σύστημα στο οποίο η μεταφορά θερμότητας από το συλλέκτη και στο θερμαινόμενο χώρο γίνεται με φυσική θερμική ροή με τη βοήθεια κάποιου ρευστού, αέρα ή νερού.
- **Τοίχος θερμικής αποθήκευσης** (Thermal storage wall)
 Η ηλιακή ακτινοβολία περνάει από τα ανοίγματα, προσπίπτει σε έναν τοίχο που βρίσκεται ανάμεσα στο άνοιγμα και το θερμαινόμενο χώρο, απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Ο τοίχος αυτός είναι από συνήθη τοιχοποιία ή έχει ενσωματωμένα δοχεία νερού (υδάτινος τοίχος) μπορεί όμως να αποτελείται και από υλικά που μεταβάλλουν τη φυσική τους κατάσταση.



[5]

Σχήμα 1.5 Τύποι παθητικών ηλιακών συστημάτων

Στην παράγραφο 1.2.4 γίνεται εκτενής και λεπτομερής αναφορά στον τοίχο θερμικής αποθήκευσης με περιγραφή του συστήματος, του τρόπου λειτουργίας του κατά τη χειμερινή περίοδο και του τρόπου λειτουργίας ή κατάργησής του κατά το καλοκαίρι. Επίσης παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του παθητικού αυτού συστήματος που η συμπεριφορά του αποτελεί το κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

1.2.3 Γενικά - Παθητικά συστήματα ψύξης

Η ψύξη με παθητική ηλιακή ενέργεια περιλαμβάνει την απελευθέρωση της θερμότητας μέσω της επιλεκτικής σύνδεσης του κτιρίου με τα ψυχρότερα τμήματα του περιβάλλοντος. Κάτω από κατάλληλες περιβαλλοντολογικές συνθήκες αυτή η ροή ενέργειας μπορεί να γίνει με φυσικά μέσα. Πιθανές περιβαλλοντολογικές δεξαμενές που δέχονται τη θερμότητα είναι ο ουρανός, η ατμόσφαιρα και το έδαφος.

Σε συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούν ως δεξαμενή τον ουρανό, η ακτινοβολία από το σύστημα περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα και διαχέεται στο εξωτερικό διάστημα. Περιβαλλοντολογικά, πρόκειται για την "καθαρότερη" μορφή ψύξης, εφόσον κανένα μέρος της ενέργειας που απελευθερώνεται από το σύστημα δεν επηρεάζει το τοπικό μικροκλίμα. Αυτή η μέθοδος ψύξης με ακτινοβολία προς τον ουρανό λειτουργεί ικανοποιητικά σε περιοχές με καθαρό ουρανό και έχει τη δυνατότητα να ψύχει το σύστημα κάτω από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα. Ο κύριος περιορισμός αυτού του μηχανισμού ψύξης είναι το κέρδος θερμότητας με μεταφορά και ακτινοβολία που προέρχεται από την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα.

Η μετάδοση ενέργειας μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά με την αύξηση της κίνησης του αέρα που μπορεί να προέλθει από τον άνεμο, από ανεμιστήρες ή από άλλους ειδικούς μηχανισμούς.

Σε ξηρά κλίματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ψύξης με εξάτμιση νερού η οποία έχει τη δυνατότητα μείωσης της θερμοκρασίας του συστήματος κάτω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα της κατανάλωσης νερού το οποίο μπορεί να μη βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στις περιοχές όπου η μέθοδος είναι και η αποδοτικότερη.

Εξαιτίας της μεγάλης θερμικής μάζας της γης, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η θερμοκρασία του εδάφους είναι συνήθως αρκετούς βαθμούς κάτω από τη μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Η μέθοδος ψύξης που χρησιμοποιεί σαν δεξαμενή το έδαφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του φορτίου ψύξης, ακόμη και σε υγρά κλίματα, σε αντίθεση με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν παραπάνω και που απαιτούν ειδικές κλιματικές συνθήκες όπως ξηρό αέρα ή καθαρό ουρανό.

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις περιβαλλοντολογικές δεξαμενές μαζί με τους κύριους μηχανισμούς μετάδοσης της ενέργειας:

Είδος δεξαμενής	Κύριος μηχανισμός μετάδοσης ενέργειας
Ουρανός	Ακτινοβολία
Ατμόσφαιρα	Μεταφορά (και εξάτμιση)
Έδαφος	Αγωγιμότητα

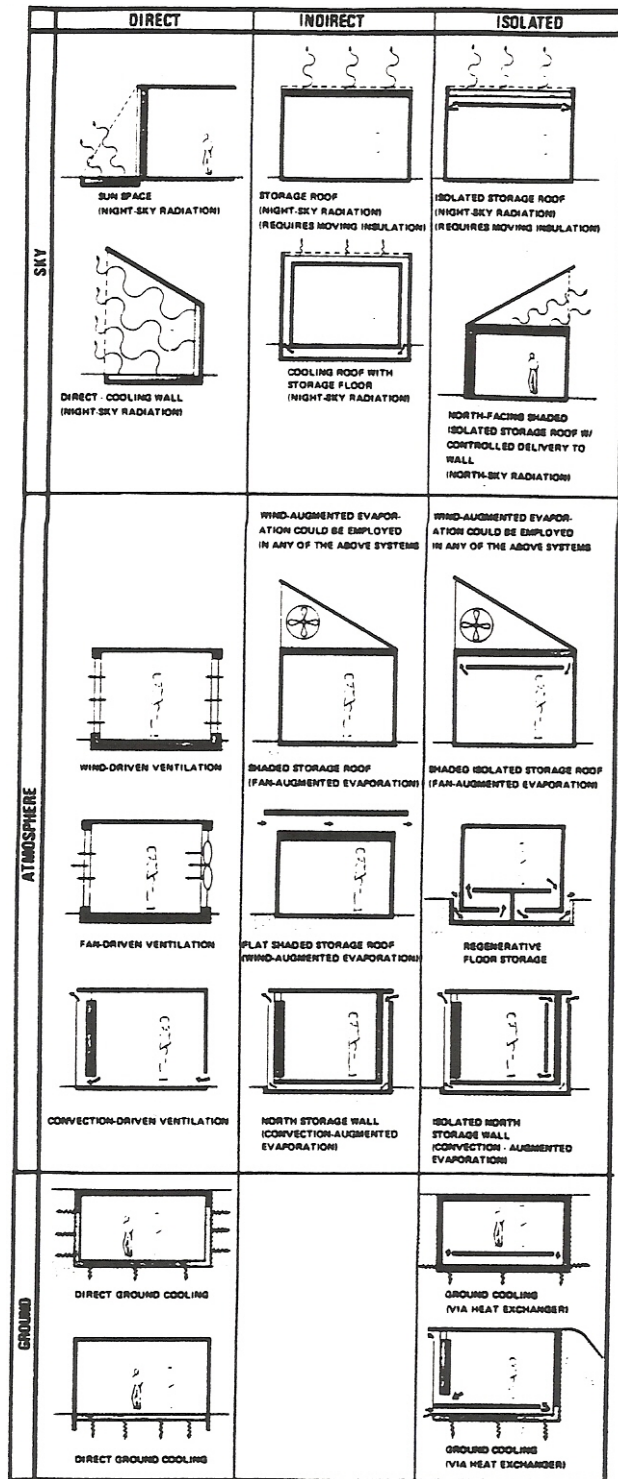
Σε αναλογία με τα συστήματα θέρμανσης, υπάρχουν διεργασίες ψύξης που είναι άμεσου, έμμεσου ή απομονωμένου κέρδους:

- Άμεσο κέρδος συμβαίνει όταν οι εσωτερικές επιφάνειες και τα περιεχόμενα του χώρου εκτίθενται απευθείας στις δεξαμενές του περιβάλλοντος οι οποίες δέχονται τη θερμότητα.
- Έμμεσο κέρδος συμβαίνει όταν ο χώρος ψύχεται με μη ελεγχόμενη ακτινοβολία προς κάποιον αποταμιευτή (ή κάποια επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας) η οποία με τη σειρά της ψύχεται καθώς εκτίθεται στις ενεργειακές δεξαμενές του περιβάλλοντος.
- Απομονωμένο κέρδος συμβαίνει όταν ο χώρος ψύχεται από ελεγχόμενη μεταφορά θερμότητας μέσω ενός υγρού ή με ακτινοβολία προς τον αποταμιευτή (ή κάποια επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας) η οποία με τη σειρά της ψύχεται καθώς εκτίθεται στις ενεργειακές δεξαμενές του περιβάλλοντος.

Όπως και στην περίπτωση των συστημάτων θέρμανσης, μπορούμε να ταξινομήσου

	Άμεσο κέρδος	Έμμεσο κέρδος	Απομονωμένο κέρδος
Ουρανός	X	X	X
Ατμόσφαιρα	X	X	X
Έδαφος	X		X

Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των συνδυασμών των ενεργειακών δεξαμενών του περιβάλλοντος και μηχανισμών για τη μετάδοση ενέργειας από το χώρο διαβίωσης παρουσιάζονται στο σχήμα 1.6



Σχήμα 1.6 Παραδείγματα παθητικών ηλιακών συστημάτων ψύξης

Οι διατάξεις που φαίνονται περιλαμβάνουν τα πιο κοινά παθητικά συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται σήμερα καθώς και ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα λιγότερο κοινών συστημάτων. Οι συνδυασμοί αυτοί με κανέναν τρόπο δεν εξαντλούν όλες τις δυνατότητες που υπάρχουν. Στο σχήμα επίσης εισάγεται μία γενική ορολογία για την περιγραφή παθητικών ηλιακών συστημάτων ψύξης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε συστήματα των οποίων τα στοιχεία μπορούν να εξυπηρετήσουν και μία ψυκτική αλλά και μία θερμαντική λειτουργία. Για παράδειγμα, ένα σύστημα ψύξης με αποταμιευτή στέγης χρησιμοποιεί τα ίδια στοιχεία με το αντίστοιχο σύστημα θέρμανσης, εκτός του ότι ο αεριζόμενος χώρος που είναι απαραίτητος για τη μείωση των απωλειών το χειμώνα, πρέπει να παραληφθεί για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη το καλοκαίρι. Επίσης στον πίνακα υπάρχουν και διάφορα συστήματα ψύξης των οποίων τα στοιχεία δεν εκτελούν κάποια λειτουργία θέρμανσης.

Γενικά, η παθητική ηλιακή θέρμανση έχει μελετηθεί περισσότερο από την παθητική ψύξη. Για τα περισσότερα από τα συστήματα θέρμανσης δεν υπάρχουν συστήματα ψύξης που να χρησιμοποιούν μερικά ή όλα από τα ίδια στοιχεία.

Όπως και στην περίπτωση της θέρμανσης χώρου με παθητικά ηλιακά συστήματα, ο ρόλος της παθητικής ηλιακής ψύξης σε γενικότερα σχήματα ενεργειακής διαχείρισης για μεγάλης κλίμακας εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια πρέπει να προσδιοριστεί και να εκτιμηθεί με πληρότητα

1.2.4 Τοίχος Θερμικής Αποθήκευσης

1.2.4.1 Περιγραφή

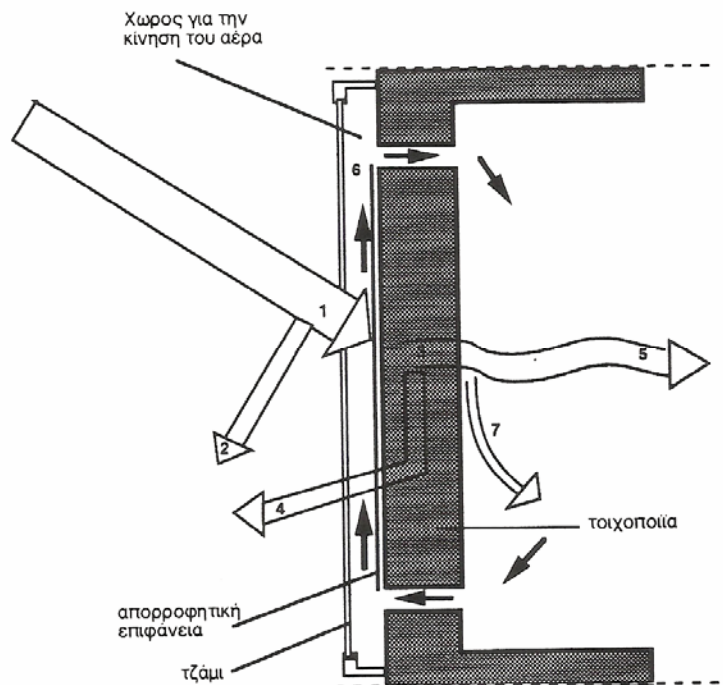
Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι ένας τοίχος με κατά κανόνα νότιο προσανατολισμό (για το βόρειο ημισφαίριο), κατασκευασμένος με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, που έχει την ιδιότητα να λειτουργεί σαν αποθήκη και διανομέας θερμότητας. Ο τοίχος συνδυάζεται με ένα υαλοστάσιο τοποθετημένο σε μία απόσταση από αυτόν προς την εξωτερική του πλευρά και χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που συγκεντρώνεται μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου σύμφωνα με την αρχή του θερμοκηπίου. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου βασίζεται στην ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι διαπερατό στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (0.4 - 2.5 μικρά), ενώ είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος γύρω στα 10 μικρά. Ταυτόχρονα το γυαλί λειτουργεί και σαν μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από τον τοίχο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Κύριο γνώρισμα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι το αδιαίρετο της συλλέκτριας επιφάνειας, της αποθήκης και του μέσου μεταφοράς της θερμότητας. Για την καλή λειτουργία του τοίχου το βάθος του θερμαινόμενου χώρου πρέπει να είναι από 4.5 ως 6.0 m έτσι ώστε η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον τοίχο να είναι αποτελεσματική. Επιπλέον η μόνωση του υπολοίπου κελύφους του κτιρίου πρέπει να είναι πλήρης για τη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι μία σύνθετη κατασκευή όπως φαίνεται στο σχήμα 1.7. Όπως προαναφέρθηκε, αποτελείται από ένα τοίχο με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και μία διαφανή επιφάνεια (γυαλί) παράλληλη προς αυτόν σε απόσταση κατά κανόνα από 3cm ως 12cm. Η εξωτερική πλευρά του τοίχου είναι βαμμένη συνήθως μαύρη για την όσο το δυνατό μεγαλύτερη απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τελευταία εκτός του μαύρου χρώματος, έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλα χρώματα όπως σκούρο μπλε ή πράσινο κυρίως για αισθητικούς λόγους.

Από τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης, τοίχοι μάζας καλούνται αυτοί που κατασκευάζονται με υλικά τοιχοποιίας δηλαδή χυτό σκυρόδεμα, τσιμεντόλιθους (πλήρεις ή με οπές), τούβλα, πέτρα και οπτόπλινθους. Για την ειδική περίπτωση που οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης είναι κατασκευασμένοι με μεταλλικά, πλαστικά ή από σκυρόδεμα δοχεία νερού καλούνται τοίχοι ή πάγκοι νερού.



υπομνημα :

1. προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία
2. ανακλώμενη ακτινοβολία από τη γυάλινη επιφάνεια
3. θερμική ενέργεια που απορροφάται απο τον τοίχο
4. θερμότητα που χάνεται από τον τοίχο
5. θερμότητα που ακτινοβολείται από τον τοίχο προς τα μέσα με χρονική καθυστέρηση
6. θερμότητα που μεταφέρεται από τον αέρα
7. θερμότητα που μεταφέρεται από την επιφάνεια του τοίχου

Σχήμα 1.7 Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας του τοίχου Trombe

[5]

Η ιδέα του τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες αναπτύχθηκε στη Γαλλία από τον καθηγητή Felix Trombe και τον αρχιτέκτονα Jacques Michel στα πρώτα πειραματικά ηλιακά σπίτια το 1967.

Οι θυρίδες τοποθετούνται στο επάνω και κάτω μέρος του τοίχου, σε όλο το μήκος του, για τη διευκόλυνση της κίνησης του αέρα. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα που βρίσκεται στο χώρο ανάμεσα στον τοίχο και το γυαλί, διαμέσου των θυρίδων λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας.

Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από:

- το μέγεθος του τοίχου σε σχέση με το χώρο που καλείται να θερμάνει, (Πίνακας I).
- το πάχος του τοίχου που η βέλτιστη ετήσια απόδοσή του εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του υλικού κατασκευής του. Το βέλτιστο πάχος του τοίχου αυξάνει καθώς αυξάνει η θερμική αγωγιμότητα του υλικού, (Πίνακας II).
- τα υλικά κατασκευής του που διακρίνονται σε υλικά συλλογής (υαλοπίνακες) και σε υλικά αποθήκευσης θερμότητας.
- το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας του τοίχου που επηρεάζει την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται από τον τοίχο και στην συνέχεια αποδίδεται στο εσωτερικό, (Πίνακας III).
- τις θυρίδες αερισμού που βρίσκονται στο επάνω και κάτω μέρος του τοίχου και που αυξάνουν την απόδοσή του ιδίως σε ψυχρά κλίματα

Μέση εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα	Εμβαδό απαιτούμενου ανοίγματος για τη μοναδιαία επιφάνεια του χώρου (κάτοψης)
°C	m ²
Κλίμα ψυχρό	
-9,4	0,27 – 0,42 (με νυχτερινή μόνωση)
-6,7	0,24 – 0,38 (με νυχτερινή μόνωση)
-3,9	0,21 – 0,33
-1,1	0,19 – 0,29
Κλίμα εύκρατο	
+1,7	0,16 – 0,25
+4,5	0,13 – 0,21
+7,2	0,11 – 0,17

Πίνακας I :Μέγεθος νοτίων ανοιγμάτων για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες

Πάχος τοίχου	Διακύμανση της θερμοκρασίας	Χρονική καθυστέρηση της υψηλότερης θερμοκρασίας
Cm	°C	ώρες
20	22.2	6.8
30	11.1	9.3
35	8.3	10.6
40	5.5	11.9
45	4.1	13.2
50	2.7	14.5
60	1.1	17.1

Πίνακας II: Διακύμανση της εσωτερικής, επιφανειακής θερμοκρασίας και χρονική καθυστέρηση, για τοίχο συλλέκτη από μπετόν

Χρώμα - Υλικό	Απορροφητικότητα (α)	Χρώμα - Υλικό	Απορροφητικότητα (α)
Μαύρο	0,97	Μπετόν καφέ	0,85
Μαύρο ματ	0,95	Σκούρο μπλε	0,88
Σκούρο γκρι	0,91	γκρι	0,70
Φυσικό μπετόν	0,65	Τούβλο κόκκινο	0,59
Μπετόν μαύρο	0,91	Πράσινο	0,47
Σκούρο πράσινο	0,89	Ανοιχτό πράσινο	0,57
Σκούρο καφέ	0,88	Κίτρινο	0,25
		Άσπρο	

Πίνακας III: Ικανότητα απορρόφησης θερμικής ενέργειας χρωμάτων και υλικών

1.2.4.2 Υλικά κατασκευής τοίχου θερμικής αποθήκευσης

Για την κατασκευή και τη λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται τρεις μεγάλες κατηγορίες υλικών. Η πρώτη περιλαμβάνει τα διάφορα διαφανή υλικά (γυαλί, πλαστικά) που λειτουργούν σαν παγίδα της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα βαριά αποθηκευτικά υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν τα διάφορα μονωτικά υλικά που είναι απαραίτητα για την καλή μόνωση του υπόλοιπου κελύφους που αποτελεί προϋπόθεση για τη σωστή λειτουργία των τοίχων θερμικής αποθήκευσης.

Διαφανής επιφάνεια

Η διαφανής επιφάνεια μπορεί να είναι από γυαλί ή από συνθετικό υλικό και πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις όπως:

- καλή εμφάνιση
- υψηλή αντοχή στις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις
- μεγάλη διαπερατότητα ηλιακής ακτινοβολίας
- χαμηλό κόστος αγοράς και τοποθέτησης

Το γυαλί είναι το ακριβότερο διαφανές υλικό είναι όμως άκαμπτο και παρουσιάζει αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις. Τα κύρια μειονεκτήματά του είναι το μεγάλο του βάρος και η μικρή αντοχή του. Τα ανακλαστικά και τα απορροφητικά γυαλιά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε παθητικά συστήματα γιατί μειώνουν το ποσοστό της ακτινοβολίας που εισέρχεται στον χώρο, μειώνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος. Το γυαλί έχει την ιδιότητα να επιτρέπει να περνά ακτινοβολία μικρού κύματος η οποία με την πρόσπτωσή της πάνω στην απορροφητική επιφάνεια ενός τοίχου μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος η οποία και παγιδεύεται χωρίς να είναι ικανή να διαπεράσει το γυαλί προς το εξωτερικό περιβάλλον. Στις κατασκευές των τοίχων θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται συνήθως το κοινό γυαλί (non-tempered) σε πάχη 3-6 mm καθώς και γυαλιά που έχουν υποστεί ειδικές διεργασίες (fully tempered) για να αντιστέκονται σε υψηλές θερμοκρασίες.

Εναλλακτική λύση στη χρήση γυαλιού αποτελεί η χρησιμοποίηση σκληρών πλακών ή ακόμη και εύκαμπτων φύλλων πλαστικού. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα είναι το μικρότερο βάρος και η μεγαλύτερη μηχανική αντοχή τους σε σχέση με το γυαλί. Επίσης μορφοποιούνται εύκολα και είναι συνήθως φθηνότερα από τους μονούς υαλοπίνακες. Δεν είναι όμως τελείως διαφανή και έχουν χαμηλή αντίσταση στη φωτιά.

Τελευταία έχουν εισβάλει στην αγορά των διαφανών υλικών τα ενισχυμένα πολυεστερικά φύλλα (fiberglass). Μερικά από αυτά τα υλικά έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα από το γυαλί.

1.2.4.3 Υλικά θερμικής αποθήκευσης

Σημαντικό ρόλο στη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας παίζει τόσο η θερμοχωρητικότητα του νότιου τοίχου θερμικής αποθήκευσης όσο και των άλλων τοίχων, του δαπέδου και της οροφής ενός κτιρίου. Όπως είναι γνωστό όλα τα υλικά έχουν κάποια θερμοχωρητικότητα K (σε $\text{Kcal/m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$) που εκφράζεται σαν το γινόμενο της ειδικής θερμότητας C_p (σε $\text{Kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$) και της πυκνότητας P (σε kg/m^3) του υλικού.

$$K = C_p \cdot \rho$$

Ενδεικτικά η θερμοχωρητικότητα διαφόρων κοινών υλικών είναι :

Υλικό	Ειδική θερμότητα	Πυκνότητα	Θερμοχωρητικότητα
Νερό (4°C)	1,00	1000	1000
Χάλυβας	0,12	7800	936
Χαλκός	0,092	8930	870
Αλουμίνιο	0,214	2700	578
Μπετόν	0,22	2300	506
Τούβλα	0,20	1970	394
Γύψος	0,26	1250	325
Πηλός	0,22	1000	220
Υαλόμαλλο	0,157	52	8,16
Αέρας	0,24	1,29	0,31

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το νερό έχει τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και αποτελεί το καλύτερο υλικό αποθήκευσης θερμότητας. Το κύριο όμως πρόβλημα με τη χρήση τοίχων νερού είναι η μικρή αντοχή τους στο χρόνο και το υψηλό κόστος συντήρησης. Επίσης το νερό ελάχιστα υπερέχει σε σύγκριση με ένα συμπαγή τοίχο γιατί το νερό θερμαίνεται ομοιόμορφα και κατά τις νυκτερινές ώρες η εξωτερική του επιφάνεια έχει υψηλή θερμοκρασία και επομένως υψηλές απώλειες προς το περιβάλλον. Αντίθετα, τα υλικά τοιχοποιίας θερμαίνονται κατά στρώσεις και το βράδυ η εξωτερική τους επιφάνεια είναι ψυχρότερη από την εσωτερική και γι' αυτό ο τοίχος αυτός παρουσιάζει λιγότερες απώλειες σε σχέση με τον υδάτινο. Το μπετόν είναι το καλύτερο από τα συνήθη οικοδομικά υλικά γιατί έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για εσωτερική επένδυση ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης πρέπει να έχουν μεγάλο συντελεστή θερμοπερατότητας όπως Π.χ. το επίχρισμα ενώ το ξύλο ή το πλαστικό γενικά πρέπει να αποφεύγονται

Τα τελευταία χρόνια σε αντικατάσταση της μάζας θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούνται υλικά των οποίων αλλάζει η κατάσταση τους (ή η φάση τους) και ανάλογα αποθηκεύουν ή αποδίδουν θερμότητα. Τα υλικά αλλαγής φάσης έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν θερμότητα όταν τήκονται και να την απελευθερώνουν όταν επαναστερεοποιούνται. Τέτοιες χημικές ενώσεις είναι τα εύτηκτα άλατα. Το πιο μελετημένο άλας είναι το άλας του Glauber ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) που λιώνει στους 32°C και αποθηκεύει ενέργεια 244 KJ ανά κιλό. Τα μειονεκτήματα της χρήσης τέτοιων υλικών είναι η οξειδωτική τους φύση με αποτέλεσμα να απαιτούν τοποθέτηση μέσα σε ειδικά δοχεία καθώς και το υψηλό τους κόστος.

1.2.4.4 Θερμομόνωση

Η καλή μόνωση ολόκληρου του κελύφους του κτιρίου αποτελεί βασική προϋπόθεση για την καλύτερη λειτουργία ενός τοίχου θερμικής αποθήκευσης. Ο σωστός σχεδιασμός της συνεισφέρει σημαντικά στην μείωση της κατανάλωση ενέργειας. Το πάχος του μονωτικού υλικού αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στον σχεδιασμό. Επίσης ιδιαίτερης σημασίας είναι η προφύλαξη της μόνωσης από την υγρασία.

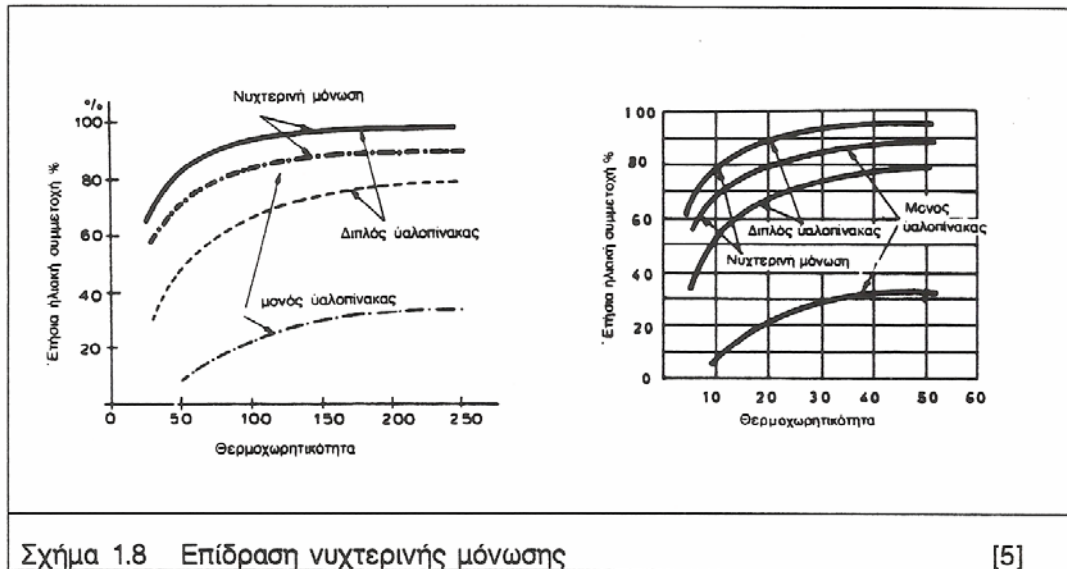
Στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία υλικών μόνωσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά και περιοχές εφαρμογής και απαιτείται καλή γνώση των ιδιοτήτων τους πριν χρησιμοποιηθούν. Η παράγραφος αυτή δεν επιχειρεί να καλύψει αυτό το θέμα τεράστιας σημασίας. Περισσότερα στοιχεία, τρόποι υπολογισμού και εκλογής υλικών παραθέτονται σε εξειδικευμένα συγγράμματα.

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι απαραίτητο να μονωθεί από όλα τα στοιχεία με τα οποία έρχεται σε επαφή για να περιοριστούν οι θερμογέφυρες. Ο τοίχος μονώνεται από το μεταλλικό πλαίσιο του υαλοστασίου με ξύλινα καδρόνια και από τους συμβατικούς τοίχους με καουτσούκ ή βινύλιο. Επίσης η θεμελίωση του τοίχου προστατεύεται περιμετρικά με θερμομόνωση.

Οι θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας και ακτινοβολίας ενός συστήματος τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι πολύ μεγάλες μέσα από τη διαφανή επιφάνεια προς το περιβάλλον, έτσι ώστε το σύστημα αυτό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο τις ημέρες με ηλιοφάνεια. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη και χρήση μίας νέας οικογένειας υλικών που αποκαλούνται διαφανή μονωτικά υλικά (TIM - Transparent Insulation Materials) που χαρακτηρίζονται τόσο από "ολική ηλιακή μετάδοση" όσο και ένα σχετικά χαμηλό συντελεστή θερμικών απωλειών. Τα υλικά αυτά τοποθετούνται συνήθως μεταξύ του συμπαγούς και διαφανούς μέρους του τοίχου με στόχο τη μείωση των απωλειών κατά τη διάρκεια των κρύων ημερών επιτρέποντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας να τα διαπερνά και να φτάνει στη μάζα αποθήκευσης. Διαφορετικά υλικά TIM αναπτύχθηκαν ανάλογα με την εφαρμογή τους. Τέτοια είναι τα ομογενή υλικά όπως τα αφρώδη (foams) ή ζελέ (gels), με πολλαπλές ίνες γυαλιού, ή παράλληλα πλαστικά φύλλα.

Το βράδυ που υπάρχουν μόνο θερμικές απώλειες εφαρμόζεται κινητή μόνωση των υαλοστασίων του τοίχου θερμικής αποθήκευσης η οποία για να είναι αποτελεσματική πρέπει να κλείνει τελείως τους αρμούς του ανοίγματος και να έχει μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας. Η κινητή μόνωση μειώνει τις θερμικές απώλειες και βελτιώνει την τελική απόδοση του ηλιακού συστήματος.

Από το σχήμα 1.8 φαίνεται επίσης ότι η νυχτερινή μόνωση έχει μεγαλύτερη σημασία στο μονό παρά στο διπλό υαλοστάσιο. Αντίστοιχες βελτιώσεις με τη χρήση νυχτερινής μόνωσης επέρχονται και στην απόδοση του τοίχου θερμικής αποθήκευσης.



Σχήμα 1.8 Επίδραση νυχτερινής μόνωσης

[5]

Υπάρχουν τρεις τύποι νυχτερινών μονώσεων:

- οι χειροκίνητες.
- οι μηχανοκίνητες.
- αυτές που λειτουργούν με θερμική διέγερση.

Η καλύτερη θέση για τις κινητές μονώσεις είναι εξωτερικά από το υαλοστάσιο. Έτσι ο υαλοπίνακας παραμένει ζεστός και δεν υπάρχει κίνδυνος συμπύκνωσης και υγραποίησης υδρατμών. Επίσης λειτουργούν και σαν ηλιοπροστατευτικά πετάσματα όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ανεπιθύμητη.

1.2.4.5 Αρχές λειτουργίας του τοίχου θερμικής αποθήκευσης

Στις συνηθισμένες κατασκευές τοίχων θερμικής αποθήκευσης ανήκουν ο τοίχος μάζας και ο τοίχος Trombe. Στη συνέχεια περιγράφεται η λειτουργία των δύο αυτών τοίχων κατά τη διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού.

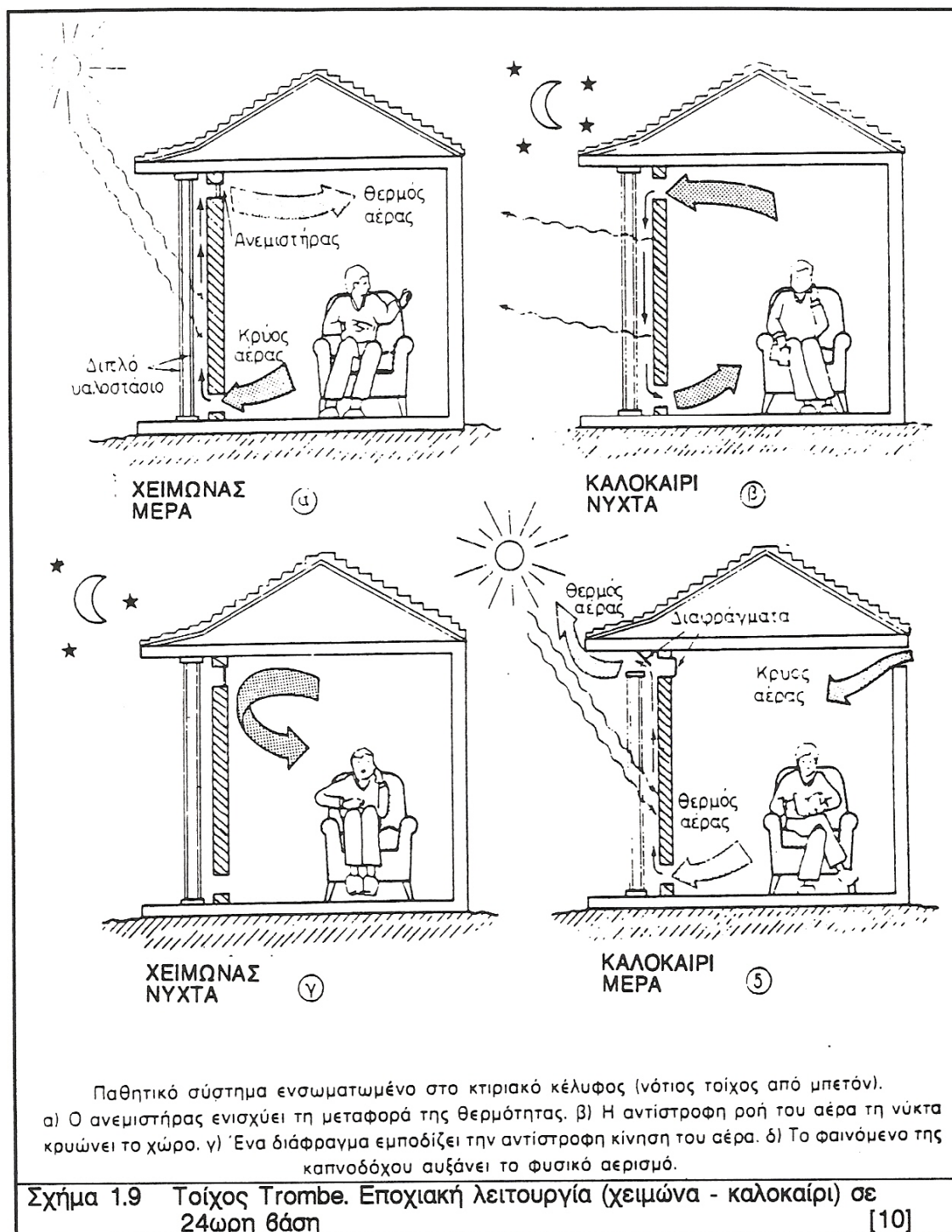
Λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης το χειμώνα

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι:

Κατά τη διάρκεια της ημέρας όταν ο ήλιος προσπίπτει στην διάφανη επιφάνεια, η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το γυαλί εγκλωβίζεται στο χώρο μεταξύ της συλλεκτικής επιφάνειας και της αποθήκης θερμότητας. Στη συνέχεια προσπίπτει πάνω στην μαύρου χρώματος επιφάνεια του τοίχου και απορροφάται. Κατά την απορρόφηση μετατρέπεται σε θερμότητα (σχήμα 1.7). Μέρος αυτής της θερμότητας παραμένει στον τοίχο και αποδίδεται προς τον εσωτερικό χώρο.

Ένα άλλο μέρος όμως, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής καταναλώνεται στη θέρμανση του ψυχρότερου αέρα που βρίσκεται μεταξύ γυαλιού και τοίχου. Ο θερμός πλέον αέρας κινείται προς τα πάνω. Σ' αυτό βασίζεται η λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες (Trombe). Στο επάνω και κάτω μέρος του θερμοσιφωνικού τοίχου Trombe υπάρχουν θυρίδες αερισμού. Η λειτουργία οφείλεται στην κίνηση του θερμού αέρα που διέρχεται από την πάνω θυρίδα και εισέρχεται στον πίσω από τον τοίχο χώρο, θερμαίνοντάς τον. Ταυτόχρονα ψυχρός αέρας μπαίνει από τον εσωτερικό χώρο λόγω της υποπίεσης που δημιουργείται, από την κάτω θυρίδα και αντικαθιστά το κενό που δημιουργήθηκε, σχήμα 1.9.

Η διάταξη αυτή εξασφαλίζει μία φυσική κυκλοφορία του αέρα που αρχίζει μόλις θερμαίνεται ο τοίχος από τον ήλιο και συνεχίζεται λίγες ώρες μετά την απομάκρυνση του ήλιου. Ο χρόνος που θα συνεχιστεί η θερμοκυκλοφορία του αέρα, αφού σταματήσει η θερμική επίδραση του ήλιου είναι συνάρτηση της ποσότητας ηλιακής ακτινοβολίας που θα δεχτεί ο τοίχος κατά τη διάρκεια της ημέρας καθώς και άλλων εξωτερικών κλιματικών συνθηκών, αλλά και των υλικών κατασκευής του τοίχου (θερμοχωρητικότητα).



Ένα άλλο μέρος της θερμικής ενέργειας, όπως αναφέρθηκε, μεταδίδεται μέσα από τη μάζα του τοίχου προς την εσωτερική πλευρά του, εμφανίζεται εκεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, που εξαρτάται από το υλικό και το πάχος του τοίχου, και έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής θερμοκρασίας στην εσωτερική επιφάνειά του. Η θερμότητα αυτή αποδίδεται με αγωγιμότητα αλλά κυρίως με μεταφορά και ακτινοβολία προς τις επιφάνειες των άλλων τοίχων, του δαπέδου και της οροφής.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας η λειτουργία του τοίχου προφανώς αντιστρέφεται. Έτσι, πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος να κλείνουν οι θυρίδες αερισμού ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη διαδρομή του αέρα και κατά συνέπεια και της θερμότητας, σχήμα 1.9β, 1.9γ.

Ένας συνδυασμός του συστήματος απενεργοποίησης του συστήματος με το κλείσιμο των θυρίδων που λειτουργεί πλέον ως τοίχος μάζας, και της χρήσης νυχτερινής μόνωσης, αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τον έλεγχο και περιορισμό των θερμικών απωλειών, τόσο κατά τις νυχτερινές ώρες όσο και τις ημέρες με έλλειψη ηλιοφάνειας.

Λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης το καλοκαίρι

Εκτός από τη θέρμανση το χειμώνα τα περισσότερα παθητικά ηλιακά συστήματα λειτουργούν και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού προσφέροντας αντί θερμότητα, δροσιά ή απλά απενεργοποιούνται. Έτσι και ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης είτε με, είτε χωρίς θυρίδες εξαερισμού (τοίχος μάζας) μπορεί να συνεισφέρει στην ψύξη του χώρου το καλοκαίρι, ή να απενεργοποιηθεί. Μπορεί να λειτουργήσει για το σκοπό αυτό κατά τρεις τρόπους:

- a) Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν θυρίδες εξαερισμού (τοίχος μάζας) ή τοίχου Trombe, οι θυρίδες πρέπει να είναι κλειστές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ώστε με την πλήρη ηλιοπροστασία, να καταργείται η λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης
- b) Στην περίπτωση που υπάρχουν θυρίδες αερισμού πρέπει να προβλέπονται στο πάνω και κάτω μέρος του διαφανούς τμήματος του τοίχου θερμικής αποθήκευσης θυρίδες για την απομάκρυνση του ζεστού αέρα.
- c) Στην περίπτωση που προβλέπονται θυρίδες εξαερισμού στο διαφανές τμήμα του τοίχου (υαλοπίνακα) και ένα άνοιγμα στον απέναντι τοίχο τότε οι συνθήκες αλλάζουν και ο τοίχος συνεισφέρει στην ψύξη του χώρου, σχήμα 1.9δ. Με το κλείσιμο της επάνω θυρίδας του τοίχου και αφήνοντας ανοικτή την κάτω και παράλληλα έχοντας ανοικτό τον επάνω φεγγίτη εξαερισμού του γυαλιού ενώ το κάτω άνοιγμά του είναι κλειστό, δημιουργείται και πάλι το φαινόμενο της "ηλιακής καμινάδας" απάγοντας τον αέρα μεταξύ γυαλιού και τοίχου. Σαν αποτέλεσμα δημιουργείται υποπίεση στο χώρο αυτό με συνέπεια τη φυσική έλξη του αέρα από τον εσωτερικό χώρο του κτιρίου πίσω από τον τοίχο. Ο αέρας που φεύγει έτσι από το δωμάτιο αντικαθίσταται από άλλον που μπαίνει από το άνοιγμα του απέναντι βορινού τοίχου. Και πάλι καλό είναι να προβλεφθεί ώστε ο αέρας που εισέρχεται να είναι δροσερός. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η ύπαρξη δέντρων.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοίχων θερμικής αποθήκευσης

Πλεονεκτήματα

- Ο απλός τρόπος κατασκευής που δεν απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.
- Το χαμηλό κόστος σε σχέση με άλλα παθητικά ηλιακά συστήματα και τη σημαντική ενεργειακή του απόδοση.
- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στην απορρόφηση και στην απόδοση της θερμικής ενέργειας στον χώρο διαβίωσης έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται σε βραδινές ώρες που είναι περισσότερο απαραίτητη.
- Οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας στο χώρο διαβίωσης είναι χαμηλότερες από αυτές που εμφανίζονται στα συστήματα άμεσου κέρδους.
- Δεν υπάρχει κίνδυνος θαμπώματος και αλλοίωσης των υφασμάτων από υπεριώδη ακτινοβολία.
- Εφαρμόζεται εύκολα σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

Μειονεκτήματα

- Η εξωτερική (προς το περιβάλλον) επιφάνεια του τοίχου μάζας είναι σχετικά θερμή (καθώς η μετάδοση της θερμότητας με αγωγιμότητα μέσω του τοίχου είναι αργή) και αυτό οδηγεί σε σημαντική απώλεια ενέργειας και μείωση του βαθμού απόδοσης του συστήματος.
- Απαιτούνται ουσιαστικά δύο νότιοι τοίχοι, ένα υαλοστάσιο και ένας τοίχος μάζας, με φανερά μειονεκτήματα στο κόστος και στον χώρο που καταλαμβάνει το σύστημα
- Έλλειψη θερμικής άνεσης προκαλείται στην αρχή και στο τέλος της περιόδου θέρμανσης από υπερθέρμανση του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας ή μη ελεγχόμενη θερμική ακτινοβολία τις θερμές νύχτες. Προϋπόθεση για τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία του τοίχου θερμικής αποθήκευσης τόσο το χειμώνα (νύχτα) όσο και το καλοκαίρι (ημέρα) αποτελεί και η χρήση νυχτερινής μόνωσης, το κόστος της οποίας επιβαρύνει την κατασκευή του.
- Ο τοίχος Trombe πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των υαλοστασίων.
- Μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα από τη συμπύκνωση υδρατμών στο τζάμι · Η ανάγκη για θερμική μάζα πρέπει να εξισορροπείται με τις απαιτήσεις για θέα και φυσικό φωτισμό.
- Για τη σωστή λειτουργία του τοίχου Trombe απαιτείται η συμμετοχή του ίδιου του χρήστη που αποτελεί μειονέκτημα όταν αυτή είναι ελλιπής ή ανύπαρκτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μέθοδοι υπολογισμού κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιρίου θα γίνει χρήση δυο μεθοδολογιών:

- Για τη χειμερινή περίοδο θα εφαρμοσθεί αυτή που δίνεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 832/1998+AC:2002
- Για τη θερινή περίοδο θα εφαρμοσθεί η μέθοδος που προτείνεται από την Ashrae , μέθοδος CLTD (Cooling Load Temperature Difference)

2.1 ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ : ΕΛΟΤ EN 832 /1998+ AC:2002

ΤΙΤΛΟΣ : Θερμικές επιδόσεις κτιρίων – Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση – Κτίρια κατοικιών.

Οι μέθοδοι υπολογισμού που παρουσιάζονται σε αυτό το πρότυπο βασίζονται σε μια σταθερή κατάσταση ενεργειακής ισορροπίας, αλλά λαμβάνουν υπόψη τις μεταβολές της εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας, μέσω ενός λειτουργικού παράγοντα, και των αποτελεσμάτων των εσωτερικών και ηλιακών κερδών.

Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις παρακάτω εφαρμογές.

- 1) κρίνοντας τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς που εκφράζονται από την άποψη των ενεργειακών στόχων.
- 2) Μεγιστοποίηση της ενεργειακής επίδοσης ενός ήδη σχεδιασμένου κτιρίου, με εφαρμογή της μεθόδου σε διάφορες πιθανές περιπτώσεις.
- 3) Παρουσιάζοντας ένα συμβατό επίπεδο ενεργειακής επίδοσης των ήδη υπαρχόντων κτιρίων.
- 4) Αποτιμώντας την επίδραση των πιθανών μέτρων ενεργειακής συντήρησης σε ένα ήδη υπάρχον κτίριο, με υπολογισμό της χρήσης ενέργειας με και χωρίς τα μέτρα ενεργειακής συντήρησης.
- 5) Προβλέποντας την μελλοντική ανάγκη σε ενεργειακές πηγές σε εθνική ή διεθνική κλίμακα, υπολογίζοντας την ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων κτιρίων που αντιπροσωπεύουν το σύνολο των κτιρίων.

Ο χρήστης του προτύπου μπορεί να ανατρέξει και σε άλλα Ευρωπαϊκά πρότυπα ή διεθνή έγγραφα για δεδομένα εισόδου και λεπτομερείς υπολογισμούς που δεν περιλαμβάνονται σε αυτό το πρότυπο.

Σε ορισμένες χώρες ο υπολογισμός της ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίων αποτελεί μέρος των εθνικών κανονισμών. Πληροφορίες για εθνικές αποκλίσεις από αυτό το πρότυπο λόγω κανονισμών δίνονται στο παράρτημα 13.

2.1.1 Πεδίο

Αυτό το πρότυπο μας δίνει μια απλουστευμένη μέθοδο υπολογισμού για αποτίμηση της χρήσης θερμότητας και της ενέργειας που χρειάζεται για την θέρμανση του χώρου ενός οικιστικού κτιρίου, ή μέρος αυτού, στο οποίο θα αναφερόμαστε ως «το κτίριο».

Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει υπολογισμούς για :

- 1) Απώλειες θερμότητας του κτιρίου όταν αυτό θερμαίνεται σε μία σταθερή θερμοκρασία.
- 2) Ετήσια θερμότητα που χρειάζεται για να διατηρηθούν οι καθορισμένες θερμοκρασίες στο κτίριο.
- 3) Ετήσια ενέργεια που απαιτείται από το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου για την θέρμανση των χώρων.

Το κτίριο μπορεί να έχει διάφορες ζώνες με διαφορετική επιθυμητή θερμοκρασία. Υπάρχει η περίπτωση σε μια ζώνη να υπάρχει ασυνεχής θέρμανση.

Η περίοδος των υπολογισμών μπορεί να είναι είτε η περίοδος θέρμανσης ή μια μηνιαία περίοδος. Μηνιαίοι υπολογισμοί δίνουν σωστά αποτελέσματα σε ετήσια βάση, αλλά τα αποτελέσματα για τους μήνες αρχικά της περιόδου θέρμανσης και κατά το τέλος αυτής μπορεί να έχουν μεγάλα σχετικά σφάλματα. Στο παράρτημα 10 δίνονται περισσότερες πληροφορίες ως προς την ακρίβεια της μεθόδου.

2.1.2 Κανονιστικές Αναφορές

Αυτό το ευρωπαϊκό πρότυπο ενσωματώνει με χρονολογημένη ή μη χρονολογημένη αναφορά, άρθρα από άλλες δημοσιεύσεις. Οι κανονιστικές αναφορές παραθέτονται στο κατάλληλο μέρος στο κείμενο και οι δημοσιεύσεις καταγράφονται παρακάτω. Για χρονολογημένες αναφορές, διαδοχικές τροποποιήσεις σε αυτές ή αναθεωρήσεις σε οποιαδήποτε από τις δημοσιεύσεις, εφαρμόζονται σε αυτό το Ευρωπαϊκό Πρότυπο μόνο αφού έχουν ενσωματωθεί σε αυτό ή έχουν εισαχθεί με κάποια τροποποίηση ή αναθεώρηση. Για μη χρονολογημένες αναφορές, ισχύει η τελευταία έκδοση που αναφέρεται σε αυτή.

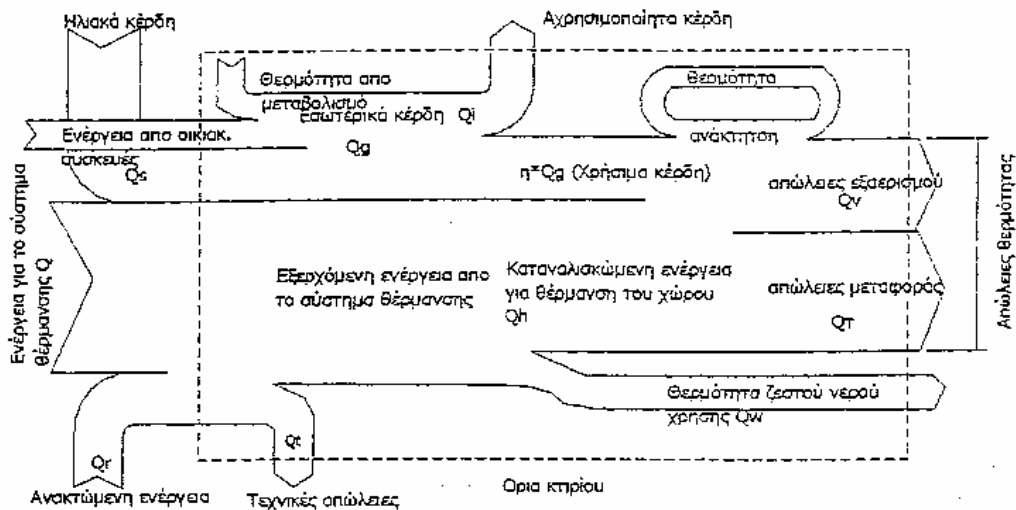
prEN 410	Υαλοστάσια- Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών φωτεινότητας και φάσματος ηλιακού φωτός των υαλοστασίων.
EN ISO 7345	Θερμική μόνωση-Φυσικές ποσότητες και ορισμοί (ISO 7345:1987)
prEN ISO 10077-1	Παράθυρα, πόρτες και παραθυρόφυλλα-Θερμική μετάδοση-Μέρος 1: Απλοποιημένη μέθοδος υπολογισμού.
EN ISO 13786	Θερμική συμπεριφορά στοιχείων του κτιρίου-Δυναμικά θερμικά χαρακτηριστικά-Μέθοδος υπολογισμού (ISO 13786:1997)
EN ISO 13789	Θερμική συμπεριφορά κτιρίων-Συντελεστής απώλειας θερμότητας από μετάδοση-Μέθοδος υπολογισμού (ISO 13789:1997)

2.1.3 Ενεργειακό ισοζύγιο

Το ενεργειακό ισοζύγιο καθορίζεται από :

- Απώλειες από μετάδοση και από αερισμό, από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον.
- Θερμικές απώλειες από μετάδοση και αερισμό ή θερμικά κέρδη από παράπλευρες ζώνες.
- Τα χρήσιμα θερμικά κέρδη, τα οποία προέρχονται από την θερμική ακτινοβολία των εσωτερικών πηγών ενέργειας.
- Τα ηλιακά κέρδη.
- Την παραγωγή, διανομή, εκπομπή και απώλειες ελέγχου του συστήματος θέρμανσης.
- Την ενέργεια που εισάγουμε στο σύστημα θέρμανσης.

Ο ορισμός του ενεργειακού ισοζυγίου απεικονίζεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 2.1 : Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο κτιρίου

2.1.4 Διαδικασία

Η διαδικασία υπολογισμού για το υπό μελέτη κτίριο προβάλλεται παρακάτω. Επιπροσθέτως, η ειδική προσέγγιση που δίνεται στο παράρτημα Α πρέπει να ακολουθείται όταν εφαρμόζουμε αυτό το πρότυπο σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

1. Προσδιορίστε τα όρια του θερμαινόμενου χώρου και, αν χρειάζεται, των διαφορετικών ζωνών και των μη θερμαινόμενων χώρων, σύμφωνα με το 4.3.
2. Κτίρια μονής ζώνης : υπολογίστε τον συντελεστή θερμικών απωλειών του θερμαινόμενου χώρου σύμφωνα με το άρθρο 5.
Κτίρια πολλών ζωνών : ακολουθήστε τη διαδικασία στο παράρτημα Β.
3. Ορίστε την επιθυμητή θερμοκρασία, και αν υπάρχει, το μοτίβο της ασυνέχειας.
4. Για εποχιακούς υπολογισμούς, ορίστε ή υπολογίστε τη διάρκεια και τα κλιματικά δεδομένα της εποχής θέρμανσης, σύμφωνα με το 8.2.

Έπειτα, για κάθε περίοδο υπολογισμών:

5. Υπολογίστε τις θερμικές απώλειες, Q_i :
 - a) Με βάση την υπόθεση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας, σύμφωνα με το άρθρο 5.
 - b) Όταν σχετίζονται, με βάση την ασυνεχή θέρμανση σύμφωνα με το 5.3.
6. Υπολογίστε τα εσωτερικά θερμικά κέρδη, Q_i , σύμφωνα με το 6.2.
7. Υπολογίστε τα ηλιακά κέρδη, Q_s , σύμφωνα με το 6.3.
8. Υπολογίστε τον παράγοντα αξιοποίησης για ολικά κέρδη, σύμφωνα με το 7.2.
9. Υπολογίστε την χρήση θερμότητας, με την εξίσωση (18).

Μετά για όλο το χρόνο:

10. Υπολογίστε την ετήσια χρήση θερμότητας του χώρου, σύμφωνα με το άρθρο 8.
11. Υπολογίστε την χρήση ενέργειας για θέρμανση παίρνοντας υπόψη τις απώλειες ή την απόδοση του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με το άρθρο 9.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ASHRAE

ΤΙΤΛΟΣ : Μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών φορτίων CLTD (Cooling Load Temperature Difference)

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων, έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι και τρόποι προσέγγισης από πολύπλοκοι, μέχρι πολύ απλοί.

Το 1972 η ASHRAE δημοσίευσε δύο μεθόδους υπολογισμού του ψυκτικού φορτίου. Τη μέθοδο ολικής ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς (Total equivalent temperature differential method, TETD), όπου προσθέτονται οι διάφορες συνιστώσες του θερμικού κέρδους και η τιμή αυτή καθορίζει το στιγμιαίο ολικό ψυκτικό φορτίο. Χρησιμοποιώντας μια τεχνική χρονικού μέσου όρου, παίρνεται ο μέσος όρος των τιμών προηγούμενων ωρών για την από ακτινοβολία συνισταμένη του θερμικού κέρδους.

Η δεύτερη μέθοδος είναι της συνάρτησης μεταφοράς (Transfer function method, TFM), κατά την οποία η μετατροπή του θερμικού κέρδους σε ψυκτικό φορτίο, με χρησιμοποίηση του θερμικού κέρδους από προηγούμενες ώρες, και με χρήση κατάλληλων συντελεστών που εκφράζουν την επίδραση από τη θερμική συσσώρευση.

Τελευταία η ASHRAE, δημοσίευσε μια μέθοδο απλούστερη από τις προηγούμενες, τη μέθοδο της θερμοκρασιακής διαφοράς ψυκτικού φορτίου (Cooling load temperature difference method, CLTD)

2.2.1 Στοιχεία απαραίτητα για τον υπολογισμό ψυκτικού φορτίου.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων των χώρων χρειάζονται τα εξής:

1. Σχέδια, υλικά και χρώματα κατασκευής, του κτιρίου.
2. Προσανατολισμός, θέση και εξωτερική σκίαση αυτού.
3. Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής που ανήκει το κτίριο και στοιχεία για την εκτίμηση των εξωτερικών συνθηκών (περιβάλλοντος), όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία.
4. Γνώση της χρήσης και λειτουργίας των χώρων του κτιρίου, όπως ώρες λειτουργίας φωτισμού, συσκευών και μηχανημάτων, ώρες εργασίας και πλήθος ανθρώπων στον χώρο, συνθήκες ανανέωσης του αέρα στον κάθε χώρο.
5. Εκλογή των δυσμενέστερων συνθηκών για τον υπολογισμό των φορτίων, δηλαδή εκλογή του μήνα, της μέρας και της ώρας που εμφανίζονται αυτές από τα στατιστικά στοιχεία παίρνοντας υπόψη όλες τις πιθανές παράμετρος. Είναι συνηθισμένο ο υπολογισμός να γίνεται για διάφορες ώρες της μέρας που εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των φορτίων.

Είναι φυσικό ο υπολογισμός αυτός να γίνει με τέτοιο τρόπο (τμηματικό), ώστε να καλύπτεται το πλήθος και η μορφή των φορτίων που εμφανίζονται σε ένα χώρο. Συνήθως ο υπολογισμός γίνεται για διάφορες ώρες της μέρας και επιλέγεται η τελικά δυσμενέστερη τιμή των υπολογισμών.

2.2.2 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων γίνεται, αθροίζοντας τις ωριαίες καταναλώσεις ενέργειας του κτιρίου. Αυτές προκύπτουν από τα επιμέρους φορτία που προέρχονται από τις ακόλουθες αιτίες:

- Ψυκτικά φορτία από αγωγή δια μέσου εξωτερικών τοίχων
- Ψυκτικά φορτία από αγωγή δια μέσου οροφής
- Ψυκτικά φορτία από αγωγή δια μέσου υαλοπινάκων
- Ψυκτικά φορτία από ακτινοβολία δια μέσου υαλοπινάκων
- Ψυκτικά φορτία από εσωτερικές πηγές
 1. Από φωτισμό
 2. Από ηλεκτροκινητήρες
 3. Από συσκευές
 4. Από ανθρώπους

2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ 5000

ΤΙΤΛΟΣ : Μέθοδος υπολογισμού θερμικών φορτίων.

2.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πιο ακριβής ανάλυση της απόδοσης των παθητικών ηλιακών κτιρίων είναι δύσκολη χωρίς τους υπολογιστές. Μπορούν ωστόσο να χρησιμοποιηθούν κάποιες απλοποιημένες μέθοδοι με το χέρι για γρήγορα προσεγγιστικά αποτελέσματα. Μια τέτοια μέθοδος είναι η Νέα Μέθοδος 5000 που παρέχει μια διαδικασία η οποία {Βασίζεται σε μια σειρά εντύπων που συμπληρώνονται διαδοχικά με κατάλληλους υπολογισμούς που γίνονται με το χέρι.

Οι μέθοδοι υπολογισμού με το χέρι θεωρούνται ικανοποιητικές αν τα αποτελέσματα τους είναι σε λογικές τιμές σε συμφωνία με πιο περίπλοκα προγράμματα υπολογιστή, που έχουν αξιολογηθεί.

Υπάρχουν παρ' όλα αυτά διάφορες πηγές λαθών, σε όλες τις προβλέψεις θερμικής συμπεριφοράς, τόσο στις μεθόδους με υπολογιστή όσο και σε αυτές με το χέρι. Υπάρχει η προφανής αιτία αβεβαιότητας από το γεγονός ότι κανένα κτίριο όταν κατασκευαστεί δεν ανταποκρίνεται ακριβώς στα σχέδια και την προδιαγραφή τους και από το γεγονός ότι κανένα υλικό δε συμπεριφέρεται επιτόπου όπως στο εργαστήριο. Επιπλέον δεν υπάρχει άλλη επιλογή από το να γίνει προσέγγιση της επίδρασης της διείσδυσης αέρα, των καιρικών συνθηκών και της χρήσης του κτιρίου, με μέσες τιμές για μια αρκετά μεγάλη περίοδο. Η Νέα Μέθοδος 5000 χρησιμοποιείται για να προβλέψει τη βοηθητική θερμότητα που απαιτείται για κάθε συγκεκριμένο μήνα. Αυτό επιτυγχάνεται με την αφαίρεση των χρήσιμων θερμικών κερδών (σε kWh για το μήνα) από τις συνολικές θερμικές απώλειες (σε kWh) για τον ίδιο μήνα.

2.3.2 Κατάταξη των δυνατοτήτων

Είναι σκόπιμο να διακριθούν τα παθητικά ηλιακά κτίρια σε δύο υποομάδες: αυτά που θερμαίνονται μόνο με άμεσο κέρδος (περίπτωση Α), που είναι πολύ συνήθη και αυτά που δε βασίζονται μόνο στο άμεσο κέρδος (περίπτωση Β), από τα οποία υπάρχουν πολλοί τύποι.

Για κάθε υποομάδα, πρέπει να διευκρινιστούν ορισμένα ζητήματα: για παράδειγμα αν οι θερμομονωτικές ικανότητες του κτιρίου είναι ίδιες την ημέρα όπως και τη νύχτα, αν η ρύθμιση του θερμοστάτη είναι ίδια την ημέρα όπως και τη νύχτα, αν η θέρμανση γίνεται με διακοπές και αν ο χώρος που θερμαίνεται αποτελείται από μια ή περισσότερες ζώνες (που καθορίζονται με διαφορετικές ρυθμίσεις του θερμοστάτη). Ιδιαίτερα στην περίπτωση Β τίθεται το ζήτημα ποιες συσκευές ηλιακού κέρδους θα χρησιμοποιηθούν, μόνες ή σε συνδυασμό με άλλες, από την ευρεία ποικιλία δυνατοτήτων. Είναι πρακτικά σπάνιο ένα κτίριο να χρησιμοποιεί όλες τις δυνατές ηλιακές συσκευές.

Οι θερμικές απώλειες είναι στοιχειωδώς οι ίδιες αλλά και για τις δυο περιπτώσεις παρουσιάζονται δύο δυνατότητες: να χρησιμοποιηθούν ή όχι χώροι ανάσχεσης. Η εφαρμογή της Μεθόδου μπορεί να αναλυθεί σε πέντε διαδοχικά στάδια (στάδια 1 έως 5). Παρ' όλα αυτά το κείμενο έχει διαταχθεί σε τομείς για να διευκολύνεται η συζήτηση από τις διάφορες παθητικές ηλιακές δυνατότητες, σε αυτές τις περιπτώσεις που έχουν να κάνουν με τα κτίρια τα οποία έχουν μόνο άμεσο ηλιακό κέρδος. Ως αποτέλεσμα οι διάφορες ενέργειες ονομάζονται σύμφωνα με τις επικεφαλίδες των τμημάτων και τις υποδιαιρέσεις τους και όχι σύμφωνα με την αρίθμηση των ενεργειών. Η σχέση μπορεί να παρασταθεί και με ένα διάγραμμα ροής. Η ονομασία των υποδειγμάτων (Α1, Α2 κτλ.) δεν έχει αλλάξει από την έκδοση του 1986.

2.3.3 Εφαρμογή της μεθόδου

Οι διαδικασίες της μεθόδου ακολουθούν τα επόμενα στάδια:

ΤΟΜΕΑΣ I ΚΑΙ II: Απώλειες Θερμότητας και Κέρδη για όλες τις περιπτώσεις

ΣΤΑΔΙΟ 1:Υπολογίστε το μέγεθος της απώλειας θερμότητας για το χώρο που θερμαίνεται (kWh/μήνα).

ΣΤΑΔΙΟ2:Υπολογίστε το μέγεθος του χοντρικού κέρδους θερμότητας (kWh/μήνα).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Τα κτίρια διακρίνονται σε δύο τύπους:

A -(Τμήμα I) αυτά που έχουν χαρακτηριστικά μόνο άμεσου κέρδους και B - (Τμήμα II) αυτά που έχουν διάφορα πρόσθετα παθητικά ηλιακά χαρακτηριστικά.

Η επεξεργασία που ακολουθεί πραγματεύεται πρώτα την ανάλυση των κοινών στοιχείων αμοτέρων των τύπων κτιρίου, μετά την οποία μπορεί κάποιος να προχωρήσει προς το Τμήμα III που ασχολείται με κτίριο Άμεσου κέρδους ή αλλιώς να προχωρήσει στο Τμήμα II. Η ουσιώδης διαφορά βρίσκεται στην Ενέργεια 2, η οποία στη γενική περίπτωση επιτρέπει τη λεπτομερή ανάλυση αρκετών δυνατών ηλιακών χαρακτηριστικών [ενέργεια 2(γ) έως 2(ι)].

ΤΜΗΜΑ I

Κτίρια με άμεσο κέρδος

Υπολογισμός του Φορτίου Θέρμανσης (Έντυπα A1 ως A7)

Εκτός από την περίπτωση που τα ηλιακά συστήματα συνεισφέρουν στην προθέρμανση του αέρα αερισμού [παράγραφος 1 (ε), στη συνέχεια], οι απώλειες υπολογίζονται κατά τον ίδιο τρόπο για τα κτίρια ΤΥΠΟΥ A (Μόνο άμεσο κέρδος) και για τα κτίρια ΤΥΠΟΥ B.

ΤΜΗΜΑ II

Κτίρια με παθητικά ηλιακά χαρακτηριστικά

Στη γενική περίπτωση ένα κτίριο μπορεί, εκτός από τα παράθυρα, να βασίζεται σε ένα ή περισσότερα Παθητικά-Ηλιακά χαρακτηριστικά. Τα κέρδη από αυτά μπορούν να υπολογιστούν με τις ακόλουθες ενέργειες πριν γίνει η άθροιση στο έντυπο B.

- 2.1 Παράθυρα (Έντυπο B_{ig} .)
- 2.2 Θερμοκήπια (Έντυπο B_{s1} , B_{s2} , B_{s3} , B_{s4})
- 2.3 Συλλέκτες αέρα (Έντυπο B_{ac})
- 2.4 Ηλιακοί τοίχοι (Έντυπο B_{sw})
- 2.5 Τοίχοι Trombe (Έντυπο B_{tw})
- 2.6 Τοίχοι μάζας (Έντυπο B_{mw})

Περιληπτικά τα ηλιακά κέρδη επηρεάζονται από: τα Παράθυρα (άμεσα κέρδη), από τους Ηλιακούς Χώρους, τους Συλλέκτες Ανοικτού Βρόχου (χρησιμοποιούνται για να προθερμανθεί ο αέρας αερισμού). Τους Ηλιακούς Χώρους που προθερμαίνουν τον αέρα αερισμού. Τον Ηλιακό Τοίχο Ανοικτού Βρόχου (χρησιμοποιείται για να προθερμάνει τον αέρα αερισμού). Τους Τοίχους Trombe και τους Τοίχους Μάζας.

2.3.3.1 Ηλιακά κέρδη από τον Ηλιακό Χώρο

Στον ηλιακό χώρο το ηλιακό κέρδος εξασφαλίζεται με 4 δυνατούς τρόπους (Σχ. 8)

1. Με άμεσο κέρδος από τα παράθυρα μεταξύ του χώρου που θερμαίνεται και του ηλιακού χώρου
2. Με τη χρήση τοίχου μάζας ή τοίχου Trombe στον ηλιακό χώρο
3. Με την ενέργεια του χώρου ανάσχεσης κατά την οποία ο αέρας στον ηλιακό χώρο θερμαίνεται από τον ήλιο και μειώνει τις απώλειες θερμότητας του χώρου που θερμαίνεται.
4. Με προθέρμανση του αέρα αερισμού του χώρου που θερμαίνεται.

$$\text{Ολική ενέργεια ηλιακού χώρου} = \Phi_{sdg} + \Phi_{smw} + \Phi_{sb} + \Phi_{sa}$$

2.2(α): Εσωτερικά παράθυρα

Κέρδος από τα παράθυρα που χωρίζουν τον ηλιακό χώρο από το χώρο που θερμαίνεται.

Διαβάστε από πίνακες το E , την ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ανά m^2 σε kWh/ημέρα, για την κλίση και τον προσανατολισμό κάθε παραθύρου. Για κάθε E , πολλαπλασιάστε επί το εμβαδόν και το T_s .

($\tau_s = \tau_g \cdot m_s$, όπου $T_g = 0,79$ για ηλιακό χώρο με μονό τζάμι και $0,63$ για ηλιακό χώρο με διπλό τζάμι και το m_s παριστάνει το λόγο που καθαρού υαλοστασίου του ηλιακού χώρου χωρίς σκελετό, πλαίσια κτλ., προς το συνολικό εμβαδόν του διαφανούς περιβλήματος του ηλιακού χώρου). Το Φ_{sdg} υπολογίζεται για κάθε παράθυρο και αθροίζεται.

$$\Phi_{sdg} = E \cdot \tau_s \cdot A \cdot m \cdot S_f$$

όπου

A = το εμβαδόν του παραθύρου (m^2) μεταξύ του ηλιακού χώρου και του χώρου που θερμαίνεται, περιλαμβάνοντας και τα πλαίσια.

m = ο λόγος των επιφανειών με τζάμι προς το συνολικό εμβαδόν των ανοιγμάτων μεταξύ του ηλιακού χώρου και του χώρου που θερμαίνεται (όπως στο έντυπο Bdg), όπου m αναφέρεται στα πλαίσια και στο σκελετό.

S_f = ο παράγοντας σκίασης ως ποσοστό. Αν η οροφή του ηλιακού χώρου ή κάποιος από τους τοίχους είναι χρωματισμένα, το S_f πρέπει να λάβει υπόψη τη μείωση της ενέργειας που μεταδίδεται στο χώρο ο οποίος θερμαίνεται από αυτό το εμπόδιο.

Εφόσον το Φ_{sdg} φαίνεται να είναι πιο μικρό σε σύγκριση με το Φ_{dg} , μπορεί να αγνοηθεί η μείωση εξαιτίας των κουρτινών στο εσωτερικό και των απωλειών ενέργειας προς το έδαφος.

2.2(β): Τοίχο Trombe (Φ_{tw})

Σε έναν Τοίχο Trombe ο εσωτερικός αέρας κινείται θερμοσιφωνικά στο διάκενο μεταξύ υαλοστασίου και συλλέκτη. Τη νύχτα οι θυρίδες αερισμού είναι κλειστές για να προληφθεί ο ανάστροφος θερμοσιφωνισμός.

Τα ηλιακά κέρδη υπολογίζονται ως εξής:

$$\Phi_{tw} = F \cdot C \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

όπου

F = η ενέργεια που απορροφάται από τον τοίχο (kWh/ημέρα).

Όπως και στον ηλιακό τοίχο το F είναι: $F = E \cdot S_f \cdot A \cdot m \cdot a$

E = η ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ανά m^2 υαλοστασίου (kWh/ m^2 ημέρα). Προκύπτει απευθείας από τους πίνακες για τον προσανατολισμό την κλίση και την υφή του τοίχου.

S_f = ο συντελεστής σκίασης του τοίχου ως ποσοστό.

A = το εμβαδόν του τοίχου (m^2).

m = ο λόγος της καλυμμένης με τζάμι επιφάνειας προς την επιφάνεια του υαλοστασίου για να ληφθούν υπόψη τα πλαίσια.

a = η απορροφητικότητα του τοίχου ($a=0.90$ για τοίχο βαμμένο ματ μαύρο).

και C είναι συντελεστής απόδοσης που προκύπτει από το σχετικό πίνακα 2. Το C εξαρτάται από τη φύση του τζαμιού (μονό ή διπλό), την ανακλαστικότητα του συλλέκτη και την παρουσία νυκτερινής μόνωσης.

2.2(c): Εξωτερικά Παράθυρα

Ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στον ηλιακό χώρο (E_s)

Για κάθε επιφάνεια με τζάμια του περιβλήματος του ηλιακού χώρου υπολογίστε την ενέργεια που μεταδίδεται

$$E_s = E \cdot S_f \cdot A \cdot m \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

όπου

E = η ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται (kWh/m²ημέρα), όπως προκύπτει άμεσα από πίνακες για τον προσανατολισμό την κλίση και την υφή του τζαμιού.

S_f = ο συντελεστής σκίασης της επιφάνειας τζαμιού για να ληφθούν υπόψη η σκίαση και τα οπτικά εμπόδια.

A = το συνολικό εμβαδόν των επιφανειών από τζάμι του ηλιακού χώρου (m²).

m = ο λόγος του τζαμιού προς τη συνολική επιφάνεια του υαλοστασίου για να ληφθούν υπόψη τα πλαίσια και ο σκελετός (μια τυπική τιμή είναι $m = 0.85$).

Στη συνέχεια αθροίζεται η ενέργεια που μεταδίδεται από το υαλοστάσιο του ηλιακού χώρου.

2.2(d) : Αποτέλεσμα του ηλιακού χώρου ως χώρου ανάσχεσης (Φ_{sb}) και προθέρμανση του αέρα αερισμού (Φ_{sa})

Πρώτα υπολογίστε την ενέργεια F_s που παγιδεύεται στον ηλιακό χώρο

$$F_s = (a_1 \cdot E_s) - (a_2 \cdot \Phi_{sdg}) - \Phi_{smw} \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

όπου E_s , Φ_{sdg} , Φ_{smw} είναι τα σύνολα που εμφανίζονται στο κάτω μέρος των Εντύπων B_{s3} , B_{s1} , B_{s2} αντίστοιχα.

a_1 και a_2 είναι δυο συντελεστές που λαμβάνουν υπόψη τις απώλειες της ηλιακής ενέργειας από τις πολλαπλές ανακλάσεις μέσα στον ηλιακό χώρο. Έχουν υπολογιστεί για διαφορετικές γεωμετρίες και μέσες κλιματικές συνθήκες χρησιμοποιώντας λεπτομερείς μεθόδους [11]. Οι τιμές για τα a_1 και a_2 δίνονται σε συνδυασμό του Πίνακα 1 και του Πίνακα της σελίδας 327 ως συνάρτηση της γεωμετρίας του ηλιακού χώρου, του τύπου τζαμιού, της απορροφητικότητας του και της μόνωσης του δαπέδου.

(i) Από τη στιγμή που θα υπολογιστεί το F5 μπορούν να υπολογιστούν δύο μηνιαίες μέσες θερμοκρασίες:

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του ηλιακού χώρου χωρίς ηλιακά κέρδη t_{sng}

$$t_{sng} = \frac{[(t_0 \cdot L_{bm}) + (t_r \cdot L_{hm})]}{(L_{hm} + L_{bm})}$$

όπου

t_0 = η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία που καθορίζεται στο Έντυπο A7

t_r = η θερμοκρασία του θερμοστάτη στο χώρο που θερμαίνεται (Έντυπο A7).

L_{hm} = η μέση απώλεια θερμότητας του χώρου που θερμαίνεται προς το χώρο ανάσχεσης (Έντυπο A4).

L_{bm} = η μέση απώλεια θερμότητας του χώρου ανάσχεσης προς το περιβάλλον (Έντυπο A4).

Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του ηλιακού χώρου με ηλιακά κέρδη : t_s

$$t_s = t_{sng} + \left[\frac{F_s}{0.024 \cdot (L_{hm} + L_{bm})} \right] \quad [C]$$

το t_s αποτελεί καλή ένδειξη της δυνατότητας χρήσης του ηλιακού χώρου.

(ii). Τα ηλιακά κέρδη από το αποτέλεσμα του χώρου ανάσχεσης (Φ_{sb}) και από τον αερισμό του ηλιακού χώρου (Φ_{sa}) υπολογίζονται μετά πολύ απλά:

$$\Phi_{sb} = (1 - C_{lb}) \cdot F_s \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

$$\Phi_{sa} = \frac{R_b \cdot F_s}{L_{hm}}$$

όπου:

C_{lb} = Συντελεστής μείωσης των απωλειών θερμότητας του χώρου ανάσχεσης (Έντυπο A4).

R_b = περιορισμός των απωλειών θερμότητας αερισμού που οφείλονται στο χώρο ανάσχεσης (Έντυπο A5).

Η Μέθοδος 5000 δε λαμβάνει υπόψη της την κυκλοφορία θερμότητας μεταξύ του ηλιακού χώρου και του χώρου που θερμαίνεται. Αυτό συμβαίνει επειδή στα πιο πολλά ευρωπαϊκά κλίματα ένα παρόμοιο σχήμα δεν είναι εφικτό, γιατί στον ηλιακό χώρο σπάνια αναπτύσσονται αρκετά υψηλές θερμοκρασίες, κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, ώστε να αναπτύσσονται σημαντικά ρεύματα θερμού αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Περιγραφή κτιρίου Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Τ.Ε.Ι. Σερρών

3.1 Περιγραφή του κτιρίου

Το 1979 ιδρύθηκε το ΚΑΤΕΕ Σερρών ενώ το 1983 με το νόμο 1404 ιδρύεται το Τ.Ε.Ι. Σερρών που ανήκει στην ανώτατη εκπαίδευση. Το Τ.Ε.Ι., είναι νομικό πρόσωπο δημοσίου δικαίου, αυτοδιοικείται στα πλαίσια του παραπάνω νόμου και του εσωτερικού κανονισμού ενώ υλοποιεί το δικαίωμα δωρεάν Παιδείας κάθε Έλληνα πολίτη.

Οι δύο Σχολές που λειτουργούν στο Τ.Ε.Ι. Σερρών με τα Τμήματα τους είναι οι εξής:

Η Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών (Σ.Τ.ΕΦ.) που αποτελείται από τα τμήματα: 1)Μηχανολογίας 2)Πολιτικών Δομικών Έργων (Π.Δ.Ε.) 3)Πληροφορικής και Επικοινωνιών και 4) Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας.

Η Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας (Σ.Δ.Ο.) που αποτελείται από τα τμήματα: 1)Λογιστικής και 2) Διοίκησης Επιχειρήσεων. Η λειτουργία όλων των τμημάτων υποστηρίζεται από το Τμήμα Ξένων Γλωσσών και Σωματικής Αγωγής.

Το Σεπτέμβριο του 1993 το Τ.Ε.Ι. μεταφέρθηκε στις καινούργιες κτιριακές εγκαταστάσεις (500 μέτρα από το κέντρο της πόλης) που καλύπτουν έκταση 82.000τ.μ.

Τα κτίρια αναλυτικά έχουν ως εξής:

- α) δύο κτίρια με συνολικό αριθμό 40 αιθουσών διδασκαλίας και 6 αμφιθέατρα
- β) τέσσερα κτίρια στα οποία στεγάζονται τα εργαστήρια, δύο αμφιθέατρα και τα γραφεία καθηγητών,
- γ) το κτίριο της Διοίκησης του Τ.Ε.Ι. όπου στεγάζονται οι γραμματείες των σχολών καθώς και οι λοιπές υπηρεσίες,
- δ) το κτίριο βιβλιοθήκης,
- ε) γυμναστήριο εξοπλισμένο με όργανα για την άθληση των σπουδαστών,
- στ)συνεδριακό κέντρο με 2 αμφιθέατρα και μία αίθουσα συνεδριάσεων για την εξυπηρέτηση διεθνών και πανελληνίων συνεδρίων, καλλιτεχνικών και πολιτιστικών εκδηλώσεων

Ο συνολικός αριθμός των εγγεγραμμένων σπουδαστών ανέρχεται στους 12.000 ενώ ο αριθμός του διδακτικού προσωπικού στα 400 μέλη.



Η Βιβλιοθήκη του Ιδρύματος, από τον Ιούλιο του 2000, στεγάζεται σε νεόκτιστο τριώροφο κτίριο, συνολικού εμβαδού 2.500 m². Στο υπόγειο της βιβλιοθήκης λειτουργεί το κέντρο υπολογιστών, όπου υπάρχουν 40 υπολογιστές. Στις μεγάλες αίθουσες του ισογείου και του ορόφου βρίσκονται τα αναγνωστήρια και η συλλογή της βιβλιοθήκης. Η συλλογή της αποτελείται από 350 τίτλους περιοδικών και από περίπου 38.000 ελληνόγλωσσα και ξενόγλωσσα βιβλία που καλύπτουν τις θεματικές ενότητες των Σχολών που λειτουργούν στο Τ.Ε.Ι./Σ, ενώ υπάρχει και έντυπο υλικό γενικότερου ενδιαφέροντος (λογοτεχνία, ψυχολογία, φιλοσοφία, θρησκεία κ.λπ.). Στη συλλογή της, περιλαμβάνονται επίσης 750 τίτλοι ηλεκτρονικού υλικού (cd-roms, βιντεοκασέτες, δισκέτες). Στη Βιβλιοθήκη αποστέλλονται από το 1999 δωρεάν 3 τίτλοι καθημερινών εφημερίδων από το Σερραϊκό Τύπο. Λειτουργεί καθημερινά από Δευτέρα έως και Παρασκευή 08:30-20:00,

3.2 Περιγραφή κελύφους κτιρίου

Δάπεδο

Πρόκειται για δάπεδο διαστρωμένο με μαρμάρινες πλάκες πάχους 3εκ. Ορθογωνικής μορφής με μήκος πλευράς 40εκ. Οι πλάκες αυτές έχουν τοποθετηθεί σε οπλισμένο σκυρόδεμα και είναι κολλημένες με ισχύ τσιμεντοκονία. Ενώ δεν υπάρχουν αρμοί αφού η μια πλάκα εφάπτεται ακριβώς με την άλλη.

Το πάχος του ισχνού κονιάματος είναι περίπου 2εκ. Ενώ το πάχος του οπλισμένου σκυροδέματος είναι 20εκ. στο ενδιάμεσο του σκυροδέματος έχει τοποθετηθεί η μόνωση του δαπέδου με πάχος μόνωσης 5 εκ.

Ενδιάμεσο δάπεδο 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου

Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25εκ. Και η επικάλυψη της πάνω επιφάνειας έγινε με μαρμάρινες πλάκες όπως αυτές που περιγράφηκαν παραπάνω και κολλημένες με τον ίδιο τρόπο.

Εξωτερικοί τοίχοι οπλισμένου σκυροδέματος

Ενα μεγάλο τμήμα των εξωτερικών τοίχων κυρίως στο υπόγειο του κτιρίου είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 25εκ. Σ' αυτές τις επιφάνειες έχει τοποθετηθεί μονωτικό υλικό πάχους 6 εκ. Και έχει επιχρισθεί εσωτερικά και εξωτερικά με ασβεστοκονίαμα ενισχυμένο με τσιμέντο και με άμμο πάχους 2εκ.

Εξωτερικοί τοίχοι οπλινθοδομής

Ένα επίσης μεγάλο τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας είναι κατασκευασμένο με διπλή δρομική τοιχοποιία τελικού πάχους 30εκ. Μαζί με τις στρώσεις επιχρίσματος και από τις δυο όψεις του τοίχου. Πρόκειται για διπλά διάτρητα τούβλα πάχους 9εκ. Και ενδιάμεσα υπάρχει μονωτικό υλικό πάχους 8εκ.

Οροφή

Η οροφή είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 20εκ. Έχει επιστρωθεί με δυο στρώσεις ασφαλτόπανο πάχους 1εκ. Και για μόνωση της οροφής τοποθετήθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη 5εκ. Στη συνέχεια στρώθηκε μπετόν πάχους 10εκ. Για να διαμορφωθούν οι κλίσεις που θα κατευθύνουν τα όμβρια ύδατα στις υδρορροές. Έπειτα τοποθετήθηκαν δύο στρώσεις ασφαλτόπανο πάχους 1εκ. Και τέλος γκρο μπετό 8εκ. Για να μπορέσει να στρωθεί από επάνω μωσαϊκό 3εκ.

Εξωτερικά ανοίγματα

Τα κουφώματα των παραθύρων είναι από αλουμίνιο ορθογωνικής διατομής, είναι χρωματισμένα σε μπλε απόχρωση και καταλαμβάνουν περίπου το 20 τοις εκατό της συνολικής επιφάνειας του ανοίγματος. Φέρουν διπλά τζάμια που αρμολογούνται στο κούφωμα με λάστιχο εσωτερικά και εξωτερικά. Οι εξωτερικές πόρτες του κτιρίου είναι ενσωματωμένες στα μεγάλα ανοίγματα που βρίσκονται στην είσοδο του κτιρίου και είναι κατασκευασμένες όπως και τα ανοίγματα των παραθύρων. Τέλος τα ανοίγματα της οροφής είναι και αυτά κατασκευασμένα όπως και τα ανοίγματα των παραθύρων.

3.3 Αρχιτεκτονικά σχέδια κτιρίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής επίδοσης, του κτιρίου της κεντρικής βιβλιοθήκης του ΤΕΙ Σερρών, την χειμερινή περίοδο θα ακολουθήσουμε τη μέθοδο που δίνεται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 832/1998+AC:2002

4.1 Γενικά στοιχεία χρήσης του κτιρίου

Επιθυμητή εσωτερική Θερμοκρασία Χειμώνα	20°C
Επιθυμητή εσωτερική Θερμοκρασία Καλοκαιριού	26°C
Επιθυμητή εσωτερική σχετική Υγρασία Χειμώνα	35%
Επιθυμητή εσωτερική σχετική Υγρασία Καλοκαιριού	45%
Αριθμός εργαζομένων	7
Αριθμός Φωτιστικών	
Αριθμός ηλεκτρονικών Υπολογιστών	60

4.2 Χώροι κτιρίου

Χώρος	Περιγραφή	Όγκος (m ³)
1	Βόρειες αίθουσες υπογείου	439.25
2	Ανατολικές αίθουσες υπογείου	267.72
3	Δυτικές αίθουσες υπογείου	206.92
4	Νότιες αίθουσες υπογείου	280.03
5	Κεντρική αίθουσα	541.49
6	Διάδρομοι και κοινόχρηστοι χώροι υπογείου	719.79
7	Ανατολικές αίθουσες ισόγειου	229.24
8	Νότιες αίθουσες ισόγειου	89.45
9	Διάδρομοι και κοινόχρηστοι χώροι ισόγειου	1208.35
10	Βόρειο-ανατολική αίθουσα βιβλιοθήκης στο ισόγειο	1487.08
11	Αίθουσα βιβλιοθήκης στον όροφο	1932.31
12	Διάδρομοι και κοινόχρηστοι χώροι στον όροφο	73.25
13	Μη θερμαινόμενοι χώροι	7474,88
14	Μη θερμαινόμενοι χώροι	895,74

4.3 Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας στοιχείων

Θερμική αγωγιμότητα Δαπέδου				
a/a	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Μάρμαρο	0,03	3,49	0,009
2	Ασβεστοκονίαμα	0,02	0,87	0,023
3	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,03	0,049
4	Μονωτικό	0,05	0,041	1,220
5	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,1	2,03	0,049
		0,3		1,350

Θερμική αγωγιμότητα τοίχου -T1-οπλισμένο σκυρόδεμα				
a/a	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
2	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,2	2,03	0,099
3	Μονωτικό	0,06	0,041	1,463
4	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
		0,3		1,608

Θερμική αγωγιμότητα τοίχου -T2- Διπλή δρομική τοιχοποιία				
a/a	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
2	Δρομική τοιχοποιία	0,09	0,46	0,196
3	Μονωτικό	0,08	0,041	1,951
4	Δρομική τοιχοποιία	0,09	0,46	0,196
5	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
		0,3		2,389

Θερμική αγωγιμότητα Οροφής				
a/a	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Μωσaiκό	0,03	3,49	0,009
2	Γκρο μπετό	0,08	1,39	0,058
3	2 στρώσεις ασφαλτόπανο	0,01	0,19	0,053
4	Μπετό κλίσεων	0,1	1,39	0,072
5	Εξηλασμένη πολυστερίνη	0,05	0,041	1,220
6	2 στρώσεις ασφαλτόπανο	0,01	0,19	0,053
7	Οπλισμένο σκυρόδεμα	0,2	2,03	0,099
8	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
		0,5		1,584

Θερμική αγωγιμότητα εσωτερικής οροφής				
a/a	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Γυψοσανίδα	0,01	0,16	0,063

4.4 Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοδιαφυγής προς το Έδαφος σύμφωνα με EN 13370

	Απώλεια θερμότητας από :		Μονάδα
	Εσωτερικά	Μη θερμαινόμενοι χώροι	
Επιφάνεια δαπέδου	939		m ²
Μέση περίμετρος	67.4		m
Χαρακτηριστική διάσταση δαπέδου	12.66		m
Συνολικό ισοδύναμο πάχος εδάφους	3.28		m
Συντελεστής θερμικής μετάδοσης του πατώματος του υπογείου	0,217		W/(m ² K)
Συνολικό Ισοδύναμο πάχος τοίχων υπογείων	3,496		m
Συντελεστής θερμικής μετάδοσης των τοίχων του υπογείου	0,26		W/(m ² K)
Θερμικός συντελεστής συζεύξεων κατάστασης	283.6		W/K

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2} * p} = \frac{939}{\frac{1}{2} * 134.8} = 12.66m$$

$$d_t = w + \lambda (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0.3 + 2 * (0.1 + 1.35 + 0.04) = 3.28m$$

Όπου :

- dt Ισοδύναμο πάχος εδάφους
- W Πάχος εξωτερικού τοίχου
- λ Θερμική αγωγιμότητα
- R_{si} Αντίσταση εσωτερικής επιφάνειας
- R_f Θερμική αντίσταση της κατασκευής πατωμάτων
- R_{se} Αντίσταση εξωτερικής επιφάνειας

$$dt + \frac{1}{2} z = 3.28 + \frac{1}{2} 0.82 = 3.69m$$

B' > (dt + 1/2z) άρα ο συντελεστής θερμικής μετάδοσης του πατώματος του υπογείου δίνεται από τη σχέση :

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t + \frac{1}{2} \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + \frac{1}{2} \cdot z} + 1 \right) =$$

$$= \frac{2 \cdot 2}{3.14 \cdot 2.66 + 3.28 + \frac{1}{2} \cdot 0.82} \cdot \ln \left(\frac{3.14 \cdot 2.66}{3.28 + \frac{1}{2} \cdot 0.82} + 1 \right) = 0.227 W / m^2 \cdot K$$

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se}) = 2 \cdot (0.1 + 1.608 + 0.04) = 3.496 m$$

Όπου :

d_w	Ισοδύναμο πάχος τοίχων υπογείου
λ	Θερμική αγωγιμότητα
R_{si}	Αντίσταση εσωτερικής επιφάνειας
R_w	Θερμική αντίσταση της κατασκευής των τοίχων
R_{se}	Αντίσταση εξωτερικής επιφάνειας

$d_w > d_t$ άρα ο συντελεστής θερμικής μετάδοσης των τοίχων του υπογείου δίνεται από τη σχέση:

$$U_{bw} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot z} \cdot \left(1 + \frac{0.5 \cdot d_t}{d_t + z} \right) \cdot \ln \left(\frac{z}{d_w} + 1 \right) =$$

$$= \frac{2 \cdot 2}{3.14 \cdot 0.82} \cdot \left(1 + \frac{0.5 \cdot 3.69}{3.69 + 0.82} \right) \cdot \ln \left(\frac{0.82}{3.496} + 1 \right) = 0.26 W / m^2 K$$

Ο θερμικός συντελεστής συζεύξεων κατάστασης L_s δίνεται από :

$$L_s = A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} = 939 \cdot 0.271 + 0.82 \cdot 136.6 \cdot 0.26 = 283.6 W / K$$

4.5 Υπολογισμός Συνολικού Συντελεστή Απωλειών Μετάδοσης θερμότητας σύμφωνα με το EN 13789

Θ	Χωρ.	Στοιχ. εσωτ. Περιβλ.	Τ1 Στοιχείο εξωτ. Ανοιγμα	8,5 Εμβαδ. 53,74	1,608 Αντιστ. θερμ. 2,389	0,1 εσωτερ. Αντιστ.	0,04 εξωτερ. Αντιστ.	1,748 Αντίσταση θερμ. 2,529	0,572 Συντελ. Θερμ. 0,395	4,863 Συντελεσ. Απώλειων 21,250
						Μετάβαση	Μετάβαση			
	m ³		Οροφή	265,84	ΣR=584,1	R _e =1/a _i	R _e =1/a _a	R=ΣR _i +R _a	U=590	154,000
			Ανοιγ.ορ.	15,21	λ _i	m ² .K/W	m ² .K/W	m ² .K/W	W/m ² .K	53,083
										749,583
10	1487,1		T1	7,45	1,608	ΥΠΟΓΕΙΟ	0,04	1,748	0,572	4,262
1	439,25		Δάπεδο	138,34	2,389	0,1	0,04	2,529	0,395	31,974
			Ανοιγμα	42,77					0,490	322,825
			T1	46,84	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	321,081
			Ανοιγμα	24		ΟΡΟΦΟΣ			3,490	83,760
11	1932,3		Δάπεδο	61,26	1,35	0,1	0,04	1,49	0,671	154,332
2	267,72		T1	82,76	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	28,473
			T2	195,79	2,389	0,1	0,04	2,529	0,395	7,418
			T1 υπ	37,73					0,260	9,810
			Ανοιγμα	82,9					3,490	289,321
			Οροφή	38,665	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	22,682
			Ανοιγμα	523,09	1,584	0,1	0,04	1,724	0,580	303,416
			Ανοιγ.ορ.	2,905					3,490	10,138
				43,56					3,490	152,024
										891,756
12	296,92		Δάπεδο	65,86	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	24,669
	473,25		T1 υπ	22,78	2,389	0,1	0,04	2,529	0,395	5,085
			Ανοιγμα	24,4	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	17,959
			Οροφή	20,75	1,584	0,1	0,04	1,724	0,580	32,648
										58,868
4	280,03		Δάπεδο	88,06					0,227	19,990
			T1 υπ	40,03					0,260	10,408
			T1	12,35	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	7,065
			Ανοιγμα	6,9					3,490	24,081
										61,544
5	541,49		Δάπεδο	170,28					0,227	38,654
										38,654
6	719,79		Δάπεδο	226,35					0,227	51,381
			T1 υπ	24,22					0,260	6,297
			T1	29,34	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	16,785
			Ανοιγμα	7,4					3,490	25,826
										100,290
ΙΣΟΓΕΙΟ										
7	229,24		T1	6	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	3,432
			T2	38,14	2,389	0,1	0,04	2,529	0,395	15,081
			Ανοιγμα	23,1					3,490	80,619
			Οροφή	64,94	1,584	0,1	0,04	1,724	0,580	37,668
										136,801
8	89,45		T1	2,82	1,608	0,1	0,04	1,748	0,572	1,613
			T2	35,42	2,389	0,1	0,04	2,529	0,395	14,006
			Ανοιγμα	11,7					3,490	40,833
			Οροφή	25,34	1,584	0,1	0,04	1,724	0,580	14,698
										71,150

Συντελεστής απωλειών από αγωγιμότητα μεταξύ θερμαινόμενου και μη θερμαινόμενου χώρου

Χωρ.	Όγκ.	Στοιχ. εσωτ. Περιβλ.	Στοιχείο εξωτ. Περιβλ.	Εμβαδ.	Αντιστ. θερμ. εσωτερ. Αντίσ. Μετάβαση	εξωτερ. Αντίσ. Μετάβαση	Αντίσταση θερμοπερ.	Συντελ. Θερμοπ.	Συντελεσ. Απωλειών ανα χώρο	
	m ³			m ²	$\Sigma R_{\lambda} = d_i / \lambda_i$ m ² .K/W	$R_i = 1/a_i$ m ² .K/W	$R_i = 1/a_a$ m ² .K/W	$R = \Sigma R_{\lambda} + R_i + R_a$ m ² .K/W	$K = 1/R$ W/m ² .K	$H_{\tau i}$ W/K
13	895,74	Εσ.ορ.		2239,3	0,063	0,12	0,17	0,353	2,833	6343,739

Συντελεστής απωλειών από αγωγιμότητα μεταξύ μη θερμαινόμενου χώρου και εξ. Περιβάλλοντος

Χωρ.	Όγκ.	Στοιχ. εσωτ. Περιβλ.	Στοιχείο εξωτ. Περιβλ.	Εμβαδ.	Αντιστ. θερμ. εσωτερ. Αντίσ. Μετάβαση	εξωτερ. Αντίσ. Μετάβαση	Αντίσταση θερμοπερ.	Συντελ. Θερμοπ.	Συντελεσ. Απωλειών ανα χώρο	
	m ³			m ²	$\Sigma R_{\lambda} = d_i / \lambda_i$ m ² .K/W	$R_i = 1/a_i$ m ² .K/W	$R_i = 1/a_a$ m ² .K/W	$R = \Sigma R_{\lambda} + R_i + R_a$ m ² .K/W	$K = 1/R$ W/m ² .K	$H_{\tau i}$ W/K
13	895,74		Εξ.ορ.	890,96	1,584	0,12	0,04	1,744	0,573	510,872

Συνολικός συντελεστής απωλειών μετάδοσης θερμότητας

$$H_T = 2674,561 \text{ W/K}$$

4.6 Συντελεστής απωλειών αερισμού σύμφωνα με EN 832+AC

Ζώνη κτιρίου	Εσωτερικός ωφέλιμος	Μη θερμαινόμενος
Όγκος (m ³)	7474,88	895

Βάση του EN 832 το ποσοστό εξαερισμού, $n[h-1]$, σε φυσικά αεριζόμενες πολυκατοικίες, καθορίζεται από την κατηγορία προστατευτικών καλυμμάτων και την προστασία του κτιρίου. Έτσι για το κτίριο της βιβλιοθήκης του Τ.Ε.Ι. Σερρών το οποίο έχει περισσότερες από μια όψεις εκτεθειμένες, κανένα προστατευτικό κάλυμμα και μεσαία στεγανότητα κτιρίου, επιλέγεται από τον πίνακα F2 η τιμή 0,7 εναλλαγές την ώρα.

Όγκος εναλλαγής αέρα

Από θερμαινόμενο χώρο προς εξωτερικό περιβάλλον	0,7 n ⁻¹	0.7*7474=5231.8m ³ /h
Από μη-θερμαινόμενο χώρο προς εξωτερικό περιβάλλον	0.0 n ⁻¹	
Από θερμαινόμενο χώρο προς μη-θερμαινόμενο χώρο	0.7 n ⁻¹	0.7*895=626.5m ³ /h

$$p_a * c_a = 0.34 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{k} \text{ -θερμοχωρητικότητα αέρα-}$$

$$H_v = V * p_a * c_a = 5231.8 * 0.34 = 1778 \text{ W/k}$$

$$H_{v1} = V * p_a * c_a = 626.5 * 0.34 = 213.01 \text{ W/k}$$

4.7 Υπολογισμός παράγοντα μείωσης για τον μη θερμαινόμενο χώρο σύμφωνα με EN 13789

Βοηθητικός πίνακας υπολογισμού παράγοντα μείωσης :

Συντελεστής απώλειας (W/K)	Μετάδοση	Αερισμός	Έδαφος	Σύνολο
Από θερμαινόμενο σε μη θερμαινόμενο (H_{iu})	6343,739	213.01	0	6556.749
Από μη θερμαινόμενο προς το εξωτερικό περιβάλλον (H_{ue})	510,872	0	0	510,872

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{ue} + H_{ie}} = \frac{510.872}{510.872 + 6556.749} = 0.0723$$

4.8 Υπολογισμός συνολικού συντελεστή απωλειών σύμφωνα με EN832+AC

α/α	Από θερμαινόμενη ζώνη σε:	Εξωτερικό περιβάλλον	μη- θερμαινόμενους χώρους	Σύνολο
1	Μέσω αγωγιμότητας	2674,561		
2	Από εναλλαγές αέρα	1778.000		
3	Συνολικός συντελεστής	4452.561	6343,739	
4	Παράγοντας μείωσης	0.000	0.0723	
5	Μειωμένος συντελεστής απώλειας	4452.561	458.652	<u>4911.213</u>

4.9 Απώλειες κτιρίου ανά μήνα με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας

Μήνας	Μέση εξωτερική θερμοκρ.	Διαφορά θερμοκρ.	Ημέρες μήνα	Ενεργειακές απώλειες με βάση τις διαφορές θερμοκρ.
Ιανουάριος	4	16	31	58463
Φεβρουάριος	6,2	13,8	28	45545
Μάρτιος	9,4	10,6	31	38732
Απρίλιος	14,5	5,5	30	19448
Μάιος	19,7	0,3	31	1096
Ιούνιος	24,1	-4,1	31	
Ιούλιος	26,8	-6,8	30	
Αύγουστος	24,4	-4,4	31	
Σεπτέμβριος	21,7	-1,7	30	
Οκτώβριος	16,2	3,8	31	13885
Νοέμβριος	10,6	9,4	30	33239
Δεκέμβριος	5,6	14,4	31	52617
				263025

4.10 Υπολογισμός ενεργού επιφάνειας εξωτερικών ανοιγμάτων σύμφωνα με EN 832+AC

Επιφάνεια m ²	Συντελεστή ή Σκίασης	Συντελεστής κουρτινών	Συντελεστής πλαισίων	Συνολική ακτινοβολία θερμότητας	Συντελεστή διόρθωσης για συνολική ακτινοβολία	Ενεργός επιφάνεια m ²
Οριζόντια επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ορόφου / ισογείου						
43,56	1	1	0,8	0,75	0,9	23,52
15,21	0,98	1	0,8	0,75	0,9	8,05
						31,57
Βόρεια επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ορόφου, υπογείου / ισογείου						
43,28	1	1	0,8	0,75	0,9	23,37
22,9	0,66	1	0,8	0,75	0,9	8,16
						31,53
Ανατολική επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ορόφου, υπογείου / ισογείου						
21,6	1	1	0,8	0,75	0,9	11,66
22,9	0,58	1	0,8	0,75	0,9	7,17
						18,84
Νότια επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ορόφου, ισογείου / υπογείου						
67,75	1	1	0,8	0,75	0,9	36,59
3,48	0,74	1	0,8	0,75	0,9	1,39

						37,98
Δυτική επιφάνεια εξωτερικών παραθύρων ορόφου / ισογείου / υπογείου						
21,4	1	1	0,8	0,75	0,9	11,56
60,35	0,76	1	0,8	0,75	0,9	24,77
28,9	0,89	1	0,8	0,75	0,9	13,89
						50,21

4.11 Ηλιακά κέρδη

Μήνας	Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε	Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε Κατακόρυφο επίπεδο (KWh/m ²)									
	Οριζόντιο Επίπεδο (KWh/m ²)	Κέρδη	Νότια	Κέρδη	Δυτικά	Κέρδη	Βόρεια	Κέρδη	Ανατολικά	Κέρδη	ΣΥΝΟΛΟ
Ιανουάριος	47	1484	75	2849	41	2059	17	536	41	772	7699
Φεβρουάριος	60	1894	72	2735	39	1958	17	536	39	735	7858
Μάρτιος	97	3062	85	3228	46	2310	20	631	46	867	10097
Απρίλιος	130	4104	78	2962	42	2109	18	568	42	791	10534
Μάιος	170	5367	77	2924	42	2109	18	568	42	791	11759
Ιούνιος	185		73		39		17		39		
Ιούλιος	196		80		43		18		43		
Αύγουστος	178		94		51		22		51		
Σεπτέμβριος	129		100		54		23		54		
Οκτώβριος	87	2747	100	3798	54	2711	23	725	54	1017	10998
Νοέμβριος	56	1768	87	3304	47	2360	20	631	47	885	8948
Δεκέμβριος	45	1421	80	3038	43	2159	18	568	43	810	7996
ΣΥΝΟΛΟ		21846		24839		17774		4761		6669	75890

Υπολογισμός Ψυκτικού – Θερμικού φορτίου από συσκευές (Ηλεκ. Υπολογιστές)

Αριθμός συσκευών	Ισχύς Συσκευής	Συντελεστής	Ψυκτικό φορτίο (KWh)
56	0,6	0,5	16,8

201,6 KWh/ημέρα
6048 KWh/μήνα

Υπολογισμός Ψυκτικού – Θερμικού φορτίου από ανθρώπους
(ο αριθμός των ανθρώπων είναι κατά προσέγγιση)

Αριθμός Ανθρώπων	Αισθητό φορτίο KWh	Λανθάνων φορτίο KWh	Συνολικό φορτίο (KWh)
40	0,06	0,05	0,12

1,44 KWh/ημέρα
43,2 KWh/μήνα

4.13 Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο θέρμανσης σύμφωνα με EN 832+AC

Μήνας	Απώλειες με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας (KWh)	Εσωτερικά κέρδη (KWh)	Ηλιακά κέρδη (KWh)	Συνολικά κέρδη (KWh)	Λόγος κερδών προς απώλειες	Συντελεστής χρησιμότητας	Κατανάλωση ενέργειας (KWh)
Ιανουάριος	58463	13217	7699	20916	0,358	1	37547
Φεβρουάριος	45545	13217	7858	21075	0,463	0,95	25524
Μάρτιος	38732	13217	10097	23314	0,602	0,88	18216
Απρίλιος	19448	13217	10534	23751	1,221	0,68	3297
Μάιος	1096	13217	11759	24976	22,788	0,2	-3899
Οκτώβριος	13885	13217	10998	24215	1,744	0,5	1778
Νοέμβριος	33239	13217	8948	22165	0,667	0,85	14399
Δεκέμβριος	52617	13217	7996	21213	0,403	0,95	32465
	263025	105736	75890				129325

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων σύμφωνα με τη μέθοδο της ASHRAE CLTD (Cooling Load Temperature Difference)

5.1 Ψυκτικά φορτία από μη διαφανή στοιχεία

ΟΡΟΦΗ

	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
Ωρα	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	2,401	3,937	3,217	0,030	287,576		
9	2,401	3,937	3,217	0,030	287,576		
10	2,881	4,418	3,697	0,047	331,291		
11	3,361	4,898	4,178	0,069	375,158		
12	4,322	5,858	5,138	0,130	463,429		
13	5,762	7,299	6,578	0,277	597,473		
14	6,722	8,259	7,539	0,419	688,161		
15	8,163	9,700	8,979	0,711	826,580		
16	9,123	10,660	9,940	0,967	920,683		
17	10,084	11,620	10,900	1,277	1016,430		
18	10,564	12,100	11,380	1,455	1064,971		
19	10,564	12,100	11,380	1,455	1064,971		
20	10,564	12,100	11,380	1,455	1064,971		
	86,911	106,887	97,523339	8,321		8989,270	10,72705

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΙ
ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	0,380	0,682	0,514	-0,056	45,608		
9	0,492	0,794	0,626	0,056	59,022		
10	0,604	0,905	0,738	0,168	72,437		
11	0,827	1,129	0,961	0,391	99,265		
12	1,051	1,353	1,185	0,615	126,093		
13	1,163	1,464	1,297	0,727	139,508		
14	1,274	1,576	1,408	0,838	152,922		
15	1,386	1,688	1,520	0,950	166,336		
16	1,386	1,688	1,520	0,950	166,336		
17	1,498	1,800	1,632	1,062	179,750		
18	1,498	1,800	1,632	1,062	179,750		
19	1,386	1,688	1,520	0,950	166,336		
20	1,386	1,688	1,520	0,950	166,336		
	14,331	18,254	16,075	8,663		1719,700	6,07668

ΔΥΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	0,544	0,816	0,665	0,151	65,270		
9	0,443	0,715	0,564	0,050	53,183		
10	0,342	0,614	0,463	-0,050	41,096		
11	0,342	0,614	0,463	-0,050	41,096		
12	0,342	0,614	0,463	-0,050	41,096		
13	0,342	0,614	0,463	-0,050	41,096		
14	0,342	0,614	0,463	-0,050	41,096		
15	0,443	0,715	0,564	0,050	53,183		
16	0,544	0,816	0,665	0,151	65,270		
17	0,745	1,017	0,866	0,353	89,444		
18	0,947	1,219	1,068	0,554	113,618		
19	1,249	1,521	1,370	0,856	149,879		
20	1,450	1,722	1,571	1,058	174,053		
	8,078	11,614	9,649	2,971		969,377	3,80148

ΒΟΡΕΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	0,040	0,306	0,049	-0,405	-0,296		

9	0,040	0,306	0,049	-0,405	-0,296
10	0,040	0,306	0,049	-0,405	-0,296
11	0,040	0,306	0,049	-0,405	-0,296
12	0,040	0,306	0,049	-0,405	-0,296
13	0,138	0,405	0,148	-0,306	11,554
14	0,138	0,405	0,148	-0,306	11,554
15	0,237	0,504	0,247	-0,207	23,404
16	0,237	0,504	0,247	-0,207	23,404
17	0,336	0,602	0,346	-0,109	35,254
18	0,435	0,701	0,444	-0,010	47,104
19	0,533	0,800	0,543	0,089	58,954
20	0,533	0,800	0,543	0,089	58,954
	2,785	6,251	2,913	-2,992	

268,699

1,074795

ΝΟΤΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	
8	0,139	0,557	0,577	0,557	54,946
9	0,040	0,458	0,478	0,458	43,001
10	0,040	0,458	0,478	0,458	43,001
11	0,040	0,458	0,478	0,458	43,001
12	0,040	0,458	0,478	0,458	43,001
13	0,139	0,557	0,577	0,557	54,946
14	0,338	0,757	0,776	0,757	78,836
15	0,438	0,856	0,876	0,856	90,780
16	0,637	1,055	1,075	1,055	114,670
17	0,737	1,155	1,175	1,155	126,615
18	0,836	1,254	1,274	1,254	138,560
19	0,936	1,354	1,374	1,354	150,504
20	0,936	1,354	1,374	1,354	150,504
	5,296	10,730	10,989	10,730	

Συγκέντρωση
περιόδουKWh/m²1132,367
13079,414

4,49352

5.2 Ψυκτικά φορτία από διαφανή στοιχεία με αγωγιμότητα

ΟΡΟΦΗ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	-0,899	-0,197	-0,526	0,000	-48,674		
9	-0,680	0,022	-0,307	0,000	-28,940		
10	-0,460	0,241	-0,088	0,000	-9,208		
11	-0,022	0,680	0,351	0,000	30,255		
12	0,197	0,899	0,570	0,000	49,990		
13	0,636	1,337	1,009	0,001	89,476		
14	0,636	1,337	1,009	0,001	89,476		
15	0,855	1,557	1,228	0,002	109,231		
16	0,855	1,557	1,228	0,002	109,231		
17	0,636	1,337	1,009	0,001	89,476		
18	0,636	1,337	1,009	0,001	89,476		
19	0,417	1,118	0,789	0,000	69,730		
20	-0,022	0,680	0,351	0,000	30,255		
	<u>2,784</u>	<u>11,905</u>	<u>7,629615</u>	<u>0,007</u>		<u>669,777</u>	<u>0,79925</u>

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΙ
ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	-1,450	-0,318	-0,849	-2,087	-141,131		
9	-1,097	0,035	-0,495	-0,177	-51,996		
10	-0,743	0,389	-0,141	-0,177	-20,162		
11	-0,035	1,097	0,566	-0,177	43,507		
12	0,318	1,450	0,920	-0,177	75,341		
13	1,026	2,158	1,627	-0,177	139,009		
14	1,026	2,158	1,627	-0,177	139,009		
15	1,379	2,511	1,981	-0,177	170,843		
16	1,379	2,511	1,981	-0,177	170,843		
17	1,026	2,158	1,627	-0,177	139,009		
18	1,026	2,158	1,627	-0,177	139,009		
19	0,672	1,804	1,273	-0,177	107,175		
20	-0,035	1,097	0,566	-0,177	43,507		
	<u>4,492</u>	<u>19,207</u>	<u>12,309</u>	<u>-4,209</u>		<u>953,960</u>	<u>3,37088</u>

ΔΥΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	-1,846	-0,405	-1,081	-2,656	-179,634		
9	-1,396	0,045	-0,630	-2,206	-125,609		
10	-0,945	0,495	-0,180	-1,756	-71,583		
11	-0,045	1,396	0,720	-0,855	36,467		
12	0,405	1,846	1,171	-0,405	90,492		
13	1,306	2,746	2,071	0,495	198,543		
14	1,306	2,746	2,071	0,495	198,543		
15	1,756	3,196	2,521	0,945	252,568		
16	1,756	3,196	2,521	0,945	252,568		
17	1,306	2,746	2,071	0,495	198,543		
18	1,306	2,746	2,071	0,495	198,543		
19	0,855	2,296	1,621	0,045	144,517		
20	-0,045	1,396	0,720	-0,855	36,467		
	<u>5,718</u>	<u>24,446</u>	<u>15,667</u>	<u>-4,817</u>		<u>1230,424</u>	<u>4,82519</u>

ΒΟΡΕΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	-1,092	-0,240	-0,639	-1,571	-106,249		
9	-0,825	0,027	-0,373	-1,305	-74,294		
10	-0,559	0,293	-0,107	-1,039	-42,340		
11	-0,027	0,825	0,426	-0,506	21,569		
12	0,240	1,092	0,692	-0,240	53,524		
13	0,772	1,624	1,225	0,293	117,433		
14	0,772	1,624	1,225	0,293	117,433		
15	1,039	1,891	1,491	0,559	149,387		
16	1,039	1,891	1,491	0,559	149,387		
17	0,772	1,624	1,225	0,293	117,433		
18	0,772	1,624	1,225	0,293	117,433		
19	0,506	1,358	0,959	0,027	85,478		
20	-0,027	0,825	0,426	-0,506	21,569		
	<u>3,382</u>	<u>14,459</u>	<u>9,267</u>	<u>-2,849</u>		<u>727.762</u>	<u>2,911049</u>

ΝΟΤΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	-0,930	-0,204	-0,544	-1,338	-90,513		
9	-0,703	0,023	-0,318	-1,112	-63,291		
10	-0,476	0,250	-0,091	-0,885	-36,069		
11	-0,023	0,703	0,363	-0,431	18,375		
12	0,204	0,930	0,590	-0,204	45,597		
13	0,658	1,384	1,044	0,250	100,041		
14	0,658	1,384	1,044	0,250	100,041		
15	0,885	1,611	1,270	0,476	127,263		
16	0,885	1,611	1,270	0,476	127,263		
17	0,658	1,384	1,044	0,250	100,041		
18	0,658	1,384	1,044	0,250	100,041		
19	0,431	1,157	0,817	0,023	72,819		
20	-0,023	0,703	0,363	-0,431	18,375		
	<u>2,881</u>	<u>12,318</u>	<u>7,894</u>	<u>-2,427</u>		<u>619,981</u>	<u>2,46024</u>
						<u>4201,904</u>	

5.3 Ψυκτικά φορτία από διαφανή στοιχεία με ακτινοβολία

ΟΡΟΦΗ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	18,643	18,310	17,248	12,797	2009,942		
9	24,998	24,553	23,128	17,160	2695,149		
10	30,506	29,963	28,223	20,941	3288,996		
11	34,319	33,708	31,751	23,559	3700,120		
12	36,014	35,372	33,319	24,722	3882,842		
13	36,014	35,372	33,319	24,722	3882,842		
14	34,319	33,708	31,751	23,559	3700,120		
15	30,082	29,546	27,831	20,650	3243,315		
16	24,574	24,136	22,736	16,869	2649,469		
17	17,795	17,478	16,464	12,216	1918,581		
18	10,592	10,404	9,800	7,271	1142,012		
19	5,932	5,826	5,488	4,072	639,527		
20	5,084	4,994	4,704	3,490	548,166		

308,873 303,371 285,7628 212,029 **33301,082** 39,73876

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΙ
ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	37,686	37,686	37,686	35,027	4442,535		
9	35,802	35,802	35,802	33,275	4220,409		
10	29,207	29,207	29,207	27,146	3442,965		
11	19,314	19,314	19,314	17,951	2276,799		
12	12,719	12,719	12,719	11,821	1499,356		
13	11,306	11,306	11,306	10,508	1332,761		
14	10,364	10,364	10,364	9,632	1221,697		
15	9,421	9,421	9,421	8,757	1110,634		
16	8,008	8,008	8,008	7,443	944,039		
17	6,595	6,595	6,595	6,130	777,444		
18	5,182	5,182	5,182	4,816	610,849		
19	2,826	2,826	2,826	2,627	333,190		
20	2,355	2,355	2,355	2,189	277,658		
	<u>190,785</u>	<u>190,785</u>	<u>190,785</u>	<u>177,322</u>		<u>22490,335</u>	<u>79,47115</u>

ΔΥΤΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	6,594	6,594	6,594	6,129	777,318		
9	7,793	7,793	7,793	7,243	918,648		
10	8,992	8,992	8,992	8,357	1059,979		
11	9,591	9,591	9,591	8,914	1130,644		
12	10,191	10,191	10,191	9,472	1201,309		
13	18,583	18,583	18,583	17,272	2190,623		
14	31,771	31,771	31,771	29,529	3745,258		
15	43,161	43,161	43,161	40,115	5087,897		
16	49,155	49,155	49,155	45,686	5794,550		
17	48,556	48,556	48,556	45,129	5723,885		
18	36,567	36,567	36,567	33,986	4310,580		
19	9,591	9,591	9,591	8,914	1130,644		

20	7,193	7,193	7,193	6,686	847,983
	<u>287,737</u>	<u>287,737</u>	<u>287,737</u>	<u>267,432</u>	

33919,316 133,0169

ΒΟΡΕΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος		Ιούλιος		Αύγουστος		Σεπτέμβριος		Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	5,990	4,760	4,363	3,768	566,425						
9	6,727	5,346	4,900	4,232	636,139						
10	7,372	5,858	5,370	4,638	697,138						
11	7,925	6,298	5,773	4,986	749,424						
12	8,201	6,517	5,974	5,160	775,566						
13	8,201	6,517	5,974	5,160	775,566						
14	7,925	6,298	5,773	4,986	749,424						
15	7,556	6,005	5,504	4,754	714,567						
16	6,911	5,492	5,034	4,348	653,567						
17	7,187	5,712	5,236	4,522	679,710						
18	8,385	6,664	6,109	5,276	792,995						
19	2,212	1,757	1,611	1,391	209,141						
20	1,659	1,318	1,208	1,044	156,856						
	<u>86,249</u>	<u>68,542</u>	<u>62,830</u>	<u>54,263</u>						<u>8156,517</u>	<u>32,62607</u>

ΝΟΤΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Ωρα	Ιούνιος		Ιούλιος		Αύγουστος		Σεπτέμβριος		Συγκέντρωση ανά ώρα	Συγκέντρωση περιόδου	KWh/m ²
	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh	Ενέργεια KWh			
8	3,588	4,114	5,621	7,547	626,106						
9	5,928	6,797	9,287	12,469	1034,436						
10	5,928	6,797	9,287	12,469	1034,436						
11	11,700	13,416	18,330	24,609	2041,650						
12	12,948	14,847	20,285	27,234	2259,426						
13	12,480	14,310	19,552	26,250	2177,760						
14	10,608	12,164	16,619	22,312	1851,096						
15	7,800	8,944	12,220	16,406	1361,100						
16	5,460	6,261	8,554	11,484	952,770						

17	4,212	4,830	6,599	8,859	734,994
18	2,964	3,399	4,644	6,234	517,218
19	1,716	1,968	2,688	3,609	299,442
20	1,404	1,610	2,200	2,953	244,998
	<u>86.736</u>	<u>99.457</u>	<u>135.886</u>	<u>182.435</u>	

15135,432
113002,682

60.06124

5.4 Συνολικό Εξωτερικό φορτίο ψύξης ανά ημέρα

	Ψυκτικό φορτίο	Φορτίο ανα ημέρα Ιουνίου	Φορτίο ανα ημέρα Ιουλίου	Φορτίο ανα ημέρα Αύγουστου	Φορτίο ανα ημέρα Σεπτεμβρίου
Αγωγή από μη - διαφανή στοιχεία	Από οροφή	86,911	106,887	97,523339	75,67
	Από Ανατ. Τοίχους	14,330837	18,254491	16,074683	8,6633375
	Από Δυτ. Τοίχους	8,078145	11,613593	9,649455	2,9713875
	Από Βορ. Τοίχους	2,78475	6,250875	2,913125	-2,992125
	Από Νοτ. Τοίχους	5,295528	10,730412	10,989216	10,730412
Αγωγή από διαφανή στοιχεία	Από άνοιγμα οροφής	2,748	11,905	7,63	-2,346
	Από Ανατ. άνοιγμα	4,492	19,207	12,309	-4,209

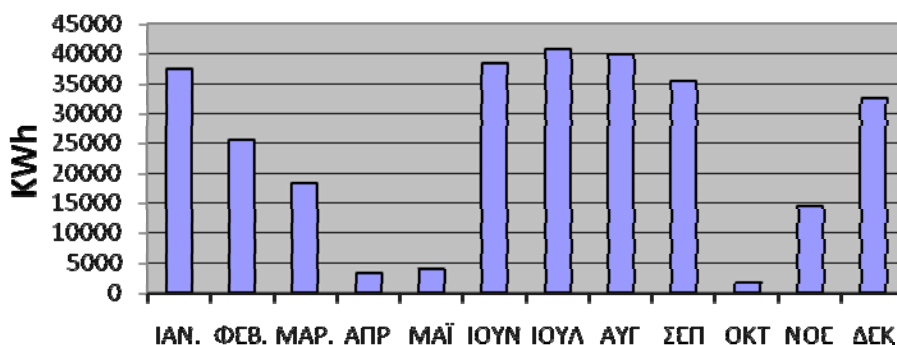
	Από Δυτ. Άνοιγμα	5,718	24,446	15,667	-4,817
	Από Βορ. Άνοιγμα	3,382	14,459	9,267	-2,849
	Από Νοτ. Άνοιγμα	2,881	12,318	7,894	-2,427
Ακτινοβολία από διαφανή στοιχεία	Από άνοιγμα οροφής	308,87	303,37	285,76	212,03
	Από Ανατ. άνοιγμα	190,79	190,79	190,79	177,32
	Από Δυτ. Άνοιγμα	287,74	287,74	287,74	267,43
	Από Βορ. Άνοιγμα	86,25	68,54	62,83	54,26
	Από Νοτ. Άνοιγμα	86,736	99,45728	135,8864	182,43472
		1097,0078	1185,9684	1152,9232	971,875154
		27425,194	29649,21	28823,08	24296,8789
Για 25 ημέρες χρήσης του κτιρίου		KWh	KWh	KWh	KWh

5.5 Συνολικό ψυκτικό φορτίο

Ψυκτικό φορτίο	Φορτίο Ιουν.	Φορτίο Ιουλ.	Φορτίο Αυγ.	Φορτίο Σεπ.
	38439,444	40663,46	39837,33	35311,1289
Για 25 ημέρες χρήσης του κτιρίου	KWh	KWh	KWh	KWh

5.6 Συνολική απαίτηση Ενέργειας κτιρίου

ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
37547	25524	18216	3297	-3899	38439	40663	39837	35311	1778	14399	32465



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Προσθήκη παθητικού ηλιακού συστήματος στο κτίριου

6.1 Περιγραφή παθητικού ηλιακού συστήματος

Το ηλιακό σύστημα που επιλέχτηκε για το κτίριο της βιβλιοθήκης του ΤΕΙ Σερρών είναι ο τοίχος Trombe. Το σύστημα θα τοποθετηθεί στη νότια πλευρά του κτιρίου, σε ένα από τα ήδη υπάρχοντα ανοίγματα. Το εμβαδό του τοίχου θα είναι $11,55 \text{ m}^2$ ($3.30 \times 3.50 \text{ m}$) και θα φέρει θυρίδες στο κάτω και στο πάνω μέρος του τοίχου διαστάσεων $200 \times 15 \text{ cm}$. Το πάχος του τοίχου θα είναι 30 cm και το υλικό κατασκευής θα είναι θερμομονωτικά τούβλα πάχους 25 cm .

επίσης θα υπάρχουν και ζωνάρια (μπρίκια) απο οπλισμένο σκυρόδεμα διαστάσεων 300x25x15cm στο πάνω μέρος των θυρίδων για τη στήριξη τις υπόλοιπης τοιχοποιίας. Ο τοίχος θα είναι καλυμμένος, εσωτερικά και εξωτερικά απο επίχρισμα 2.5cm και η εξωτερική του επιφάνεια θα είναι βαμμένη σε μαύρο χρώμα. Στο σημείο που θα τοποθετηθεί θα δημιουργηθεί ένας ηλιακός χώρος και ο τοίχος Trombe θα χωρίζει τον ηλιακό χώρο με τον χώρο που θερμαίνεται. Η επιφάνεια του υαλοστασίου θα είναι 16,2 m² ,κατασκευασμένη από πλαίσιο αλουμινίου και διπλό τζάμι. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης κατά τους θερινούς μήνες, θα πρέπει ένα τμήμα του υαλοστασίου στο πάνω μέρος να είναι ανοιγόμενο. Για τον υπολογισμό του ηλιακού κέρδους θα ακολουθήσουμε την μέθοδο 5000.



Εικόνα: Εξωτερική όψη του ανοίγματος που θα τοποθετηθεί το παθητικό ηλιακό σύστημα



Εικόνα: Εσωτερική όψη του ανοίγματος που θα τοποθετηθεί το παθητικό ηλιακό σύστημα

6.2 Μέθοδος 5000

Ο ηλιακός χώρος μπορεί να συμβάλει στη θέρμανση του κτιρίου με δυο τρόπους.

1. Με τη χρήση του τοίχου Trombe στον ηλιακό χώρο
2. Με την ενεργεία του χώρου, στο χώρο ανάσχεσης κατά την οποία ο αέρας στον ηλιακό χώρο θερμαίνεται από τον ήλιο και μειώνει τις απώλειες θερμότητας του χώρου που θερμαίνεται.

6.2.1 Ηλιακά κέρδη από τοίχο Trombe

$$\Phi_{tw} = F \cdot C \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

όπου

F = η ενέργεια που απορροφάται από τον τοίχο (kWh/ημέρα).

Όπως και στον ηλιακό τοίχο το F είναι: $F = E \cdot S_f \cdot A \cdot m \cdot a$

E = η ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ανά m^2 υαλοστασίου (kWh/ m^2 ημέρα). Προκύπτει απευθείας από τους πίνακες για τον προσανατολισμό την κλίση και την υφή του τοίχου.

S_f = ο συντελεστής σκίασης του τοίχου ως ποσοστό.

A = το εμβαδόν του τοίχου (m^2).

m = ο λόγος της καλυμμένης με τζάμι επιφάνειας προς την επιφάνεια του υαλοστασίου για να ληφθούν υπόψη τα πλαίσια.

a = η απορροφητικότητα του τοίχου ($a = 0.90$ για τοίχο βαμμένο ματ μαύρο).

και C είναι συντελεστής απόδοσης που προκύπτει από το σχετικό πίνακα 2 (σημ. Γ.Μ.Κοντορούπης, *Ενεργειακός Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Οικισμών*, σελ.192). Το C εξαρτάται από τη φύση του τζαμιού (μονό ή διπλό), την ανακλαστικότητα του συλλέκτη και την παρουσία νυκτερινής μόνωσης.

Ιδιότητες τζαμιού		ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	
Εμβαδόν A= 11,55m ²	Προσανατολισμός Νότιος									
a=0,90	Κλίση 90°	3,226	2,9	2,581	2,419	2,571	2,742	2,6	2,484	
m= 0,8		S _f	1	1	1	1	1	1	1	
Επιλεκτική βαφή Μαύρο		F								
Νυχτερινή μόνωση Όχι		α/ημέρα	26,83	24,12	21,46	20,12	21,38	22,80	21,6 2	20,66
Απόδοση C=0,66		Φ _{tw} kWh/ημέρα	17,71	15,92	14,16	13,28	14,11	15,05	14,2 7	13,63
		Φ _{tw} kWh/μήνα	548,9	477,5	439,1	411,6	395,2	466,5	428, 1	422,6

Οι τιμές για την ενέργεια που απορροφάται από τον τοίχο πάρθηκαν απο πίνακες που βρίσκονται στο βιβλίο «Ενεργειακός Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων και Οικισμών», Γεώργιος Μ. Κοντορουπης.

6.2.2 Αποτέλεσμα του ηλιακού χώρου ως χώρου ανάσχεσης

Αρχικά υπολογίζουμε την ενέργεια F_s που παγιδεύεται στον ηλιακό χώρο

$$F_s = (a_1 \times E_s) - (a_2 \times \Phi_{sdg}) - \Phi_{tw}$$

(kWh/ημέρα)

όπου

E_s = η ηλιακή ενέργεια που εισέρχεται στον ηλιακό χώρο (kWh/ημέρα).

$$E_s = E \times S_f \times A \times m$$

όπου

E = η ηλιακή ενέργεια που μεταδίδεται ανά m² υαλοστασίου (kWh/m² ημέρα). Προκύπτει απευθείας από τους πίνακες για τον προσανατολισμό την κλίση και την υφή του τοίχου.

S_f = ο συντελεστής σκίασης του τοίχου ως ποσοστό.

A = το εμβαδόν του τοίχου (m²).

m = ο λόγος της καλυμμένης με τζάμι επιφάνειας προς την επιφάνεια του υαλοστασίου για να ληφθούν υπόψη τα πλαίσια.

Φ_{sdg} = Ενέργεια που προσδίδεται από τα παράθυρα που χωρίζουν τον ηλιακό χώρο από το χώρο που θερμαίνεται.

Φ_{tw} =Ενέργεια που προσδίδεται από τον τοίχο Trombe

a_1 και a_2 =είναι δύο συντελεστές που λαμβάνουν υπόψη τις απώλειες της ηλιακής ενέργειας απο τις πολλαπλές ανακλάσεις μέσα στον ηλιακό χώρο. Οι τιμές a_1 και a_2 δίνονται σε πίνακες ως συνάρτηση της γεωμετρίας του ηλιακού χώρου, του τύπου τζαμιού, της απορροφητικότητας του και της μόνωσης του δαπέδου.

Εμβαδό ν m ²	Ιδιότητες Υαλοστασίου		ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ
A= 13,9 m ²	Προσανατολι- σμός Νότιος	E kWh/m ² η μερα	3,226	2,900	2,581	2,419	2,571	2,742	2,600	2,484
	ΑΤ/ΔΤ SG Υαλοστάσιο	Sf	1	1	1	1	1	1	1	1
	κλίση 90° m 0,8	Es kWh/ημέ ρα	35,87	32,25	28,70	26,90	28,59	30,49	28,91	27,62
Εμβαδό ν m ²	Ιδιότητες Υαλοστασίου		ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ
A=2,3 m ²	Προσανατολι- σμός Νότιος	E kWh/m ² ημερα	3,742	2,867	2,387	2,323	2,893	3,710	4,533	5,258
	ΑΤ/ΔΤ SG Υαλοστάσιο	Sf	1	1	1	1	1	1	1	1
	κλίση 30° m 0,8	Es kWh/ημέ ρα	6,89	5,27	4,39	4,27	5,32	6,83	8,34	9,67
Σύνολο	Εμβαδόν A= 16,2m ²	Es kWh/ημέ ρα	42,76	37,52	33,09	31,18	33,92	37,32	37,25	37,30
		Φ_{tw} kWh/ημέ ρα	17,71	15,92	14,16	13,28	14,11	15,05	14,27	13,63
	$a_1=0,69$	Φ_{sdg} kWh/ημέ ρα	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	$a_2=0,87$	Fs kWh/ημέ ρα	11,80	9,97	8,67	8,23	9,29	10,70	11,43	12,10
		Fs kWh/μήν α	365,70	299,21	268,69	255,23	260,10	331,66	343,0 4	375,13

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την μέση μηνιαία θερμοκρασία του ηλιακού χώρου

χωρίς ηλιακά κέρδη

$$t_{sng} = [(t_0 \times L_{bm}) + (t_t \times L_{hm})] / (L_{hm} + L_{bm})$$

όπου

t_0 = η μέση μηνιαία θερμοκρασία

t_t = η θερμοκρασία του θερμοστάτη στο χώρο που θερμαίνεται

L_{hm} = η μέση απώλεια θερμότητας του χώρου που θερμαίνεται προς το χώρο ανάσχεσης $L_{hm} = A_t \times k_{tw}$

L_{bm} = η μέση απώλεια θερμότητας του χώρου ανάσχεσης προς το περιβάλλον $L_{bm} = A_{\text{υαλ}} \times k_{\text{υαλ}}$

Με ηλιακά κέρδη

$$t_s = t_{sng} + \left\{ F_s / [0.024 \times (L_{hm} + L_{bm})] \right\}$$

Το κ του τοίχου είναι :

Θερμική αγωγιμότητα τοίχου Trombe				
α/α	Στοιχείο	Πάχος d (m)	Συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (W/m.K)	Αντίσταση θερμοδιαφυγής d/λ (m ² /K.W)
1	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
2	Θερμομονωτικό τούβλο	0,2	0,215	0,93
3	Επίχρισμα	0,02	0,87	0,023
		0,24		0,976

$$k_{tw} = \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{d/\lambda + R_i + R_a} \Rightarrow \frac{1}{0.976 + 0.1 + 0.04} = 0.896 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Το κ του υαλοστασίου είναι :

$$k_{\text{υαλ}} = 3.49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$L_{hm} = A_t \times k_{tw} = 11.55 \times 0.896 = 10.35 \text{ W/K}$$

$$L_{bm} = A_{\text{υαλ}} \times k_{\text{υαλ}} = 16.2 \times 3.49 = 56.54 \text{ W/K}$$

$$t_{sng} = [(t_0 \times L_{bm}) + (t_t \times L_{hm})] / (L_{hm} + L_{bm}) \Rightarrow [(t_0 \times 56.54) + (t_t \times 10.35)] / (10.35 + 56.54)$$

		ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ
L _{bm} =56,54 W/K	t ₀	18,2	12,2	7	5,4	7,8	11	16,2	21,4
	t _t	20	20	20	20	20	20	20	20
L _{hm} =10,35 W/K	t _{sng}	18,48	13,41	9,01	7,66	9,69	12,39	16,79	21,18
	F _s kWh/ημέρα	11,80	9,97	8,67	8,23	9,29	10,70	11,43	12,10
	t _s	25,83	19,62	14,41	12,79	15,47	19,06	23,91	28,72

Τέλος τα ηλιακά κέρδη από τον χώρο ανάσχεσης υπολογίζονται απο τον τύπο

$$\Phi_{sb} = (1 - C_{lb}) \times F_s \quad (\text{kWh/ημέρα})$$

όπου

C_{lb} = Συντελεστής μείωσης των απωλειών θερμότητας του χώρου

$$\text{ανάσχεσης } C_{lb} = \frac{L_{bm}}{L_{bm} + L_{hm}}$$

		ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ
c _{lb} =0,845	F _s kWh/ημέρα	11,8	9,97	8,67	8,23	9,29	10,7	11,4	12,1
	Φ _{tw} kWh/ημέρα	1,83	1,55	1,34	1,28	1,44	1,66	1,77	1,88
	Φ _{tw} kWh/μήνα	56,7	46,4	41,6	39,6	40,3	51,4	53,2	58,1

Συνολικά κέρδη από τον ηλιακό χώρο

	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ
Φ _{sb} kWh/ημέρα	1,83	1,55	1,34	1,28	1,44	1,66	1,77	1,88
Φ _{tw} kWh/ημέρα	17,71	15,92	14,16	13,28	14,11	15,05	14,27	13,63
Ολική ενέργεια kWh/ημέρα	19,53	17,46	15,51	14,55	15,55	16,71	16,04	15,51
Ολική ενέργεια kWh/μήνα	605,54	523,88	480,73	451,20	435,49	517,94	481,28	480,76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας κτιρίου μετά από την προσθήκη παθητικού ηλιακού συστήματος

7.1 Υπολογισμός συνολικού συντελεστή απωλειών σύμφωνα με EN832+AC

α/α	Από θερμαινόμενη ζώνη σε:	Εξωτερικό περιβάλλον	μη- θερμαινόμενους χώρους	Σύνολο
1	Μέσω αγωγιμότητας	2644,619		
2	Από εναλλαγές αέρα	1778.000		
3	Συνολικός συντελεστής	4422.619	6343,739	
4	Παράγοντας μείωσης	0.000	0.0723	
5	Μειωμένος συντελεστής απώλειας	4422.619	458.652	<u>4881.271</u>

7.2 Απώλειες κτιρίου ανά μήνα με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας

Μήνας	Μέση εξωτερική θερμοκρ.	Διαφορά θερμοκρ .	Ημέρες μήνα	Ενεργειακές απώλειες με βάση τις διαφορές θερμοκρ.
Ιανουάριος	4	16	31	58107
Φεβρουάριος	6,2	13,8	28	45267
Μάρτιος	9,4	10,6	31	38496
Απρίλιος	14,5	5,5	30	19330
Μάιος	19,7	0,3	31	1089
Ιούνιος	24,1	-4,1	31	
Ιούλιος	26,8	-6,8	30	
Αύγουστος	24,4	-4,4	31	
Σεπτέμβριος	21,7	-1,7	30	
Οκτώβριος	16,2	3,8	31	13800
Νοέμβριος	10,6	9,4	30	33036
Δεκέμβριος	5,6	14,4	31	52296
				<u>261421</u>

7.3 Ηλιακά κέρδη

Μήνας	Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε	Ολική Ηλιακή Ακτινοβολία σε Κατακόρυφο επίπεδο (KWh/m ²)									
	Οριζόντιο Επίπεδο (KWh/m ²)	Κέρδη	Νότια	Κέρδη	Δυτικά	Κέρδη	Βόρεια	Κέρδη	Ανατολικά	Κέρδη	ΣΥΝΟΛΟ
Ιανουάριος	47	1484	75	2381	41	2059	17	536	41	772	7231
Φεβρουάριος	60	1894	72	2285	39	1958	17	536	39	735	7408
Μάρτιος	97	3062	85	2698	46	2310	20	631	46	867	9567
Απρίλιος	130	4104	78	2476	42	2109	18	568	42	791	10047
Μάιος	170	5367	77	2444	42	2109	18	568	42	791	11279
Ιούνιος	185		73		39		17		39		
Ιούλιος	196		80		43		18		43		
Αύγουστος	178		94		51		22		51		
Σεπτέμβριος	129		100		54		23		54		
Οκτώβριος	87	2747	100	3174	54	2711	23	725	54	1017	10374
Νοέμβριος	56	1768	87	2761	47	2360	20	631	47	885	8405
Δεκέμβριος	45	1421	80	2539	43	2159	18	568	43	810	7497
ΣΥΝΟΛΟ		21846		20758		17774		4761		6669	71809

7.4 Συγκεντρωτικός πίνακας κατανάλωσης ενέργειας για την περίοδο θέρμανσης σύμφωνα με EN 832+AC

Μήνας	Απώλειες με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας (KWh)	Εσωτερικά κέρδη (KWh)	Ηλιακά κέρδη (KWh)	Κέρδη απο παθητικά ηλιακά συστήματα (KWh)	Συνολικά κέρδη (KWh)	Συντελεστής χρησιμοποίησης	Κατανάλωση ενέργειας
Ιανουάριος	58107	13217	7231	451	20900	1	37207
Φεβρουάριος	45267	13217	7408	435	21061	0,95	25259
Μάρτιος	38496	13217	9567	518	23302	0,88	17990
Απρίλιος	19330	13217	10047	481	23746	0,68	3183
Μάιος	1089	13217	11279	481	24976	0,2	-3906
Οκτώβριος	13800	13217	10374	606	24197	0,5	1702
Νοέμβριος	33036	13217	8405	524	22146	0,85	14212
Δεκέμβριος	52296	13217	7497	481	21194	0,95	32161
	261421	105736	71809	3977			127808

7.5 Συνολικό Εξωτερικό φορτίο ψύξης ανά ημέρα

	Ψυκτικό φορτίο	Φορτίο ανα ημέρα Ιουνίου	Φορτίο ανα ημέρα Ιουλίου	Φορτίο ανα ημέρα Αύγουστου	Φορτίο ανα ημέρα Σεπτεμβρίου
Αγωγή από μη - διαφανή στοιχεία	Από οροφή	86,911	106,887	97,523	75,675
	Από Ανατ. Τοίχους	14,330837	18,254491	16,074683	8,6633375
	Από Δυτ. Τοίχους	8,078145	11,613593	9,649455	2,9713875
	Από Βορ. Τοίχους	2,78475	6,250875	2,913125	-2,992125
	Από Νοτ. Τοίχους	5,547696	11,241384	11,512512	11,241384
Αγωγή από διαφανή στοιχεία	Από άνοιγμα οροφής	2,748	11,905	7,63	-2,346
	Από Ανατ. άνοιγμα	4,492	19,207	12,309	-4,209
	Από Δυτ. Άνοιγμα	5,718	24,446	15,667	-4,817
	Από Βορ. Άνοιγμα	3,382	14,459	9,267	-2,849
	Από Νοτ. Άνοιγμα	2,393442	10,233378	6,558408	-2,016522
Ακτινοβολία από διαφανή στοιχεία	Από άνοιγμα οροφής	308,87	303,37	285,76	212,03
	Από Ανατ. άνοιγμα	190,79	190,79	190,79	177,32
	Από Δυτ. Άνοιγμα	287,74	287,74	287,74	267,43
	Από Βορ. Άνοιγμα	86,25	68,54	62,83	54,26
	Από Νοτ. Άνοιγμα	72,0576	82,626048	112,89024	151,561152
		1082,0935	1167,5638	1129,1144	941,922614
		27052,337	29189,094	28227,861	23548,0654
Για 25 ημέρες χρήσης του κτιρίου		KWh	KWh	KWh	KWh

7.6 Συνολικό ψυκτικό φορτίο

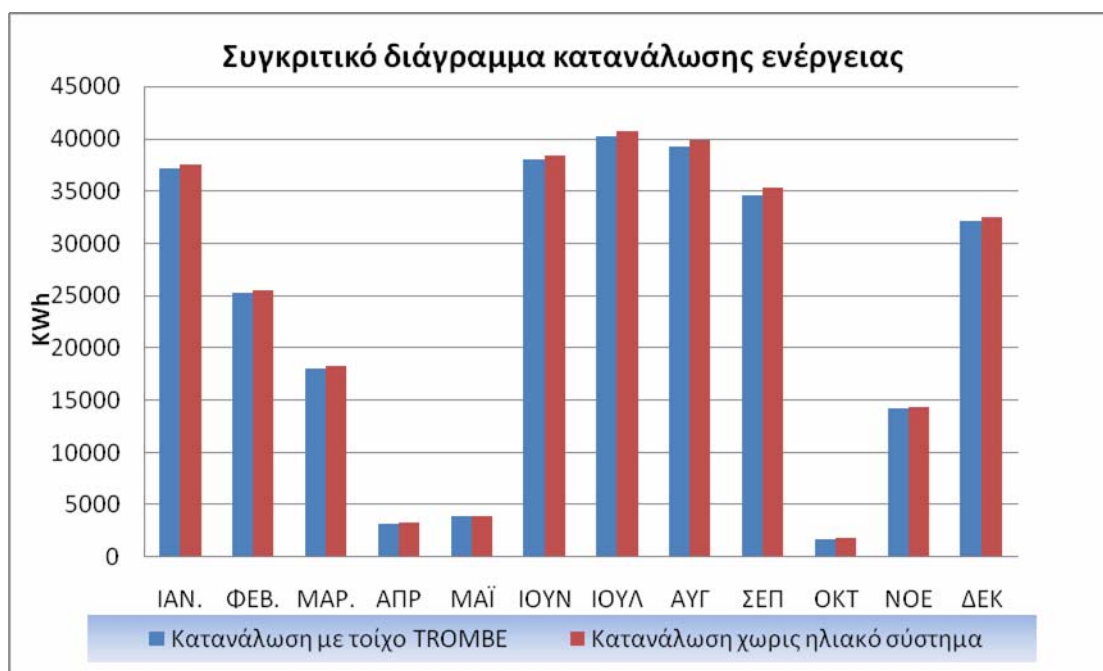
Ψυκτικό φορτίο	Φορτίο Ιουν.	Φορτίο Ιουλ.	Φορτίο Αυγ.	Φορτίο Σεπ.
	38066,587	40203,344	39242,111	34562,3154
Για 25 ημέρες χρήσης του κτιρίου	KWh	KWh	KWh	KWh

7.7 Συνολική απαίτηση Ενέργειας κτιρίου

ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.
37207	25259	17990	3183	3906	38067	40203	39242	34562	1702	14212	32161

7.8 Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας πριν και μετά τη προσθήκη παθητικού ηλιακού συστήματος

Μήνας	Κατανάλωση ενέργειας πριν τις αλλαγές (KWh)	Κατανάλωση ενέργειας μετά τις αλλαγές (KWh)	Λόγος κατανάλωσης ενέργειας μετά τις αλλαγές προς πριν τις αλλαγές
Ιανουάριος	37547	37207	0,991
Φεβρουάριος	25524	25259	0,990
Μάρτιος	18216	17990	0,988
Απρίλιος	3297	3183	0,965
Μάιος	-3899	-3906	1,002
Ιούνιος	38439	38067	0,990
Ιούλιος	40663	40203	0,989
Αύγουστος	39837,33	39242	0,985
Σεπτέμβριος	35311	34562	0,979
Οκτώβριος	1778	1702	0,957
Νοέμβριος	14399	14212	0,987
Δεκέμβριος	32465	32161	0,991
ΣΥΝΟΛΟ	283577	279883	0,987



Σχολια – Συμπερασματα

- Όπως παρατηρούμε στο παραπάνω διάγραμμα η προσθήκη του παθητικού ηλιακού συστήματος συμβάλει στη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας ,για θέρμανση και για ψύξη του κτιρίου.
- Για την περίοδο θέρμανσης το ηλιακό σύστημα αποδίδει συνολικά στο κτίριο 3977 KWh, όμως το τελικό όφελος του κτιρίου μετά την προσθήκη είναι 565 KWh. Αυτό συμβαίνει γιατί τοποθετώντας το παθητικό ηλιακό σύστημα, σε ένα ήδη υπάρχον άνοιγμα, μειώνουμε την επιφάνεια των ανοιγμάτων κατά 11,55 m² και ως συνέπεια μειώνονται και τα άμεσα ηλιακά κέρδη.
- Κατά το μήνα Μάιο που τα ηλιακά κέρδη είναι αυξημένα η κατανάλωση ενέργειας έχει αρνητικό πρόσημο, αυτό σημαίνει ότι χρειαζόμαστε 3899 kWh για την ψύξη του κτιρίου και όχι για θέρμανση όπως αρχικά υπολογίσαμε.
- Με την προσθήκη του ηλιακού συστήματος επιβαρύνουμε το κτίριο περισσότερο , άρα θα πρέπει να μετατρέψουμε το σύστημα για να λειτουργήσει όπως και τους θερινούς μήνες.
- Τους θερινούς μήνες η λειτουργία του συστήματος αλλάζει. Ανοίγοντας το ανοιγώμενο τμήμα του υαλοστασίου και την κάτω θυρίδα του τοίχου δημιουργούμε μια δίοδο διαφυγής του ζεστού αέρα. Επίσης αν ανοίξουμε κάποιο άλλο άνοιγμα, κατά προτίμηση στη βόρεια πλευρά του κτιρίου, δημιουργούμε ρεύμα αέρα, το οποίο βοηθά στον φυσικό δροσισμό του χώρου και την αποφυγή υπερθέρμανσης στον ηλιακό χώρο.
- Το παθητικό ηλιακό σύστημα κατά τους θερινούς μήνες βοηθά στη μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη κατά 3177 kWh ,γιατί με την προσθήκη του μειώθηκε η επιφάνεια των νότιων ανοιγμάτων με αποτέλεσμα την μείωση των φορτίων απο διαφανή στοιχεία με αγωγιμότητα και με ακτινοβολία, που είναι και τα μεγαλύτερα.
- Τέλος συμπεραίνουμε ότι το παθητικό ηλιακό σύστημα που επιλέξαμε έχει πολύ ικανοποιητική απόδοση. Γιατί στο κτίριο της βιβλιοθήκης , με συνολική εξωτερική επιφάνεια κτιρίου 2631,64m² και συνολικού όγκου 8370,6m³, με την προσθήκη του τοίχου Trombe με επιφάνεια 11,55m² και την δημιουργία ηλιακού χώρου με όγκο 7,2m³, έχουμε μείωση της απαιτούμενης ενέργειας του κτιρίου κατά 1%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ , EN832/1998+AC:2002, Θερμικές επιδόσεις κτιρίων-Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για θέρμανση-Κτίρια κατοικιών

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ , ΕΛΟΤ EN ISO 13370, Θερμικές επιδόσεις κτιρίων-Μετάδοση θερμότητας δια μέσου του εδάφους-Μέθοδοι υπολογισμού.

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΕΛΟΤ , ΕΛΟΤ EN ISO 13789, Θερμικές απόδοση κτιρίων-Συντελεστής απώλειας θερμικής μετάδοσης-Μέθοδοι υπολογισμού.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, Το Ευρωπαϊκό Εγχειρίδιο για τα Παθητικά Ηλιακά Κτίρια , Μαλλιάρης Παιδεία, Αθήνα 1997

ΕΛΕΝΗ ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗ-ΧΡΟΝΑΚΗ , Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική – Παθητικά Ηλιακά Συστήματα , Διδακτικό Βοήθημα

ΓΕΩΡΓΙΟΣ Μ. ΚΟΝΤΟΡΟΥΠΗΣ, Ενεργειακός-Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2003

ΜΙΧΛΗΣ Γ. ΒΡΟΧΟΠΟΥΛΟΣ, Κλιματισμός Μέρος 1^ο (Σημειώσεις) ,Αθήνα 2003

ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΠΡΟΒΙΣΤΑΛΗΣ, Αξιολόγηση της Ενεργειακής Συμπεριφοράς του Κτιρίου της Διεύθυνσης Τεχνικών Υπηρεσιών της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Σερρών και διερεύνηση Βελτίωσης της με την Εφαρμογή Συστημάτων Βιοκλιματικής Αρχιτεκτονικής , Διπλωματική Εργασία , Πάτρα 2004