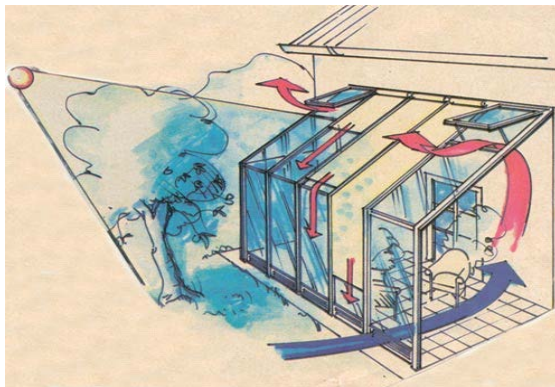


Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΗΛΙΑΚΑ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ





ΕΙΡΗΝΗ ΦΛΩΡΟΥ

Α.Μ.:38739

ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:Φ.ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΥ

ΑΘΗΝΑ,2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α ΕΝΟΤΗΤΑ: ΗΛΙΑΚΑ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

	Ευχαριστίες.....	1
1.	Εισαγωγή	6
1.1	Η έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.....	8
1.2	Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων.....	12
1.3	Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων.....	13
1.4	Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης	
	α) Συστήματα άμεσου κέρδους.....	13
	β) συστήματα έμμεσου κέρδους.....	17
	β.1) Ηλιακοί τοίχοι	18
	β.1.1) Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.....	18
	β.1.2) Τοίχος νερού.....	19
	β.1.3) Τοίχος Trombe	20
	β.1.4) Θερμοσιφωνικό πανέλο / Τοίχος Barra Constantini.....	27
	β.1.5) Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη.....	28
	β.2) ηλιακοί χώροι	29
	β.2.1) Θερμοκήπιο.....	29
	β.2.2) Ηλιακά αίθρια.....	32
	γ) Σύστημα απομωνομένου κέρδους.....	32
2.	Θερμικής προστασίας του κτηρίου.....	35
2.1	Ηλιοπροστασία-Σκιασμός.....	35
	α) Σταθερά σκίαστρα.....	36

β) Κινητά σκίαστρα.....	38
γ) Σκίαση από βλάστηση.....	39
δ) Σκίαση από γειτονικά κτήρια.....	39
ε) Ειδικά Κρύσταλλα.....	39
στ) Ανακλαστικά επιχρίσματα.....	41
ζ) Φράγμα ακτινοβολίας.....	41
2.2 Βλάστηση-Φυτεμένα δώματα.....	43
3. Φυσικός αερισμός	47
3.1 Πύργος αερισμού.....	48
3.2 Ηλιακή καμινάδα.....	49
3.3 Αεριζόμενο κέλυφος.....	50
4. Φωτισμός.....	51
4.1 Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων.....	51
4.2 Οπτική άνεση.....	51
4.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού	53
α) Ανοίγματα Οροφής.....	53
β) Αίθρια.....	53
γ) Ηλιοστάσια.....	54
δ) Φωτοσωλήνες.....	55
ε) Φωταγωγοί.....	56
στ) Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά.....	56
ζ) Ράφια Φωτισμού.....	57
η) Ανακλαστικές περσίδες.....	57
θ) Διαφανής Μόνωση.....	58

Β ΕΝΟΤΗΤΑ: ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

B1. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	60
α) Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	60
β) Ηλιακοί Συλλέκτες.....	67
B2. Γεωθερμική Ενέργεια.....	73
α) Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας.....	73
β) Λειτουργία και Τύποι Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ).....	74
γ) Απόδοση.....	75
δ) Προϋποθέσεις εγκατάστασης.....	76
ε) Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.....	77

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπος της εργασιας είναι η ανάπτυξη τρόπων αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος που είναι σήμερα από τα σημαντικότερα της παγκόσμιας κοινότητας. Ο κτηριακός τομέας συμμετέχει με υψηλό ποσοστό στην

κατανάλωση ενέργειας και στην εκπομπή ρύπων. Για αυτό είναι επιτακτική ανάγκη η εκμετάλλευση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας δηλαδή του ήλιου και του αέρα.

Συγκεκριμένα, αναφέρω τις βασικές αρχές λειτουργίας των ηλιακών και παθητικών συστημάτων, όπως για παράδειγμα του θερμοκηπίου, των ηλιακών τοίχων, των σκίαστρων και των υλικών από τα οποία αποτελούνται.

Στη συνέχεια, αναπτύσσω τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται καθώς επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης τους. Τέλος, αναφέρω διάφορες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά, τη χρήση της γεωθερμικής ενέργειας και τις προϋποθέσεις της, τους ηλιακούς συλλέκτες και τους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Βέβαια, ο βασικός στόχος των μηχανικών πρέπει να είναι πέρα από την εξοικονόμηση ενέργειας, η προστασία του περιβάλλοντος και φυσικά η δημιουργία των καλύτερων συνθηκών διαβίωσης των πολιτών μέσα και έξω από τα κτίρια.

SUMMARY

In my essay I decided to develop ways to address the energy problem which is now one of the most important in the global community. The buildings sector is involved with high energy consumption and emission of pollutants. That's why it is imperative the use of inexhaustible energy sources, that is solar and wind.

Specifically, I mention the basic operating principles of solar and passive systems such as gases, solar walls, louvers and materials from which they are composed.

Then, I develop the categories in which they are divided as well as the advantages and disadvantages of their use. Finally, I mention various energy saving techniques, such as photovoltaic, the use of geothermal energy and its conditions, solar panels and solar water heaters.

Of course, the main goal of engineers must be -beyond saving energy- protecting the environment and of course the creation of better conditions for those living inside and outside of the buildings.

Α ΕΝΟΤΗΤΑ

ΗΛΙΑΚΑ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Όπως είναι γνωστό, το ενεργειακό πρόβλημα είναι σήμερα ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα της παγκόσμιας κοινότητας. Η ενέργεια, ένα αγαθό που εξυπηρετεί σήμερα βιοωτικές, κοινωνικές και αναπτυξιακές ανάγκες, παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, ενώ οι συνέπειες από την αλόγιστη χρήση της στο περιβάλλον είναι καθοριστικές. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και λιθάνθρακα επαρκούν για την κάλυψη αναγκών περίπου 40, 70 και 200 ετών, αντίστοιχα. Οι επιπτώσεις της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της εξάντλησης των φυσικών πόρων, καθώς και η πολυπλοκότητα των ζητημάτων που συνδέονται με το περιβάλλον και την ανάπτυξη δεν είναι νέα θέματα. Σήμερα, η προστασία του περιβάλλοντος και η βιώσιμη ανάπτυξη (ανάπτυξη που πραγματοποιείται με την παράλληλη και ισότιμη προώθηση της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος) αποτελούν πλέον διαπιστωμένες αναγκαιότητες και προτεραιότητες της διεθνούς κοινότητας.

Ο κτηριακός τομέας συμμετέχει με υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων, ιδιαίτερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπου το ποσοστό συμμετοχής των κτηρίων στη συνολική κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται περίπου στο 40%. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, το έτος 2005, τα κτήρια (οικιακός και τριτογενής τομέας) συμμετείχαν με ποσοστό 34% στο Ελληνικό ενεργειακό ισοζύγιο και με ποσοστό 65% στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Το άμεσο αποτέλεσμα είναι ότι το ποσοστό των εκπομπών του CO₂ που αντιστοιχεί στα κτήρια να υπερβαίνει το 45%. Το έτος 1995, το αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής των Ελληνικών κτηρίων στην κατανάλωση ενέργειας ήταν 25% ενώ το έτος 1985 ήταν 20%. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα Ελληνικά κτήρια αυξάνεται συνεχώς και για τη δεκαετία 1995-2005 ανέρχεται στο 5,5%, ενώ ο αντίστοιχος ρυθμός αύξησης για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας στην Ελλάδα είναι περίπου 3%. [1] Με αυτούς τους ρυθμούς αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη η επίτευξη των στόχων της Ελλάδας στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, οι οποίοι αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων. Σύμφωνα μάλιστα με έρευνα της Eurostat, οι ελληνικές κατοικίες έχουν 30% μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από την Ισπανία, διπλάσια σχεδόν από την Πορτογαλία, και σημαντικά μεγαλύτερη από βορειότερα κράτη όπως το

Βέλγιο, όπου ο χειμώνας είναι βαρύτερος απ' ότι στη Μεσόγειο. Ακόμη χειρότερα, οι «επιδόσεις» των ελληνικών νοικοκυριών στην εξοικονόμηση ενέργειας είναι στην πραγματικότητα πολύ πιο φτωχές, καθώς σε αρκετές χώρες του εξωτερικού η αναλογία δομημένων τετραγωνικών μέτρων ανά κάτοικο είναι μεγαλύτερη απ' ότι στην Ελλάδα. Όταν ληφθεί υπόψη και αυτή η παράμετρος, η ενεργειακή κατανάλωση ενός ελληνικού νοικοκυριού προκύπτει πολύ υψηλότερη ακόμη και από μία μέση κατοικία στη Γερμανία, τη Δανία ή τη Βρετανία. Θα πρέπει λοιπόν να ληφθούν άμεσα μέτρα, με την εφαρμογή οικονομικών υποστηρικτικών κινήτρων για την επίτευξη της αναγκαίας εξοικονόμησης ενέργειας σε όλους του τομείς και ιδιαίτερα στα κτήρια.

Στο ξεκίνημα του 21ου αιώνα ο στόχος που ετέθη είναι αφενός η μείωση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου των κτηρίων και αφετέρου η ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, τουλάχιστον όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, με την εκμετάλλευση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας δηλαδή τον ήλιο και τον αέρα. Επίσης, ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας των κτηρίων πρέπει να βασίζονται στις αρχές της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων για να βοηθήσουν στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Συγχρόνως, πρέπει να συνεισφέρουν στην υγιεινή και ασφαλή διαβίωση των ενοίκων χωρίς να προκαλούνται επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η παραπάνω αντίληψη δεν πρέπει βεβαίως να είναι εις βάρος της θερμικής και οπτικής άνεσης των χρηστών των κτηρίων, στοιχεία τα οποία εξασφαλίζονται από τον ενεργειακό σχεδιασμό κτηρίων και υπαίθριων χώρων. [1]

Ο σχεδιασμός του δομημένου περιβάλλοντος και των κτηρίων ιδιωτικού ή δημόσιου ακάλυπτου χώρου, πρέπει πρωτίστως να στοχεύει στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά και στη δημιουργία καλύτερων συνθηκών διαβίωσης των πολιτών μέσα και έξω από τα κτήρια, δηλαδή στη βελτίωση του μικροκλίματος. Η κλιματολογία της σύγχρονης πόλης διαμορφώνεται από παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα, τις ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας και ρύπανσης και τη μορφολογία του αστικού περιβάλλοντος. [2]

Για τους λόγους αυτούς ο βιοκλιματικός σχεδιασμός (ή ενεργειακός σχεδιασμός) των κτηρίων δεν αποτελεί απλώς ιδανική λύση του προβλήματος δεδομένου του υψηλού αυτού ποσοστού συμμετοχής των κτηρίων τόσο στην

κατανάλωση ενέργειας όσο και στις εκπομπές CO₂ - αλλά συνιστά πλέον αναγκαιότητα. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η βιοκλιματική αρχιτεκτονική δεν συνιστά καινοτομία της εποχής μας, αλλά έχει τις ρίζες της στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική πολλών λαών και μπορεί να προσφέρει στη σύγχρονη κατοικία λύσεις και ιδέες φιλικές προς το περιβάλλον.

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την εύρεση κατάλληλων μεθόδων για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτηρίων, με σκοπό την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη,

1.1 Η έννοια της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική ονομάζεται η αρχιτεκτονική που προάγει σχεδιαστικές λύσεις που εκμεταλλεύονται τις περιβαλλοντικές συνθήκες και δημιουργούν κτήρια με θερμική και οπτική άνεση χωρίς ιδιαίτερες μηχανικές επεμβάσεις. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική παρεμβαίνει μόνο με το σχεδιασμό των αρχιτεκτονικών στοιχείων χωρίς να κάνει χρήση μηχανικών συστημάτων. Υπάρχουν δύο σημαντικές στρατηγικές για την εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτήριο:

ο Σε ψυχρό καιρό να μεγιστοποιούνται τα κέρδη θερμότητας και να εξασφαλίζεται η καλή διανομή τους και κατάλληλη αποθήκευσή τους

ο Σε θερμό καιρό να ελαχιστοποιούνται τα κέρδη θερμότητας, να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και να βελτιστοποιείται ο αερισμός με ψυχρό αέρα. [3]

Στα πιο πάνω πρέπει να προστεθεί η στρατηγική του φυσικού φωτισμού.

Για την επίτευξη θερμικής αλλά και οπτικής άνεσης γίνεται αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας αλλά και άλλων ανανεώσιμων πηγών, καθώς εκμεταλλεύονται επίσης και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος.

Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της οικολογικής δόμησης, η οποία ασχολείται με τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο επίπεδο των κτηριακών μονάδων μελετώντας τις ακόλουθες κατευθύνσεις:

- Τη μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (αύξηση θερμοκρασίας, συγκέντρωση αέριων ρύπων, δυσκολία στην κυκλοφορία αέρα)
- Τον σχεδιασμό των κτηρίων

- Την επιλογή των δομικών υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες, όσο και την τοξική τους δράση. [2]

Κύριοι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες και συγχρόνως η εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω στρατηγικών φυσικού δροσισμού – αερισμού, φωτισμού, ηλιοπροστασίας με εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και φυσικών μηχανισμών διάδοσης και αποθήκευσης της.

Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτήρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών (π.χ. ήλιο, αέρα/άνεμο, βλάστηση, νερό, έδαφος, ουρανό) για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό, και τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτηρίου.

Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτήρια.

Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- ο Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης
- ο Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
- ο Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτηρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραπάνω συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά αλλά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Μία άλλη κατηγορία αποτελούν τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, που απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων – απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες θερμότητας, εναλλάκτες θερμότητας κλπ)- και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, οι ηλιακοί συλλέκτες, οι οποίοι θερμαίνουν νερό ή αέρα διοχετεύοντάς το στη συνέχεια στο σύστημα διανομής της θερμότητας στο χώρο με τη μεσολάβηση εναλλάκτη θερμότητας.

Τέλος έχουμε και τα υβριδικά είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική ροή θερμότητας. Βασίζονται στην παθητική εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, παρεμβάλλοντας συγχρόνως μηχανικά συστήματα χαμηλής κατανάλωσης και απλής κατασκευής. Για παράδειγμα, η προσθήκη ενός ανεμιστήρα σε ένα παθητικό σύστημα, για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό ηλιακό σύστημα σε υβριδικό. [2,5,6,7,8,9,10,11,12]

- **Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων**

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων βασίζεται σε 3 μηχανισμούς

- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

(για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα για την θέρμανση των χώρων)

- Τη θερμική υστέρηση των υλικών – θερμοχωρητικότητα (για την αποθήκευση της θερμότητας)

- Τις αρχές μετάδοσης της θερμότητας

(την ιδιότητα της θερμότητας να μεταφέρεται από το θερμό στο κρύο αντικείμενο για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στην αποθήκη θερμότητας ή και στο χώρο που θα θερμανθεί)

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα, σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο. Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας (άμεσης και διάχυτης) επάνω στον υαλοπίνακα λαμβάνουν χώρα τρεις διαφορετικοί μηχανισμοί μετάδοσής της. Ένα ποσοστό ανακλάται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα ποσοστό, που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας – φωτεινή ακτινοβολία – διαπερνά τον υαλοπίνακα, και ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα, από το οποίο ένα μέρος επανακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον, ένα μέρος προς τον εσωτερικό χώρο και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία. Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που διαπερνά,

ανακλάται ή απορροφάται από τον υαλοπίνακα εξαρτάται από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά αυτού.

$$g + \rho + a = 1$$

όπου g : διαπερατότητα, ρ : ανακλαστικότητα και a : απορροφητικότητα

Το ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, που ανάλογα με τη διαπερατότητα του υαλοπίνακα, διέρχεται στον εσωτερικό χώρο, είναι μικρού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία προσπίπτει στα δομικά στοιχεία και τα αντικείμενα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο και, αλλάζοντας μήκος κύματος, μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία (ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος). Ο υαλοπίνακας και τα

διαφανή εν γένει υλικά είναι αδιαπέρατα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα. Η με αυτόν τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα, δεν μπορεί να διαπεράσει ως θερμική ακτινοβολία τον υαλοπίνακα, εγκλωβίζεται στον εσωτερικό

χώρο, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία ή από ειδικά διαμορφωμένη αποθήκη θερμότητας και πλέον μεταδίδεται στο χώρο με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, συμβάλλοντας στη διατήρηση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου. [2,5,6,7,8,9,10,11,12]

1.3 Υλικά παθητικών ηλιακών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας.

α) Υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Πρόκειται για διαφανή υλικά, διαπερατά από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα παθητικό σύστημα είναι :

I. Οι θερμοφυσικές ιδιότητες (διαπερατότητα, απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα, ικανότητα εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας, θερμοπερατότητα).

II. Η αισθητική, που είναι καθοριστικός παράγων για τη διαμόρφωση των όψεων του κτιρίου και η οποία συνδέεται με τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού.

III. Η αντοχή, που πρέπει να είναι ικανή να παραλαμβάνει τις μηχανικές καταπονήσεις από θερμοκρασιακές μεταβολές και ανεμοπιέσεις.

IV. Το βάρος που μπορεί να φέρει το στοιχείο στο οποίο εφαρμόζεται το διαφανές υλικό.

V. Το κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται οικονομικά η κατασκευή.

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται σε κτιριακές κατασκευές είναι οι υαλοπίνακες, τα σκληρά πλαστικά (ακρυλικά, πολυεστερικά και πολυκαρβονικά) και η διαφανής θερμομόνωση.

β)Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα ή των εσωτερικών διαχωριστικών τοιχοποιιών, καθώς και υλικά επενδύσεων τοιχοποιιών και δαπέδων.

Τα πιο ικανά υλικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση της θερμότητας στα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι το σκυρόδεμα, η πέτρα, οι ωμόπλινθοι, οι οπτόπλινθοι, τα κεραμικά πλακίδια, το νερό και τα υλικά αλλαγής φάσης (πχ τα εύτηκτα άλατα). Τα πρώτα (σκυρόδεμα, πέτρες κλπ) είναι συγχρόνως υλικά του φέροντος οργανισμού και έχουν και μεγάλη θερμοχωρητικότητα (σκυρόδεμα). Το νερό έχει μεν τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά είναι κατασκευαστικώς δύσκολο να χρησιμοποιηθεί σε δομικά

στοιχεία. Μπορεί να τοποθετηθεί σε δεξαμενές που ενσωματώνονται σε δομικά στοιχεία (πχ σε τμήμα της εξωτερικής τοιχοποιίας) ή σε μεμονωμένα στοιχεία-δοχεία.

Τα υλικά αλλαγής φάσης είναι σχετικά νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της

θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζοντας φυσική κατάσταση αποθηκεύουν θερμότητα την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση.

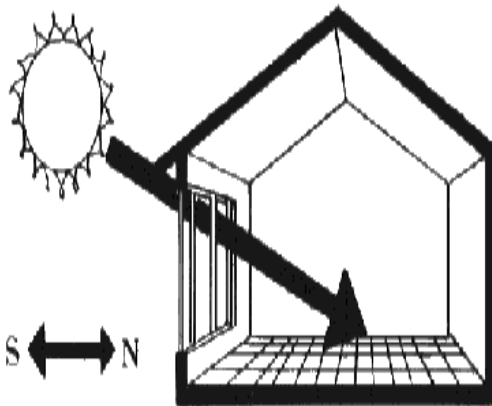
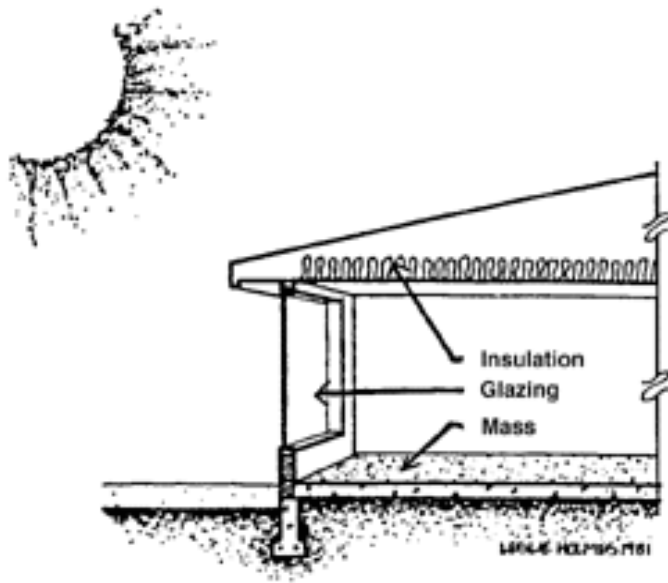
- **Κατηγορίες παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης**

Τα παθητικά συστήματα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό με απόκλιση έως 30ο προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκίαστρα. Διακρίνονται σε άμεσου και έμμεσου ηλιακού κέρδους και είναι :

α) Συστήματα άμεσου κέρδους

Το πιο απλό σύστημα που αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την θέρμανση του κτιρίου είναι το άμεσο κέρδος μέσω των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων.

Direct Gain



Άμεσο κέρδος [4]

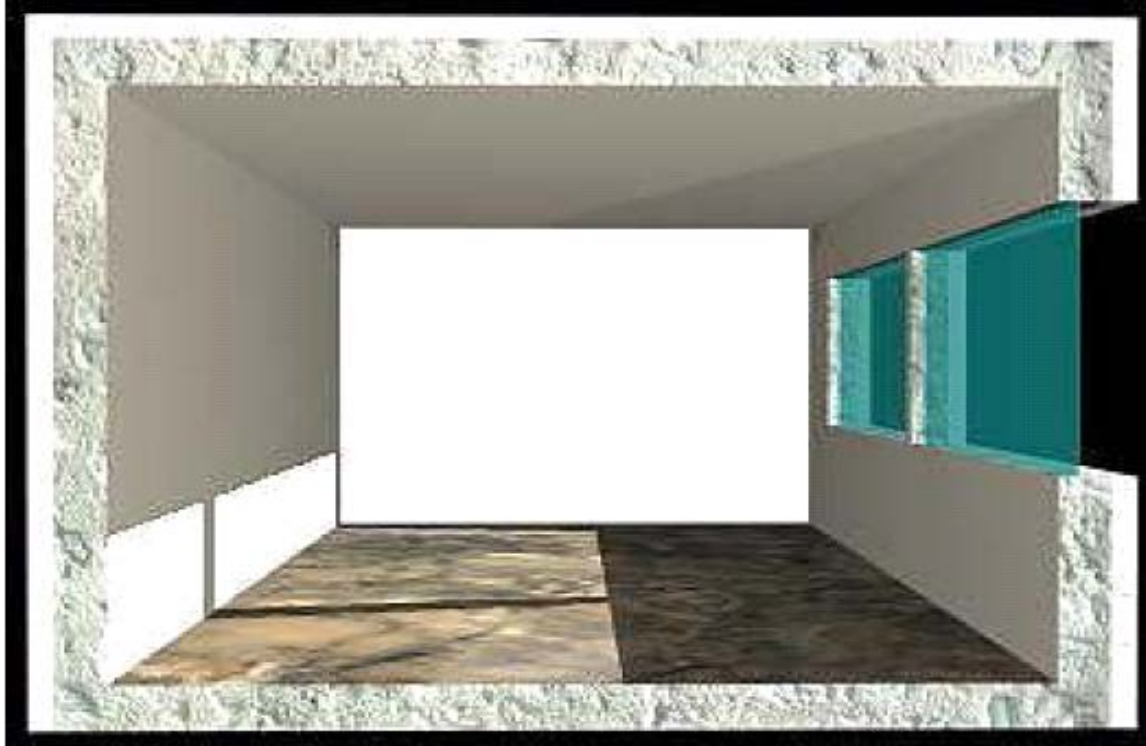
Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :

- Προσανατολισμός
- Θέση ανοιγμάτων
- Μέγεθος ανοιγμάτων

Στα συστήματα άμεσου κέρδους το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε

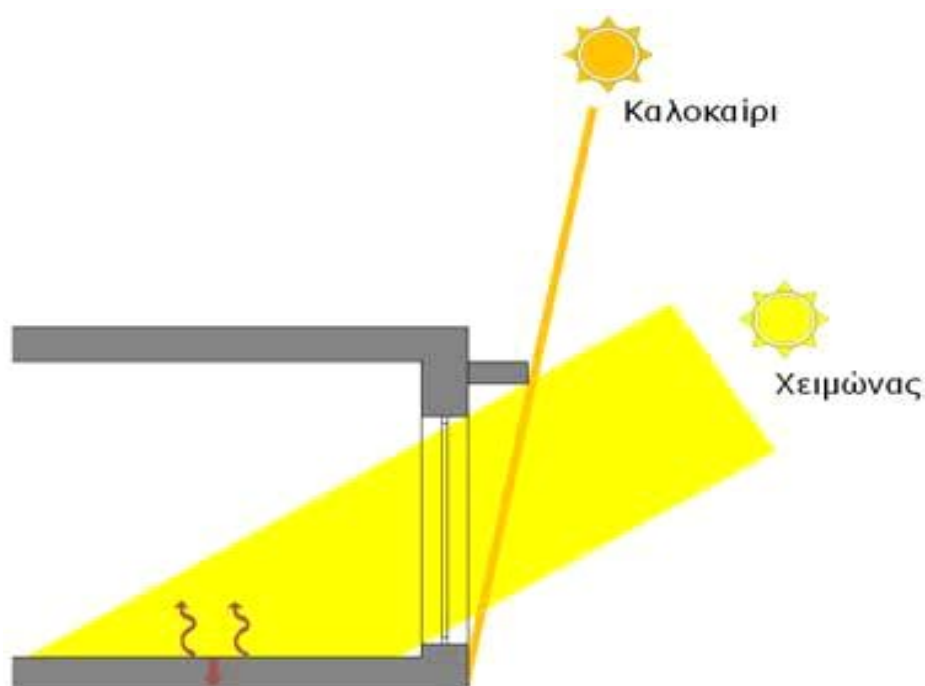
θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία

[5] Σύστημα άμεσου κέρδους



Σημαντικό ρόλο για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος παίζει η επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και η επιλογή των δομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδο, οροφή). Ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτιρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι, πρέπει να έχουν τουλάχιστον 9 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για την αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους. Η θερμότητα που αποθηκεύεται αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο –καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί, απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτιρίου-, αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις

περιόδους με μεγάλη ηλιο-φάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).



Εικόνα 8.2 Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους

Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η

κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν κίνδυνο θάμβωσης και μείωση της ιδιωτικότητας. Η ορθολογική χωροθέτηση, προστασία των ανοιγμάτων και συγχρόνως η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνει τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής όχλησης.

Πλεονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους:

- Χαμηλό κόστος. Τα υαλοστάσια είναι ένας οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη.
- Ευκολία κατασκευής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης.
- Συνδυασμένα οφέλη. Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο χώρο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους :

- Κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Είσοδος υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας.
- Σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας, αν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Μείωση ιδιωτικότητας.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για την μείωση των θερμικών απωλειών.

Η χρήση των παθητικών ηλιακών συστημάτων αξιοποιείται κυρίως για ενεργειακά οφέλη κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ για το καλοκαίρι χρησιμοποιούνται απλές τεχνικές δροσισμού όπως ηλιοπροστασία και φυσικός αερισμός. Από την μελέτη εφαρμογών των συστημάτων αυτών στη Ελλάδα και από μετρήσεις που έγιναν από το ΚΑΠΕ. βλέπουμε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση που παρουσιάζουν τα παθητικά ηλιακά

συστήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική, με την προϋπόθεση ότι πρέπει να συνδυαστούν με αντίστροφες μεθόδους ηλιοπροστασίας και σκίασης ώστε να ελαχιστοποιήσουν τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι. Πιο συγκεκριμένα εκτός από την πολύ σημαντική συνεισφορά του άμεσου ηλιακού κέρδους, τα συστήματα έμμεσου κέρδους συνεισφέρουν στο ενεργειακό ισοζύγιο :

Ηλιακοί χώροι – Θερμοκήπια έως 60 %

Θερμικοί τοίχοι 20 – 35 %

Φυσικά, η εφαρμογή ενός η περισσοτέρων παθητικών συστημάτων σε ένα κτίριο δεν σημαίνει ότι το κτίριο γίνεται αυτομάτως βιοκλιματικό. Ο στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι να προσφέρει ένα θερμικά άνετο και υγιεινό εσωτερικό περιβάλλον, μειώνοντας στο ελάχιστο την επίδραση τους στο περιβάλλον, προστατεύοντας την υγεία του ανθρώπου και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής. Ένας τρόπος επίτευξης αυτών των στόχων είναι τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για τη θέρμανση των κτιρίων, αλλά εξίσου σημαντικός είναι ο οικολογικός τρόπος δόμησης με τη προσεχτική επιλογή υλικών και ο ορθός σχεδιασμός που συνεισφέρει τα μέγιστα στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης.

[2,5,6,7,8,9,10,11,12]

β) συστήματα έμμεσου κέρδους

τζάμι (υαλοπίνακα) και λειτουργούν ως ηλιακοί συλλέκτες, μεταφέροντας τη θερμότητα είτε μέσω του υλικού του τοίχου (*τοίχος θερμικής αποθήκευσης*), είτε μέσω θυρίδων (*θερμοσιφωνικό πανέλο*) στον εσωτερικό χώρο. Συνδυασμός των δύο Εδώ ανήκουν τα συστήματα που αξιοποιούν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για την θέρμανση του κτιρίου. Αυτά τα συστήματα απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο κέλυφος και ύστερα επιτρέπουν στη θερμότητα να διεισδύσει στους χώρους διαβίωσης.

β.1) Ηλιακοί τοίχοι :

Οι Ηλιακοί Τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες συνδυαζόμενες με υαλοστάσια, τοποθετημένοι εξωτερικά, σε απόσταση 5-15cm. Η τοιχοποιία

μπορεί να είναι αμόνωτος τοίχος μεγάλης θερμικής μάζας είτε τοίχος θερμομονωμένος. Τα υαλοστάσια είναι σταθερά ή ανοιγόμενα κατά περίπτωση με διπλούς υαλοπίνακες. Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) ή τοίχοι από δοχεία νερού με υλικά αλλαγής φάσης. Οι τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe – Michel) μεταφέρουν τη συλλεγόμενη θερμότητα (στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα) μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο.

β.1.1) Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Είναι ένας συνδυασμός τοίχου νότιου προσανατολισμού και μιας εξωτερικής διάφανης επιφάνειας (συνήθως γυαλί) στη εξωτερική πλευρά του τοίχου σε απόσταση συνήθως 10cm. Η εξωτερική επιφάνεια του τοίχου πρέπει να είναι σκουρόχρωμη ώστε να μεγιστοποιεί την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο τοίχος κατασκευάζεται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για να διασφαλίζει χρονική υστέρηση τουλάχιστον 6h ώστε η εσωτερική του επιφάνεια να έχει τη μέγιστη θερμοκρασία στην αρχή της νύχτας.

Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι: απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής, χωρίς θυρίδες) είτε συμπαγούς κατασκευής, είτε αποτελούμενοι από δοχεία νερού ή με υλικά αλλαγής φάσης όπως θα δούμε αναλυτικά και παρακάτω, ή τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe - Michel) όπου μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο με φυσική κυκλοφορία του αέρα. Οι θυρίδες του τοίχου βρίσκονται στο άνω και κάτω τμήμα του όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, που μας δίνει μια οπτική απεικόνιση της λειτουργίας του τοίχου Trombe.

Πλεονεκτήματα

- Θάμβωση και κίνδυνος αλλοίωσης υφασμάτων από υπεριώδη ακτινοβολία δεν υπάρχει.
- Οι διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας είναι σχετικά μικρές (μικρότερες από ό,τι στο σύστημα άμεσου κέρδους).
- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση για τη μετάδοση της θερμότητας, που έχει σαν αποτέλεσμα η θερμότητα να αποδίδεται κατά τις νυχτερινές ώρες, όταν είναι περισσότερο απαραίτητη.

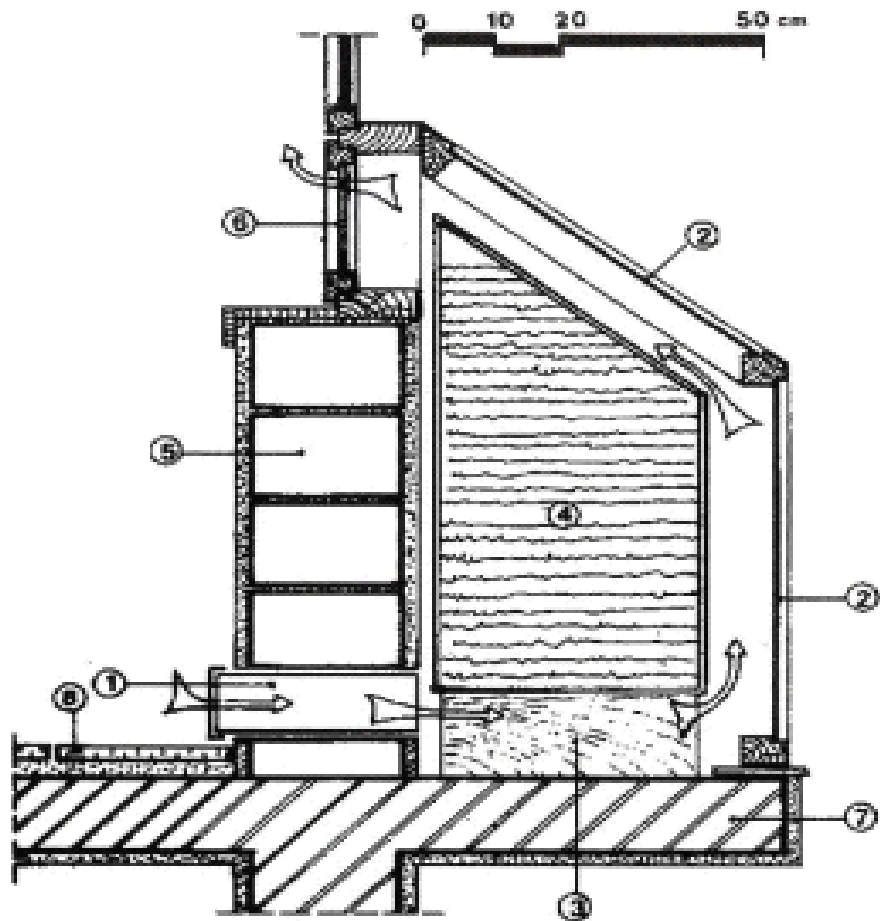
Μειονεκτήματα

- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψης.
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης, εάν απαιτείται.
- Η καθημερινή λειτουργία των θυρίδων, όταν πρόκειται για τοίχο Trombe.
- Η απαίτηση καθαρισμού του υαλοστασίου.

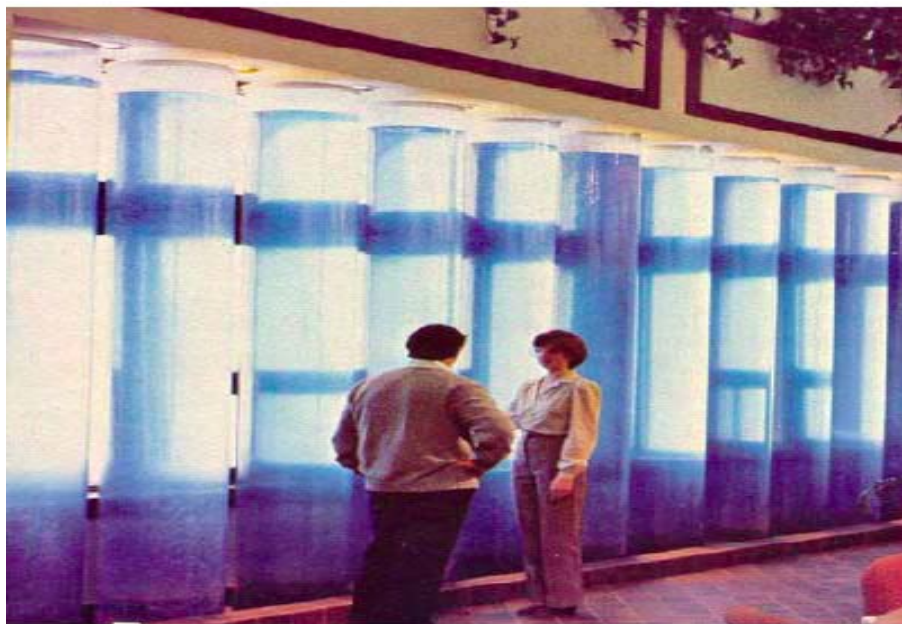
[13]

β.1.2) Τοίχος νερού

Μια μορφή τοίχου θερμικής αποθήκευσης είναι οι τοίχοι νερού, που είναι κατασκευασμένοι από πλαστικά ή μεταλλικά στεγανά δοχεία, σκούρου χρώματος που περιέχουν νερό, πίσω από μια γυάλινη επιφάνεια νοτίου προσανατολισμού. Η επιλογή του νερού βασίζεται στη μεγάλη θερμοχωρητική του ικανότητα, δηλαδή στη ικανότητα του να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και να θερμαίνεται ή να ψύχεται εύκολα σε σχέση με άλλα υλικά. Έτσι απαιτούνται μικρότερες επιφάνειες τοίχου, σε σχέση με άλλους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που είναι κατασκευασμένοι από μπετόν, πέτρα, τούβλο, κ.λ.π. Η εσωτερική επιφάνεια του τοίχου μπορεί να έρχεται κατευθείαν σε επαφή με ένα από τους χώρους του κτηρίου, ή να διαχωρίζεται από αυτούς, με ένα λεπτό τοίχο, ή με ένα στρώμα μόνωσης. Μειονέκτημα τους είναι το γεγονός ότι η μάζα του νερού θερμαίνεται ομοιόμορφα και παρουσιάζεται έτσι η ίδια θερμοκρασία και στην εσωτερική και στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου, με αποτέλεσμα να απαιτείται οπωσδήποτε νυχτερινή θερμική μόνωση στην εξωτερική πλευρά, για να αποφευχθεί η ακτινοβολία θερμότητας προς τα έξω κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη. Ένα ακόμη μειονέκτημα του είναι ότι δεν επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο [14].

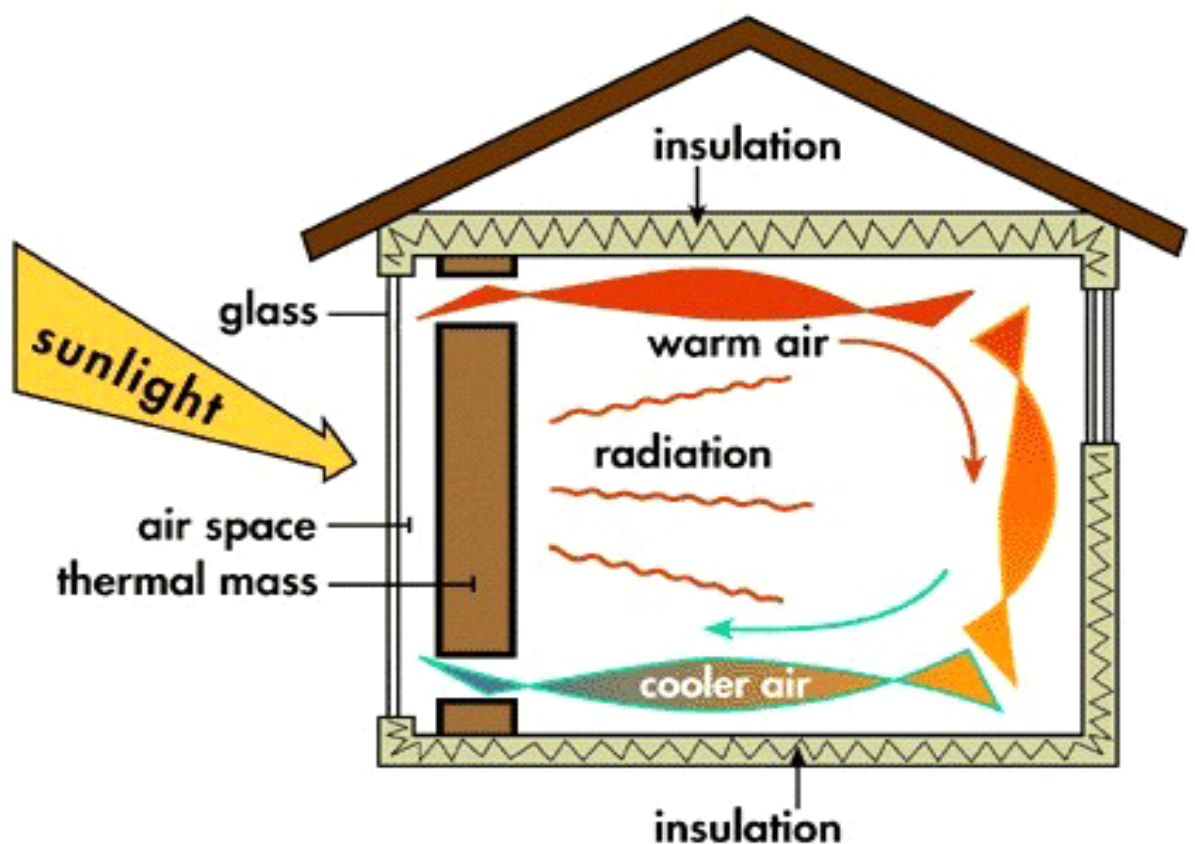


[15]



β.1.3) Τοίχος Trombe

Σε παλαιότερες εποχές τα κτίρια κατασκευάζονταν με τοίχους μεγάλου πάχους από πλίνθους ή από πέτρα ώστε να δεσμεύουν την ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας και να την αποδίδουν αργά και ομαλά τη νύκτα.(τοίχοι μάζας) όπως περιγράφηκε και πιο πάνω . Τα παθητικά ηλιακά κτίρια χρησιμοποιούν ακόμη και σήμερα την παλιά αυτή τεχνική ενσωματώνοντας στα συστήματα αυτών των τοίχων ένα τζάμι μπροστά από αυτούς και ανοίγματα στο κάτω και το άνω μέρος τους για την άμεση χρήση της ηλιακής θερμότητας με φυσικό ελκυσμό του θερμού αέρα που υπάρχει στο διάκενο μεταξύ της επιφάνειας του τοίχου και του τζαμιού.



Σχήμα:Απεικόνιση της θερμικής συμπεριφοράς του τοίχου trombe με την εισοδο του θερμού αέρα στον χώρο και την εξαγωγή του κρύου στο κενό [16]

Η κατασκευή αυτή ονομάζεται τοίχος Trombe από το όνομα ενός Γάλλου Φυσικού του καθηγητή Felix Trombe που γύρω στο 1950 έκανε σειρά μετρήσεων σχετικών με την απόδοση σε θερμότητα αυτών των τοίχων που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιώντας την ως θερμική ενέργεια για τη θέρμανση κτιρίων. Ο καθηγητής F. Trombe που πήρε για το

σχετικό τοίχο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1956 κατασκεύασε ένα μικρό κτίριο στα Πυρηναία (Odeillo) όπου μέτρησε την απόδοση του τοίχου στη θέρμανση του κτιρίου. Ακόμη συνεργάστηκε με τον Αρχιτέκτονα Jacques Michel για την αρχιτεκτονική προσαρμογή και την εμφάνιση των κτιρίων που μαζικά άρχισαν να κατασκευάζονται αρχικά στη Γαλλία. Οι τοίχοι Trombe αποτελούν έκτοτε σημαντικό στοιχείο της παθητικής ηλιακής αρχιτεκτονικής και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται πάντα στα παθητικά κτίρια.

Σημείο-κλειδί στην καλύτερη απόδοση αυτών των συστημάτων είναι η φυσική κυκλοφορία του αέρα. Βασίζεται στο γεγονός ότι ο θερμότερος αέρας είναι ελαφρύτερος και αποκτά ανοδική κίνηση. Όταν φθάνει σε μια ψυχρότερη περιοχή αποβάλλει τη θερμότητα του και ψύχεται. Τότε όμως γίνεται βαρύτερος, κινείται προς τα κάτω και επιστρέφει στον ηλιακό τοίχο για να θερμανθεί και να επαναλάβει τον κύκλο του.

Σημαντική επίδραση στην αποτελεσματική λειτουργία των τοίχων Trombe έχουν και τα ανοίγματα στο κάτω και στο άνω μέρος. Τις ημέρες του χειμώνα η ακτινοβολία ζεσταίνει τον κρύο αέρα που εξέρχεται από τον χώρο μέσα από το χαμηλό άνοιγμα. Τότε ο αέρας λόγω θέρμανσης ανεβαίνει ψηλά ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και οδηγείται εκ νέου μέσα στο χώρο μεταφέροντας έτσι θερμότητα.

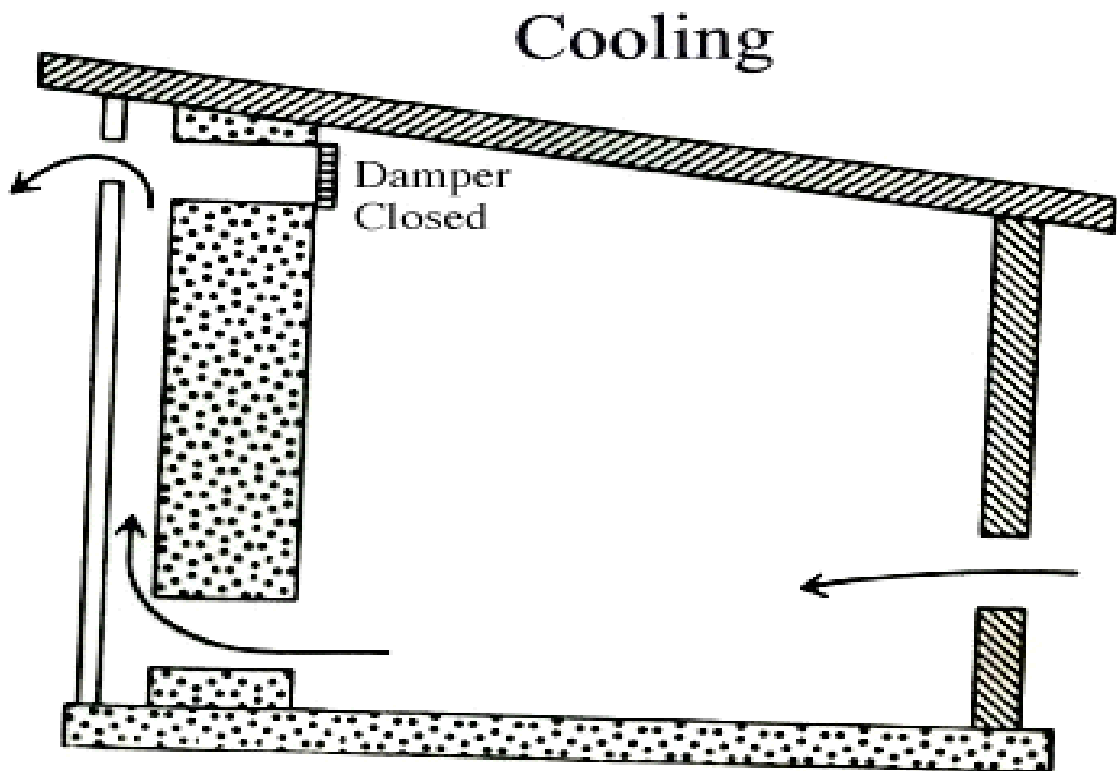
Ένας τυπικός τοίχος Trombe αποτελείται από ένα παχύ πέτρινο, με τούβλα ή σκυρόδεμα τοίχο πάχους 20 ως 40 εκ. με θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα του τοίχου, μέσω των οποίων διευκολύνεται η φυσική κυκλοφορία του αέρα. Ο τοίχος αυτός μπορεί να καλύπτεται από απλό ή διπλό τζάμι. Η απόσταση του τζαμιού από τον τοίχο κυμαίνεται από 20 ως 150 χιλ. Όστε να διαμορφώνεται ένα μικρό διάκενο με αέρα. Είναι βαμμένος σε σκούρο χρώμα από την εξωτερική του πλευρά για αύξηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Όσον αφορά στη συναλλαγή ενέργειας, τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από τη γυάλινη επιφάνεια, κάποιο ποσό θερμικής ενέργειας απορροφάται από τον τοίχο και έπειτα ένα τμήμα ακτινοβολείται προς τα έξω (χάνεται), ενώ ένα σημαντικό ποσό ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο με κάποια χρονική υστέρηση. Η θερμότητα από το ηλιακό φως απορροφάται και από την σκουρόχρωμη επιφάνεια και διαβιβάζεται αργά προς το εσωτερικό από τον τοίχο. Επιπρόσθετη θερμική ενέργεια έχουμε από την θερμότητα που μεταφέρεται από τον αέρα του διακένου. Η λειτουργία του

ηλιακού αυτού τοίχου βασίζεται στην φυσική κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο και μέσα από τις θυρίδες, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας (Ο θερμός αέρας ανεβαίνει στα υψηλότερα επίπεδα λόγω της μικρότερης πυκνότητας του και ο ψυχρός αέρας καταλαμβάνει τα χαμηλότερα στρώματα.)

Τους χειμερινούς μήνες, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αέρας στο διάκενο μεταξύ του τοίχου και του υαλοστασίου θερμαίνεται λόγω της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, κινείται προς τα πάνω και εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο μέσω των άνω θυρίδων. Ο ψυχρότερος αέρας από τον εσωτερικό χώρο, που κινείται στα χαμηλότερα επίπεδα, μπαίνει από τις κάτω θυρίδες στο διάκενο, θερμαίνεται και ανέρχεται. Έτσι δημιουργείται μια συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Τις νυχτερινές ώρες και τις νεφοσκεπείς ημέρες η λειτουργία αντιστρέφεται. Οι θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να παραμένουν κλειστές, ώστε να εμποδίζεται η αντίστροφη κίνηση του θερμού αέρα από το χώρο προς την εξωτερική ψυχρή επιφάνεια του υαλοπίνακα. Η θέρμανση του χώρου, πετυχαίνεται με την ακτινοβολία της αποθηκευμένης από τον τοίχο θερμικής ενέργειας. Στις περιοχές όπου παρατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες στο υαλοστάσιο καθώς και νυχτερινή προστασία με κινητά θερμομονωτικά εσωτερικά (στο διάκενο) ή εξωτερικά πετάσματα.

Το καλοκαίρι που υπάρχουν αυξημένες ανάγκες για ψύξη του εκάστοτε χώρου χρειάζεται ο ζεστός αέρας να οδηγηθεί εκτός του χώρου. Για Αυτό το λόγο μένει ανοιχτό ένα άνοιγμα κάτω στο μη εκτεθειμένο από ακτινοβολία τοίχο ενώ παράλληλα κλείνει το πάνω άνοιγμα στον τοίχο trombe και ανοίγει ένα ένα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος του (φεγγίτης). Έτσι ο φρέσκος δροσερός αέρας μπαίνει μέσα στο χώρο παίρνει την θερμότητα από τον χώρο οδηγείται μέσω του κάτω ανοίγματος στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα. Εκεί ζεσταίνεται και οδηγείται μέσω του πάνω ανοίγματος του υαλοπίνακα προς τα έξω.

Για καλύτερη λειτουργία απαιτείται ηλιοπροστασία της συλλεκτικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με κινητά εξωτερικά πετάσματα [10,14,17,18, 19, 20].



Με τη χρήση μιας επιλεκτικής επιφάνειας σε έναν τοίχο Trombe βελτιώνεται η απόδοσή του με τον περιορισμό της υπέρυθρης ενέργειας που ακτινοβολείται μέσα από το τζάμι. Η επιλεκτική επιφάνεια αποτελείται συνήθως από ένα μεταλλικό φύλλο που επικολλάται στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου ή από ειδικές βαφές. Απορροφά όλη σχεδόν την ακτινοβολία από το ορατό μέρος του ηλιακού φάσματος και εκπέμπει πολύ μικρό μέρος στην κλίμακα της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η υψηλή απορροφητικότητα των επιφανειών των τοίχων μετατρέπει το φως σε θερμότητα ενώ η χαμηλή ανακλαστικότητα προφυλάσσει από την ακτινοβολία της θερμότητας προς το τζάμι.

Για παράδειγμα σε τοίχο Trombe από σκυρόδεμα, πειραματικής παθητικής ηλιακής κατοικίας κατασκευασμένης στο Grand Canyon National Park στις ΗΠΑ, ο τοίχος αποτέλεσε επέκταση της θεμελίωσης του κτιρίου. Για την επικάλυψή του χρησιμοποιήθηκε διπλό τζάμι. Η επιφάνειά του καλύφθηκε με μαύρο μεταλλικό φύλλο που περιορίσε την απώλεια θερμότητας από ακτινοβολία μέσα από το τζάμι. Η εσωτερική θερμοκρασία της επιφάνειας του τοίχου Trombe έφτανε κατά τις απογευματινές ώρες τους 38° C. Η ακτινοβολία

του τοίχου προς τον εσωτερικό χώρο διαρκούσε αρκετές ώρες μετά τη δύση του ηλίου με αιχμή κατά τις 10:00 το βράδυ. Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί η δυνατότητα εφαρμογής νυκτερινής μόνωσης στους τοίχους Trombe με ρολά ώστε να μη χάνεται θερμότητα προς το εξωτερικό περιβάλλον κατά τη νύκτα. Τώρα αν η θερμοχωρητικότητα του τοίχου Trombe είναι αρκετή θα συνεχίζει να ακτινοβολεί θερμότητα όλη τη νύχτα.

Σε έναν τοίχο Trombe πάχους 40 εκ. χωρίς ανοίγματα, η θερμότητα θα κάνει 8 ως 10 ώρες για να αρχίσει να φτάνει στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος θα παρέχει θερμική άνεση στη διάρκεια της ημέρας ενώ θα θερμαίνει επί αρκετές ώρες μετά τη δύση του ηλίου. Χώροι που θερμαίνονται από τοίχο Trombe δίνουν συχνά το συναίσθημα μεγαλύτερης θερμικής άνεσης από αυτό που παρέχεται από ένα αερόθερμο επειδή ο τοίχος διατηρεί σχετικά υψηλή θερμοκρασία έστω και αν στο χώρο επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα. Οι Αρχιτέκτονες μπορούν να χρησιμοποιούν τους τοίχους Trombe σε συνδυασμό με παράθυρα, προστεγάσματα και άλλα κτιριακά στοιχεία προκειμένου να καθιστούν ομαλή και εξισορροπημένη τη θερμική απόδοση. Με σωστά τοποθετημένα παράθυρα επιτρέπεται να εισέρχεται στο κτίριο η θερμότητα και το φως νωρίς το πρωί ενώ αποφεύγεται η περίσσεια θερμικού κέρδους νωρίς το απόγευμα. Την ίδια ώρα ο τοίχος Trombe απορροφά και αποθηκεύει θερμότητα για απογευματινή χρήση. Η θερμότητα απορροφάται από τη θερμική μάζα και διευθύνεται μέσω της που απελευθερώνεται αρκετές ώρες αργότερα ανάλογα με τη θερμική καθυστέρηση της μάζας. Ένας αποτελεσματικός τοίχος trombe έχει μια θερμική καθυστέρηση που απελευθερώνει τη θερμότητα αρκετές ώρες για να ισορροπήσει αργότερα τις μειωμένες εξωτερικές θερμοκρασίες.

Πειραματική κατασκευή στα Πυρηναία Όρη έδειξε ότι ένας τοίχος 35 εκ μπετόν αποθηκεύει στη μάζα του τη μίση περίπου θερμότητα που απορροφά και έτσι διατηρεί ένα Θέρμο κύκλωμα αέρα μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες. Παρατηρήθηκε ότι αυτό που έγινε στα Πυρηναία Όρη που είναι πολύ κρύα περιοχή σήμαινε την κάλυψη των θερμικών αναγκών κατά τα 2/3 έως και 3/4 ανάλογα με την εποχή και κόστισε 3 φορές φθηνότερα από μια ανάλογη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα **πλεονεκτήματα** του τοίχου Trombe είναι ότι: είναι απλός στο σχεδιασμό του, έχει μικρό σχετικά κόστος, ώστε να προσαρμόζεται στην οικονομική

κατάσταση του ενδιαφερομένου και συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και μπορεί να εφαρμοστεί πολύ εύκολα στα ήδη υπάρχοντα κτίρια. **Μειονεκτήματα** του θεωρούνται τα εξής: μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης στον εσωτερικό χρόνο κυρίως όταν η επιφάνεια είναι πολύ μεγάλη και είναι πιθανόν να δημιουργούνται θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο χώρο λόγω της κίνησης του αέρα από τις θυρίδες αερισμού.

Συνοψίζοντας λοιπόν τις βασικές αρχές λειτουργίας του τοίχου trombe έχουμε:

- Χρήση κατακόρυφων τοίχων προσανατολισμένων προς τον Νότο που λειτουργούν ως συλλέκτες ηλιακής ενέργειας.
- Χρήση της αρχής του θερμοκηπίου για την παγίδευση της ηλιακής ενέργειας
- Φυσική κυκλοφορία Θέρμου αέρα που θερμαίνεται με τον παραπάνω τρόπο που περιγράψαμε.
- Αποθήκευση θερμότητας με την χρησιμοποίηση υψηλής θερμοχωρητικότητας του σκυροδέματος ή του νερού

Βασικά σημεία στην πράξη: Αν και τα ανοίγματα χρειάζονται το πολύ να έχουν επιφάνεια 0.0689 m² για κάθε m² τοίχου μπορεί να χρειάζονται κόστος και πολυπλοκότητα κατασκευής. Για αυτό είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται μόνο όταν χρειάζεται πραγματικά θερμότητα τις πρωινές ώρες.

- Τα βασικά υλικά ενός τοίχου trombe είναι το τσιμεντο, τα τουβλα, η πέτρα, οι ασβεστόλιθοι ή αλλά δομικά υλικά. Οι τοίχοι στις περισσότερες εφαρμογές έχουν πάχος περίπου 30- 35 cm. Συναντιούνται και τοίχοι με πάχος μέχρι και 45 cm που αποδίδουν και το μεγαλύτερο πόσο θερμότητας. Μεγαλύτερη αύξηση του πάχους δεν προτείνεται για αποθήκευση περαιτέρω πρόσθετης ενέργειας από ότι πριν.
- Υπενθυμίζεται ότι σαν υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το νερό (σε δεξαμενή φυσικά). Το νερό είναι σίγουρα πιο αποτελεσματικό από το τσιμέντο και τα αλλά στερεά υλικά γιατί απορροφάει γρηγορότερα θερμότητα εξαιτίας των φαινόμενων συναγωγής που αναπτύσσονται στα μόρια του. Προκαλείται αστραπιαία μείξη και γρήγορη μεταφορά θερμότητας προς τον χώρο ενώ σε αντίθεση με τα κοινά στερεά υλικά όσο αυξάνουμε σε ποσότητα νερού αυξάνουμε την αποθηκευμένη θερμότητα.

β.1.4) Θερμοσιφωνικό πανέλο / Τοίχος Barra Constantini

Αποτελεί σύστημα παρόμοιας κατασκευής και λειτουργίας με τον τοίχο Trombe - Michel, αλλά δίχως την ύπαρξη και λειτουργία της θερμικής μάζας. Η βασική διαφορά από τον τοίχο μάζας θερμοσιφωνικής ροής είναι ότι ο τοίχος του θερμοσιφωνικού πανέλου απομονώνεται θερμικά από το διάκενο με χρήση θερμομονωτικής (συνήθως μεταλλικής) επικάλυψης και η μεταφορά θερμότητας γίνεται αποκλειστικά με συναγωγή (μεταφορά) από τον αέρα του διακένου και όχι με ακτινοβολία. Ο αέρας μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο, πάλι μέσω θυρίδων ή αγωγών. Σε αυτό το σύστημα, έχουμε ένα νότιο τοίχο από συμβατικά υλικά (μπετόν, τούβλα κ.λ.π.), σε συνδυασμό με υαλοστάσιο, ο οποίος πρέπει να είναι καλά μονωμένος εξωτερικά. Ένα στοιχείο ηλιακής συλλογής είναι τοποθετημένο μπροστά από τον τοίχο (μεταλλική επιφάνεια). Το χειμώνα, λόγω του μονωμένου τοίχου δεν έχουμε απώλειες θερμότητας, ενώ το καλοκαίρι αποφεύγουμε ηλιακά κέρδη.

Ο ζεστός αέρας, εισρέει από άνω θυρίδες, κυκλοφορεί και διαπερνάει αρχικά οριζοντίως το κτήριο, μέσα από κανάλια ενσωματωμένα στο ταβάνι και έπειτα κυκλοφορεί γύρω από τοίχους και το πάτωμα, πριν επιστρέψει προς τα έξω μέσω των κάτω θυρίδων. Κατά αυτόν τον τρόπο θερμαίνονται ακόμα και τα βορινά δωμάτια. Έτσι έχουμε καλή διανομή θερμότητας σε όλο το κτήριο. Αντίστοιχα, κατά την θερινή περίοδο, ο κρύος νυχτερινός αέρας μπορεί να εισέλθει μέσω των κάτω θυρίδων, παρέχοντας δροσισμό [21].

Από έρευνα του Πανεπιστημίου και του Κέντρου Ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών της Αλγερίας [22], διαπιστώθηκε ότι η εγκατάσταση ενός συστήματος –τοίχου Barra Constantini, σε συνδυασμό με μια βοηθητική μονάδα θέρμανσης, μπορεί να πετύχει εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 60-70%, σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης. Οι εκτιμήσεις πραγματοποιήθηκαν σε δύο όμοια σπίτια (Α) και (Β) σε τρεις διαφορετικές κλιματικές ζώνες της χώρας. Στην πρώτη (Α) περίπτωση, η παροχή θέρμανσης εξασφαλίστηκε από τον τοίχο θερμοσιφωνικής ροής και μια βοηθητική συσκευή θέρμανσης, ενώ στη δεύτερη κατοικία (Β), η θέρμανση εξασφαλίστηκε εξ ολοκλήρου από ένα συμβατικό σύστημα.

Πλεονεκτήματα

- Προσαρμόζεται εύκολα και σε υφιστάμενα κτήρια με νότιο προσανατολισμό.
- Αποδίδει άμεσα θερμότητα στους χώρους, αποφεύγοντας τη θάμβωση.
- Τη θερινή περίοδο μπορεί εύκολα να αποκοπεί θερμικά από το κτήριο, αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση του χώρου.

Μειονεκτήματα

- Όταν τοποθετείται με κλίση είναι σχετικά δύσκολη η αισθητική του εναρμόνιση με το κτήριο.
- Η μείωση των νότιων ανοιγμάτων και η δημιουργία κλειστής νότιας όψη.
- Πρόκειται για μια μη ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία στη χώρα μας.

β.1.5) Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη

Παραλλαγή του συστήματος θερμικής αποθήκευσης στη μάζα του νερού αποτελεί η οροφή νερού. Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, οι οποίοι περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγώγιμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί. Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με εξωτερική μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο. Το καλοκαίρι, την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα. Σε θερμά και ήπια κλίματα με χαμηλό ποσοστό κατακρημνίσεων, η κατασκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι του κτηρίου, επιτυγχάνοντας έτσι απευθείας θέρμανση ή ψύξη του χώρου. Επίσης μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω εξάτμισης του νερού. Σε ψυχρότερα κλίματα, όπου οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, το σύστημα αποδίδει αν τοποθετηθεί στη σοφίτα,

κάτω από την κεκλιμένη στέγη, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο νοτίου προσανατολισμού, ώστε να υπάρχει μέγιστο ηλιακό κέρδος και επιπροσθέτως αν η οροφή βαφεί ή επενδυθεί με ανακλαστικά χρώματα και υλικά. Στα πλεονεκτήματα της ηλιακής λίμνης συγκαταλέγεται το γεγονός ότι όλα τα δωμάτια του χώρου κάτω από την οροφή νερού λαμβάνουν θερμότητα από ακτινοβολία, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους. Μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτηρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Το ζεστό νερό βρίσκεται στην επιφάνεια της λίμνης και όχι στο πυθμένα που γεινιάζει με τον εσωτερικό χώρο και έτσι οι απώλειες θερμότητας είναι αυξημένες, πράγμα όμως που αποδεικνύεται πλεονέκτημα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού διότι το ψυχρό νερό βρίσκεται στη βάση της λίμνης, άρα κοντά στον εσωτερικό χώρο. Επίσης δέντρα, κτήρια και τοίχοι του περιβάλλοντος χώρου μπορούν να μειώσουν το βαθμό ψύξης, μειώνοντας την ακτινοβολία προς το νυχτερινό ουρανό. Τα περιβάλλοντα αυτά στοιχεία, μπορούν επίσης να απορροφήσουν θερμική ενέργεια τη μέρα και να την ακτινοβολήσουν στην λίμνη κατά τη διάρκεια της νύχτας. Επίσης η ύπαρξη σύννεφων μπορεί να μειώσει την αποδοτικότητα της καλοκαιρινής ψύξης. Για το λόγο αυτό, το σύστημα είναι λιγότερο αποδοτικό σε παράκτιες περιοχές, που εμφανίζονται σύννεφα και ομίχλη.[20, 23].

β.2) ηλιακοί χώροι

Είναι κλειστοί χώροι που ενσωματώνονται σε νότια τμήματα του κτιριακού κελύφους και περιβάλλονται από υαλοστάσια. Η ηλιακή θερμότητα από το θερμοκήπιο μεταφέρεται στους κυρίως χώρους του κτιρίου μέσω ανοιγμάτων ή και διαπερνά τον τοίχο.

β.2.1) Θερμοκήπιο:

Πρόκειται για κλειστό χώρο που προσαρτάται ή ενσωματώνεται σε νότια τμήματα του κτηρίου και περιβάλλεται από υαλοστάσια. Πρόκειται για ένα συνδυασμό ενός παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχου θερμικής αποθήκευσης που μεταφέρει έμμεσα την θερμότητα στον εσωτερικό

κατοικημένο χώρο. Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας από τον ηλιακό χώρο προς το εσωτερικό του κτηρίου επιτυγχάνεται μέσω θυρίδων ή ανοιγμάτων του διαχωριστικού δομικού στοιχείου. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όταν οι ακτίνες του ήλιου πέσουν στο υαλοστάσιο, μεγάλο μέρος από την ορατή και μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία μεταδίδεται στο εσωτερικό, απορροφάται από τα διαφανή ή στερεά στοιχεία του χώρου (δάπεδο, τοίχοι, έπιπλα) που θερμαίνονται και επανεκπέμπεται ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος η οποία κατά ένα μέρος της απορροφάται από το υαλοστάσιο και η υπόλοιπη ανακλάται. Η ενέργεια αυτή επανεκπέμπεται στη συνέχεια και στις δύο πλευρές του υαλοστασίου. Έτσι, τμήμα της ακτινοβολίας που εισέρχεται παγιδεύεται στο εσωτερικό και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, που χαρακτηρίζεται ως φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ως αποτέλεσμα, το χειμώνα, κατά την διάρκεια της ημέρας και σε περίπτωση ηλιοφάνειας, το θερμοκήπιο λειτουργεί ως επιλεκτική επιφάνεια, αφήνοντας να διέρχεται συνολικά η ηλιακή ακτινοβολία, ενώ μειώνει τις απώλειες-ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος-, που απορροφάται από τις επιφάνειες και τη θερμική μάζα του θερμοκηπίου. Το καλοκαίρι, για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκιάχτρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση προσαρτημένου στο κτήριο θερμοκηπίου, είναι ο προσανατολισμός του (αποδοτικότερη λύση είναι η ενσωμάτωση του στη νότια πλευρά, σε σχήμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή-δύση), το μέγεθος (που εξαρτάται από το μέγεθος του κτηρίου και τις ανάγκες σε θέρμανση), η κλίση του υαλοστασίου (Για την εύκρατη ζώνη συνίσταται κλίση 300-650 σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, ενώ σε βορειότερα κλίματα ενδείκνυται κλίση 300-400) και τα υλικά κατασκευής (που πρέπει να είναι διαφανή), καθώς και η σύνδεση με τα στοιχεία θερμικής αποθήκευσης του κτηρίου. Το καλοκαίρι, για την αποφυγή ανεπιθύμητης υπερθέρμανσης απαιτείται σκιασμός της γυάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου, με εξωτερικά - κατά προτίμηση - κινητά σκιάχτρα, με σταθερά στέγαστρα, ή με φυλλοβόλο βλάστηση, ή ακόμη και απομάκρυνση των τζαμιών για τα πιο θερμά κλίματα. Σε κάθε περίπτωση, αναγκαίος είναι ο

αερισμός του χώρου που εξασφαλίζεται από την είσοδο του αέρα από το κάτω άνοιγμα του υαλοστασίου στο χώρο του θερμοκηπίου. Γεγονός πάντως είναι ότι το σύστημα του θερμοκηπίου προσαρμόζεται καλύτερα σε περιοχές όπου επικρατεί η διάχυτη ακτινοβολία (η προερχόμενη από τον περιβάλλοντα και μόνο χώρο) με λιγότερο έντονη την άμεση. Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί σε περιοχές με ψυχρότερο κλίμα. Στα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι ότι η κατασκευή του μπορεί να προβλεφθεί από το αρχικό σχέδιο ενός βιοκλιματικού κτηρίου, αλλά μπορεί να γίνει και εκ των υστέρων σε προϋπάρχον κτήριο [10,14,17, 20, 24, 25, 26, 27].

Πλεονεκτήματα

- Δημιουργείται πρόσθετος κατοικήσιμος χώρος με μικρό κόστος.
- Δημιουργείται χώρος για την καλλιέργεια φυτών.
- Λειτουργεί ως φράγμα θερμικών απωλειών του κτηρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Ενσωματώνεται εύκολα σε υφιστάμενα κτήρια.
- Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον κατοικήσιμο χώρο είναι μικρές.

Μειονεκτήματα

- Η θερμική απόδοση επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό και γι' αυτό είναι δύσκολο να προβλεφθεί.
- Υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης, ιδίως για το καλοκαίρι, εάν δε ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ηλιοπροστασίας και αερισμού.



β.2.2) Ηλιακά αίθρια

Εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια. Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτηρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός [25],





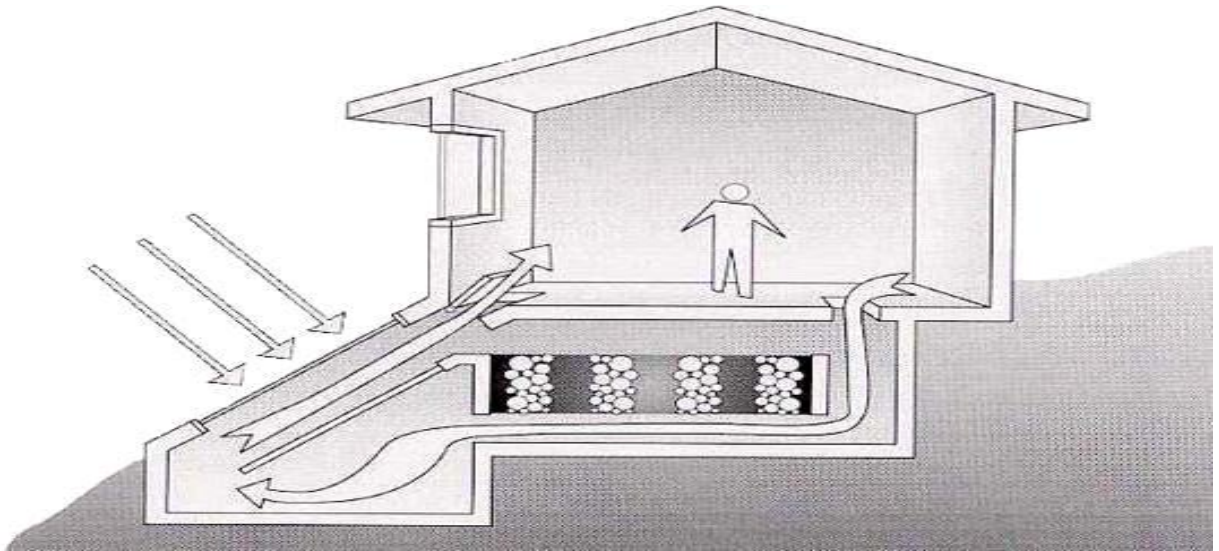
ηλιακα αιθρια (28)

γ) Σύστημα απομονωμένου κέρδους

Στα συστήματα απομονωμένου κέρδους η επιφάνεια ηλιοσυλλογής δεν βρίσκεται σε επαφή με τον χώρο που επιθυμούμε να θερμάνουμε. Μεταξύ αυτής της επιφάνειας και του χώρου διαβίωσης θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός μετάδοσης της θερμότητας όπως για παράδειγμα ένας ανεμιστήρας. Έτσι με την απομόνωση του κτιρίου της συλλογής της ηλιακής ενέργειας και της αποθήκευσης μπορεί να υπάρξει μεγαλύτερη ευελιξία στο σχεδιασμό και στη διαχείριση. Στα πραγματικά παθητικά ηλιακά συστήματα η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με μη μηχανικά μέσα και βασίζεται κυρίως στην άνωση, μεταγωγή και ακτινοβολία της θερμότητας.

Παράδειγμα απομονωμένου κέρδους είναι το θερμοσιφωνικό πάνελ με rock bed. Το σύστημα αυτό αποτελείται από υαλοπίνακα, διάκενο αέρα και μεταλλική σκουρόχρωμη επιφάνεια, που φέρει μόνωση εξωτερικά και

τοποθετείται εν γένει χαμηλότερα από τους κύριους χώρους του κτιρίου με κλίση 40° περίπου. Η θερμότητα που συλλέγεται στο διάκενο αέρα, μεταφέρεται μέσω αγωγών με θερμοσιφωνική ροή είτε απ' ευθείας στους χώρους του κτιρίου, είτε σε αποθήκη θερμότητας (rock bed) απ' όπου αποδίδεται σταδιακά στους χώρους όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Μία άλλη συνηθισμένη διάταξη βασισμένη σε αυτή τη λογική είναι η θερμοσιφωνική διάταξη του θερμαινόμενου νερού που αποτελεί την πιο απλή μορφή εκμεταλλευσης. Η διάταξη περιλαμβάνει μια επίπεδη πλάκα συλλέκτη που συνδέεται με μια καλά μονωμένη δεξαμενή με μονωμένες επίσης τις σωληνώσεις. Η δεξαμενή βρίσκεται πάντοτε πάνω από τον συλλέκτη για να βελτιώσει την ροή του νερού ή του ρευστού. Το νερό από τη δεξαμενή κυκλοφορεί συνέχεια διαμέσου του σπιτιού για να το ζεστάνει. [26]

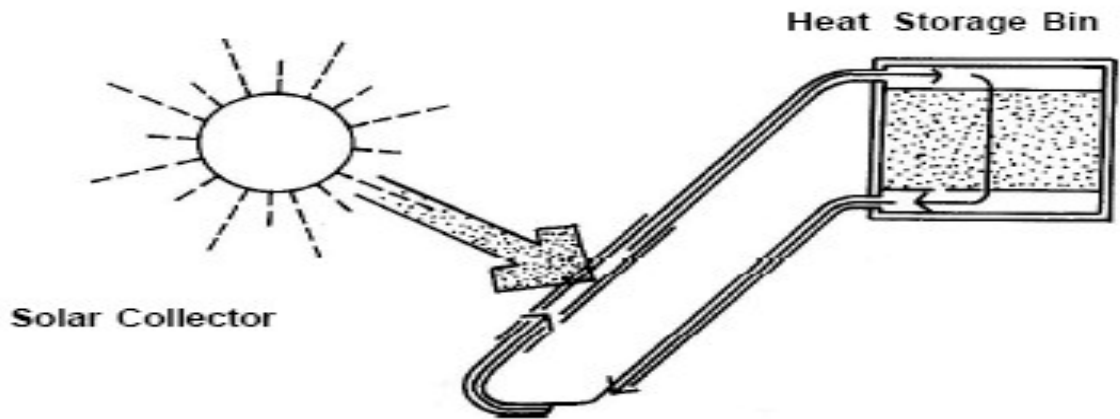


Fig. 4.6. Thermosyphoning water heater

Γενικά ένα σύστημα απομονωμένου κέρδους περιλαμβάνει την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για μεταφορά της θερμότητας με παθητικό τρόπο από ή προς το χώρο διαβίωσης χρησιμοποιώντας ένα ρευστό όπως νερό ή αέρα με φυσική ή εξαναγκασμένη συναγωγή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι: ο θερμοσίφωνας, το σύστημα του Barra, η ηλιακή καμινάδα κ.ο.κ..

Όλα τα Παθητικά Ηλιακά Συστήματα πρέπει να συνδυάζονται με την απαιτούμενη θερμική προστασία (θερμομόνωση) και την απαιτούμενη θερμική μάζα του κτιρίου, η οποία αποθηκεύει και αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο με χρονική υστέρηση, ομαλοποιώντας έτσι την κατανομή της θερμοκρασίας μέσα στο εικοσιτετράωρο. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θα πρέπει το καλοκαίρι να συνδυάζονται με ηλιοπροστασία και συχνά με δυνατότητα αερισμού.[26]

- **Θερμικής προστασίας του κτηρίου**

Την περίοδο που οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλές, υπάρχει ο κίνδυνος υπερθέρμανσης, γι'αυτό το κτήριο πρέπει να «συμπεριφέρεται» ως «φυσικός συλλέκτης» δροσισμού και ψύξης. Οι ακτίνες του ήλιου, η διείσδυση του θερμού εξωτερικού αέρα στο κτήριο και τα εσωτερικά κέρδη από τις δραστηριότητες των ενοίκων και τις συσκευές μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτές καταστάσεις. Για να επιτευχθεί μια άνετη εσωτερική θερμοκρασία, πρέπει να ληφθούν μια σειρά από μέτρα όπως :

- Ηλιοπροστασία με κατάλληλο σκιασμό, ώστε να προλαμβάνονται οι ακτίνες του ήλιου από τη διείσδυση τους στον εσωτερικό χώρο και φύτευση βλάστησης στο περιβάλλοντα χώρο και στα δώματα
- Φυσικός Αερισμός, προκειμένου να αποβάλλεται ο ανεπιθύμητος θερμός αέρας και να αντικαθίσταται από καθαρό εξωτερικό
- Φυσική ψύξη και δροσισμός, για να μεταφέρεται η περίσσεια θερμότητας από το κτήριο προς το περιβάλλον

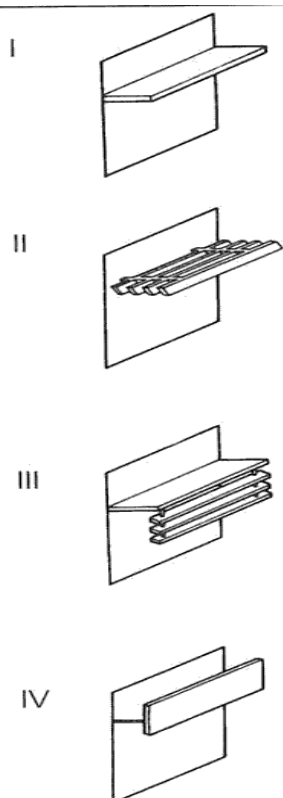
2.1) Ηλιοπροστασία-Σκιασμός

Η μελέτη της ηλιοπροστασίας πρέπει να περιλαμβάνει την επαρκή σκίαση των ανοιγμάτων κατά το θέρος, αλλά να μην περιορίζει το ηλιακό θερμικό κέρδος κατά το χειμώνα και να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες σε φυσικό φωτισμό. Η σκίαση είναι περισσότερο αποδοτική όταν είναι εξωτερική, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η ηλιακή ακτινοβολία εμποδίζεται να εισέλθει και να εγκλωβιστεί μέσω των υαλοπινάκων στους χώρους και μπορεί να μειώσει κατά 80-90% τα ηλιακά κέρδη [29]. Παράλληλα, η χρήση κινητών σκιάστρων παρέχει τη δυνατότητα να επιτυγχάνεται σκίαση των ανοιγμάτων όταν είναι αυτό απαραίτητο, ανεξάρτητα από την εποχή του έτους. Συνεπώς, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σκιασμού, είναι η χρήση εξωτερικών σκιάστρων με κινητές περσίδες, που όμως είναι ιδιαίτερα ακριβά. Για το λόγο αυτό προτιμάται σταθερή εξωτερική σκίαση που συνδυάζεται με εσωτερικά στόρια που λειτουργούν συμπληρωματικά, επειδή τα συμβατικά κρύσταλλα έχουν πολύ μικρή αντίσταση. Από τους πιο απλούς τρόπους σκιασμού είναι η

τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης που διακόπτουν τον άμεσο ηλιασμό, αλλά παράλληλα, λόγω της σκιάς τους μειώνουν τις θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος. Σε σχέση με τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων έχει προκύψει ότι [14, 30, 24, 31, 32]: Τα νότια ανοίγματα λαμβάνουν πιο λίγη ακτινοβολία κατά την καλοκαιρινή περίοδο και είναι εύκολο να προστατευτούν. Τα δυτικά και ανατολικά παράθυρα, ωστόσο, θέτουν ένα μεγαλύτερο πρόβλημα, διότι η θέση του ήλιου είναι χαμηλά στον ουρανό όταν βρίσκεται στην ανατολή ή στην δύση. Για το λόγο αυτό, μια βιοκλιματική λύση είναι η μελέτη μείωσης κατά το δυνατόν της επιφάνειας των ανατολικών και δυτικών υαλοστασίων.

α) Σταθερά σκίαστρα

Αποτελούν σταθερό μέρος του κτηρίου και ο σχεδιασμός τους πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό και το σχήμα του ανοίγματος που



χρειάζεται να προστατευτεί σε συσχέτιση με τη θέση του ήλιου στις διάφορες χρονικές περιόδους της ημέρας και του έτους. Χρησιμοποιούνται στην εξωτερική όψη του κτηρίου και εμποδίζουν την άμεση ακτινοβολία

να φτάσει στα ανοίγματα, με αποτέλεσμα να απορροφούν και να διαχέουν τη θερμότητα στον εξωτερικό αέρα. Υλικό κατασκευής τους είναι το σκυρόδεμα, το αλουμίνιο και το πλαστικό.

Διακρίνονται σε:

- Οριζόντια εξωτερικά σταθερά σκίαστρα που συνιστώνται για νότιο προσανατολισμό. Μπορεί να έχουν τη μορφή προβόλου ή ανακλαστικών ραφιών ή περσίδων.
- Κατακόρυφα εξωτερικά σκίαστρα, κατάλληλα για ανατολικά και δυτικό προσανατολισμό. Μπορεί να είναι είτε κάθετα, ή κεκλιμένα ως προς το επίπεδο της κάτοψης του ανοίγματος [10, 14, 30, 24, 32].





Εικόνα 44: Διάταξη από κάθετες, σταθερές, εξωτερικές περσίδες, κατάλληλες για ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό [35]

Η κινητή προστασία μπορεί να ρυθμιστεί εύκολα. Σκίαστρα, στόρια, ενετικά στόρια, τέντες και κουρτίνες, αποτελούν ρυθμιζόμενους μηχανισμούς σκίασης [10, 24, 33, 34]. Διακρίνονται σε:

- Εξωτερικά κινητά σκίαστρα, που είναι εν γένει μεταλλικές περσίδες, οριζόντιες για νότιο προσανατολισμό και κατακόρυφες για δυτικό/ ανατολικό. Στην κατηγορία αυτή είναι και οι κοινές τέντες



Εικόνες με εξωτερικά κινητά σκίαστρα [36]

Εσωτερικά κινητά σκίαστρα, συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς.

β) Κινητά σκίαστρα

Τα κινητά σκίαστρα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και το χειμώνα αυξάνοντας τη θερμομόνωση. Ο έλεγχος τους μπορεί να είναι χειροκίνητος ή μηχανοκίνητος. Οι τέντες μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι 65%, στις νότιες όψεις, ενώ για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς το ποσοστό αγγίζει το 80% [14]. Η αποδοτικότητά τους εξαρτάται από τα υλικά, την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες.



Τα ενετικά στόρια επιτυγχάνουν ταυτόχρονα αερισμό και σκίαση και είναι πιο αποτελεσματικά όταν είναι τοποθετημένα εξωτερικά.

Ένας άλλος τρόπος σκίασης είναι με ειδικά διάτρητα ρολά. Πρόκειται για διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται εσωτερικά ή εξωτερικά, κατάλληλα για όλους τους προσανατολισμούς, που μπορούν να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και 70-80% [30]. Το ύφασμα τους αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, σε αραιή λεπτή ύφανση. Συμβάλλουν επίσης στη μείωση της θάμβωσης, ενώ επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον .

γ) Σκίαση από βλάστηση

Κυρίως για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Τα φυλλοβόλα δέντρα, το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά, επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν, όπως είναι επιθυμητό. Είναι καλό να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αειθαλή δέντρα συνιστώνται για αρκετά υγρά και ορισμένες φορές για ζεστά κλίματα [30,33]. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου περίπου κατά 20-40%. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκεπή του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 6-12 ο C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαίσθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολα προσκείμενης σε μια πλευρά του κτηρίου. Αποτελέσματα από έρευνες στις ΗΠΑ δεικνύουν ότι με την φύτευση ενός δέντρου ανά σπίτι,

η εξοικονόμηση ενέργειας γιαψύξη κυμαίνεται μεταξύ του 12%-24%. Επιπροσθέτως, η τοποθέτηση τριών δέντρων σε κάθε σπίτι μπορεί να μειώσει το ψυκτικό φορτίο από 17% έως 57%. Ο σκιασμός από δέντρα μόνο, συμβάλλει κατά 10-35% στην εξοικονόμηση ενέργειας γιαψύξη [37] .

δ) Σκίαση από γειτονικά κτήρια

Φαινόμενο που χρησιμοποιείται κυρίως σε θερμά και ξηρά κλίματα, όπου οι πόλεις σχεδιάζονται και χτίζονται σε πολύ συμπαγή μορφή, με στενούς δρόμους, ώστε τα κτήρια να σκιάζονται σε κάποιο ποσοστό. Γενικά η τοπογραφική διαμόρφωση μιας θέσης μπορεί να δημιουργεί σκιά, η οποία επηρεάζεται από την τροχιά του ήλιου, τον προσανατολισμό του και την κλίση του εδάφους .

ε) Ειδικά Κρύσταλλα

Πρόκειται για ειδικά κρύσταλλα συγκεκριμένης τεχνολογίας, τα οποία διαφοροποιούνται από τα κοινά ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Διακρίνονται σε [38] :

α) Απορροφητικά: Περιορίζουν την διαπερατότητα της ακτινοβολίας διαμέσου του παραθύρου και αυξάνουν, μετά την απορρόφηση, την επανεκπομπή προς το εξωτερικό. Πλεονέκτημα τους είναι το ότι δεν δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.

β) Τα ανακλαστικά: Καλύπτονται από λεπτή στρώση οξειδίου μετάλλου που είναι έντονα ανακλαστικό. Συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια. Οι δύο αυτοί τύποι τζαμιών συστήνονται κυρίως για δυτικά/ ανατολικά παράθυρα.

γ) Κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής (low-e): Τα κρύσταλλα αυτά, είναι σχεδόν αδιαπέραστα από την υπέρυθη ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία προερχόμενη κυρίως από γειτονικά κτήρια). Με την τοποθέτηση κρυστάλλων χαμηλής εκπομπής, σε θερμά κλίματα, αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος, αλλά επιτρέπεται η διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Αντίθετα, σε ψυχρά κλίματα αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος (υπέρυθη ακτινοβολία) προς το εσωτερικό του κτηρίου, με

ταυτόχρονη, επίσης, διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Η μικρότερου κύματος ορατή ακτινοβολία απορροφάται έπειτα από το πάτωμα, τους τοίχους και τα έπιπλα και επανεκπέμπεται ως θερμή ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος, που τα ανακλαστικά κρύσταλλα κρατούν στο εσωτερικό. Συνεπώς, τα κρύσταλλα αυτά λειτουργούν αποδοτικότερα, όταν σε θερμά κλίματα τοποθετηθούν στην εξωτερική επιφάνεια ενός παραθύρου και στα ψυχρά στην εσωτερική [39]

δ) Έγχρωμοι υαλοπίνακες, οι οποίοι με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Κρύσταλλα πράσινης ή μπλε απόχρωσης, που είναι σχεδόν αδιαπέραστα στην υπέρυθη ακτινοβολία, θα παρέχουν αισθητικό αποτέλεσμα και μείωση των ηλιακών κερδών κατά 30-50%.

ε) Φωτοχρωμικά, θερμοχρωμικά και ηλεκτροχρωμικά κρύσταλλα, τα οποία τροποποιούν τις ακτίνες του ήλιου, καθώς αυτές εισέρχονται. Τα πρώτα, είναι κρύσταλλα στα οποία οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτά ηλιακής ακτινοβολίας. Τα θερμοχρωμικά, με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανή σε γαλακτόχρωμα, ενώ στα ηλεκτροχρωμικά τα οπτικά χαρακτηριστικά και η διαπερατότητα μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.

στ) Ανακλαστικά επιχρίσματα

Πρόκειται για τα ανοικτά χρώματα, με τα οποία είναι βαμμένα τα κτήρια της Μεσογείου, για να αντανακλούν μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μουντοί σκουρόχρωμοι εξωτερικοί τοίχοι απορροφούν το 70-90% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια την αποθήκευση θερμότητας, η οποία τελικά μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτηρίου [30,10]. Αντίθετα, οι ανοιχτόχρωμοι τοίχοι ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, μειώνοντας τη μετάδοση θερμότητας μέσω των επιφανειών στους εσωτερικούς χώρους. Η θερμοκρασία μιας επιφάνειας με σκούρο χρώμα μπορεί να φτάσει μέχρι και 40 οC υψηλότερα από μια ανοικτού χρώματος επιφάνεια. Η μείωση του απαραίτητου ψυκτικού φορτίου μπορεί να φτάσει το 25%, βάζοντας τις σκουρόχρωμες επιφάνειες των εξωτερικών όψεων ή του δώματος, με ανοικτά χρώματα [10]. Δεδομένου ότι η

αλλαγή χρώματος δεν συνεπάγεται υψηλό κόστος, πρόκειται για μια αρκετά αποτελεσματική επέμβαση. Μέτρο της ανακλαστικότητας ενός χρώματος είναι η τιμή ανάκλασης του φωτός (LRV-Light Reflective Value). Ο συντελεστής αυτός δείχνει πόση ακτινοβολία οποιουδήποτε κύματος ανακλά ένα χρώμα. Υψηλή τιμή LRV υποδεικνύει ανοιχτόχρωμη επιφάνεια. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι οι επιφάνειες ανοιχτού χρώματος έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, διότι αντανακλούν και βλαβερές ακτινοβολίες του ήλιου, τη στιγμή που μια μαύρη θα τις απορροφούσε [34].

ζ) Φράγμα ακτινοβολίας

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια στέγη, μέρος της απορροφάται και θερμαίνει τα δομικά στοιχεία της στέγης, ένα άλλο μέρος της ακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται ως θερμότητα, με συναγωγή και ακτινοβολία προς τον εσωτερικό χώρο. Το φράγμα ακτινοβολίας τοποθετείται στα κτήρια, στη στέγη, προκειμένου να μειώσει τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και να μειώσει τις απώλειες το χειμώνα, περιορίζοντας έτσι τις ανάγκες σε ψυκτικά και θερμικά φορτία αντίστοιχα. Πρόκειται για λεπτά φύλλα που κατασκευάζονται από υψηλά ανακλαστικά υλικά, συνήθως από αλουμίνιο στη μία ή και στις δύο πλευρές τους. Τα φύλλα αυτά πέρα από μεγάλη ανακλαστικότητα, έχουν και υψηλό συντελεστή εκπομπής, με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας (Ο συντελεστής εκπομπής δείχνει την ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει την ακτινοβολία που έχει απορροφήσει). Λειτουργεί αποδοτικότερα όταν τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» το εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο, μπορεί να τοποθετηθεί και κάτω από τη στέγη, στη σοφίτα, στο διάκενο δηλαδή, που υπάρχει αέρας μεταξύ της στέγης και του ταβανιού του τελευταίου ορόφου, ή κατευθείαν κάτω από τη στέγη. Λόγω της ανακλαστικότητας του, μπορεί να ανακλάσει προς τη στέγη, μεγάλο ποσό της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτήν προς τα κάτω, ενώ η χαμηλή εκπομπή της κάτω πλευράς του, που έρχεται σε επαφή με το ταβάνι του κάτω ορόφου, εμποδίζει τη ροή θερμότητας προς τα δωμάτια [40].



Εικόνα: Μετάδοση θερμότητας προς την στέγη κτηρίου

Σύμφωνα με έρευνα του Πανεπιστημίου της Σάντα Καταρίνα στη Βραζιλία [40], ένα αξιόπιστο φράγμα ακτινοβολίας μπορεί να μειώσει τη ροή θερμότητας μέχρι 70%. Το πείραμα που διεξήγαγε το Πανεπιστήμιο ήταν το εξής: Έγιναν μετρήσεις σε πραγματική στέγη, της οποίας ένα κεκλιμένο μέρος χωρίστηκε σε οχτώ ίσα μέρη. Κάθε κομμάτι είχε ως επίστρωση διαφορετικό υλικό, όπως αλουμινόχαρτο, πορώδη κεραμίδια κόκκινου χρώματος, κεραμίδια βαμμένα λευκά, εμπορικά φύλλα φράγματος ακτινοβολίας κ.α, ενώ ένα κομμάτι έμεινε χωρίς επίστρωση. Η επίστρωση που εμφάνισε την καλύτερη απόδοση ήταν το ένα από τα εμπορικά φράγματα ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκαν. Τη νύχτα που η ροή αντιστρέφεται, στην περίπτωση των κεραμιδιών, έχουμε μεγαλύτερη απώλεια θερμότητας προς τα έξω απ'ότι στην περίπτωση της ακάλυπτης οροφής (αρνητική απόδοση). Από την έρευνα λοιπόν διαπιστώθηκε ότι η τοποθέτηση του φράγματος ακτινοβολίας εμπόδισε όχι μόνο τα θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια της ζεστής καλοκαιρινής ημέρας, αλλά επίσης και τις θερμικές απώλειες τις νυχτερινές ώρες και κατά τη διάρκεια κρύων ή συννεφιασμένων ημερών.

2.2 Βλάστηση-Φυτεμένα δώματα

Σε κάθε τοποθεσία, ο άνθρωπος μπορεί να παρέμβει προκειμένου να τροποποιήσει το περιβάλλον γύρω από τα κτήρια, δημιουργώντας συνθήκες που συνιστούν το μικροκλίμα, όπως ονομάζεται το κλίμα, μια μικρής σχετικά

επιφάνειας . Ο ρόλος της βλάστησης σε ένα δομημένο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Τα φυτά σκιάζουν το κτήριο και έτσι παρέχουν πολύτιμη ηλιοπροστασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, μειώνοντας τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Επίσης, μέσω των βασικών λειτουργιών των φυτών για φωτοσύνθεση, διαπνοή και εξάτμιση, παρέχεται σημαντικός δροσισμός. Η αποβολή νερού από τα φύλλα με τη μορφή υδρατμών γίνεται με τη βοήθεια θερμότητας που αντλείται από τον αέρα περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την τοπική μείωση της θερμοκρασίας. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα μεσαίου μεγέθους δέντρο, στη διάρκεια μιας καλοκαιρινής μέρας, εξατμίζει περίπου 1.460 kg νερού και ο δροσισμός που πετυχαίνεται είναι πολύ σημαντικός. Συνεπώς, ο αέρας κοντά στο έδαφος σε δεντροφυτεμένες περιοχές είναι πιο δροσερός από άλλες δομημένες περιοχές. Πειραματικές μετρήσεις έχουν δείξει ότι η διαφορά θερμοκρασίας δεντροφυτεμένων περιοχών και δομημένων αντίστοιχα, μπορεί να φτάσει μέχρι και 5 ο C [30, 25, 41].

Φυτεμένο δώμα

Είναι ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι, αλλά και για το χειμώνα. Τη θερινή περίοδο, έχει την ιδιότητα να ανακλάει 20-30% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο δώμα και απορροφάει το υπόλοιπο τμήμα της στην επιφάνεια των φύλλων. Επίσης το χώμα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του, επιβραδύνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό του κτηρίου. Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, άρα, μέσο θερμικής μόνωσης του κτηρίου, λόγω των υλικών που το αποτελούν (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών).

Γενικότερα, η φύτευση βλάστησης στο δώμα, πέρα από τη μείωση των καλοκαιρινών θερμικών φορτίων, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας, βελτιώνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθαρίζοντας τον αέρα από ρύπους και παρέχοντας οξυγόνο, αλλάζει το μικροκλίμα της περιοχής, μειώνει την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος. Επιπροσθέτως, προστατεύει τα υποκείμενα μονωτικά υλικά από φθορές που θα προκαλούσε η έκθεσή τους στον ήλιο, στην υπεριώδη ακτινοβολία και στις μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. Επίσης, τα φυτεμένα δώματα συμβάλλουν και στη συγκράτηση των νερών της βροχής. Φύτευση μπορεί να γίνει πάνω

σε δώματα και κεκλιμένες στέγες από μπετόν ή και πάνω σε ξύλινες κεκλιμένες στέγες, ακόμη και όταν οι κλίσεις είναι μεγάλες, διότι το ριζικό σύστημα των φυτών λειτουργεί ως οπλισμός στη μάζα του χώματος και το συγκρατεί αποτελεσματικά ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλης κακοκαιρίας [30, 25, 42, 43].



Φυτεμένα δώματα [44]

Η διαστρωμάτωση της πράσινης στέγης περιλαμβάνει μια μεμβράνη ελέγχου ανάπτυξης του ριζικού συστήματος, υπόστρωμα συγκράτηση υγρασίας, στρώμα αποστράγγισης που συγκρατεί την απαραίτητη ποσότητα νερού και απομακρύνει την πλεονάζουσα, ένα διηθητικό φύλλο που εμποδίζει τα χώματα να περάσουν στην αποστραγγιστική στρώση, υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών και φυσικά το φυτικό υλικό.

Οι τύποι φυτεμένης στέγης που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διακρίνονται σε τρεις : τον εκτατικό, τον εντατικό και τον ημιεντατικό.

- **Εκτατικός:** Ο εκτατικός τύπος αποτελεί την πιο ενδεδειγμένη εφαρμογή για ελληνικά κτίρια σε σχέση με τους άλλους τύπους καθώς συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα αναλογικά με τις κλιματολογικές συνθήκες, το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης. Το βάθος του υποστρώματος ανέρχεται μόλις σε 2-15cm, το οικολογικό όφελος είναι υψηλό, η βλάστηση που υποστηρίζει είναι κυρίως ποώδης, ενώ χρειάζεται ελάχιστη φροντίδα και συντήρηση.
- **Εντατικός:** Ο εντατικός τύπος συνίσταται στη δημιουργία ενός ολόκληρου κήπου στην ταράτσα ενός κτιρίου. Το αποτέλεσμα είναι πολύ εντυπωσιακό, όμως το κόστος του είναι αρκετά αυξημένο, καθώς για την κατασκευή του απαιτείται ειδική στατική μελέτη (το βάρος του ανέρχεται στα 150- 800kg/m²), χρειάζεται υπόστρωμα μεγάλου βάθους (0.15–1.5m) και έχει υψηλό κόστος συντήρησης. Η τελική του μορφή αποτελεί μια φυσική όαση στο αστικό τοπίο, καθώς τοποθετούνται δέντρα, μονοπάτια, στοιχεία νερού και συστήματα σκίασης.
- **Ημιεντατικός:** Ο τύπος αυτός συνδυάζει στοιχεία και από τους δύο παραπάνω τύπους, ενώ αυτή η κατηγορία ενδείκνυται περισσότερο για τα ελληνικά δεδομένα. Ο ημιεντατικός ακόμα τείνει προς τον εκτατικό τύπο. Βασική προϋπόθεση για την τοποθέτηση πράσινης στέγης είναι η στατική ικανότητα του κτιρίου να συγκρατήσει το βάρος της κατασκευής. Κατά τα άλλα, είναι μια ασφαλής και πολύ ωφέλιμη εφαρμογή για όλους τους τύπους των κτιρίων.

Βασική προϋπόθεση για την τοποθέτηση πράσινης στέγης είναι η στατική ικανότητα του κτιρίου να συγκρατήσει το βάρος της κατασκευής. Κατά τα άλλα, είναι μια ασφαλής και πολύ ωφέλιμη εφαρμογή για όλους τους τύπους των κτιρίων. [44,45]

Επιλογή βλάστησης

Το είδος της βλάστησης που θα επιλεγεί για κάθε φυτεμένη ταράτσα εξαρτάται από το βάθος του υποστρώματος που μπορεί να αντέξει το κτίριο, ο

τρόπος κατασκευής του δώματος- στέγης, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και το όριο του κόστους κατασκευής. Επίσης, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν, το επιθυμητό λειτουργικό και ενεργειακό αποτέλεσμα, αλλά και η αισθητική αντίληψη του εκάστοτε ενδιαφερόμενου. Ενδεικτικά, μπορούν να φυτευτούν διάφορων ειδών άνθη, αρωματικά φυτά, βότανα, μεσογειακά φυτά εδαφοκάλυψης και χλοοτάπητας. [45]

- **Φυσικός αερισμός**

Ο αερισμός ενός κτηρίου είναι μείζονος σημασίας, αφενός γιατί μπορεί να εξασφαλίσει χαμηλότερες θερμοκρασίες μέσα στα κτήρια κατά τη θερινή περίοδο και αφετέρου διότι είναι απαραίτητη η αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα με φρέσκο εξωτερικό, που είναι πλούσιος σε οξυγόνο, για την καλή υγεία των ενοίκων. Οι φυσικές δυνάμεις που προκαλούν το φυσικό αερισμό είναι ο άνεμος και το φαινόμενο της καμινάδας. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον φυσικό αερισμό είναι: οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός, η θέση, το μέγεθος των ανοιγμάτων, η χρήση του κτηρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων. Η ροή του αέρα μέσα σε ένα κτήριο επιτυγχάνεται, βάση των θερμοκρασιακών διαβαθμίσεων, αλλά και λόγω της διαφοράς πιέσεων που προκαλούνται γύρω από ένα κτήριο.

Όσον αφορά στην επιρροή των θερμοκρασιακών διαφορών, ισχύει ότι όταν δύο αέριες μάζες έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, οι πυκνότητες και οι πιέσεις τους είναι επίσης διαφορετικές, γεγονός που αυξάνει την κίνηση του αέρα από την πυκνότερη (ψυχρότερη) στην λιγότερο πυκνή (θερμότερη ζώνη).

Επίσης, η διαφορά πίεσης λειτουργεί ως εξής: Όταν ο άνεμος ενεργεί σε ένα κτήριο εμφανίζεται υψηλή πίεση στην εκτεθειμένη πλευρά και χαμηλή στην προστατευόμενη όψη. Η κίνηση του ανέμου γίνεται από τις ζώνες υψηλής πίεσης στις ζώνες χαμηλής πίεσης. Έτσι μπορεί να διεισδύσει σε ένα κτήριο μέσω των ανοιγμάτων του, των οποίων η θέση και το μέγεθος καθορίζουν την ταχύτητα και την κατεύθυνση κίνησης του αέρα [14, 30, 10, 25, 46]

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να είναι:

- Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
- Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού.
- Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα
- Αεριζόμενο κέλυφος

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της

θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος και μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας.

Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός) επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού. Ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυκτερινός αερισμός συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

Το φαινόμενο της καμινάδας μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα κτήριο, με ανοίγματα στην κορυφή και στην βάση του. Ο θερμός αέρας ανέρχεται και διαφεύγει προς τα έξω από την κορυφή και ο φρέσκος ψυχρός θα εισέλθει διαμέσου των ανοιγμάτων στη βάση. Δύο κύριες μορφές του φαινομένου της καμινάδας αποτελούν: Ο πύργος αερισμού και η ηλιακή καμινάδα

- Πύργος αερισμού

Ο πύργος αερισμού αξιοποιεί την δύναμη του ανέμου μεταφέροντας τον στο εσωτερικό. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμο πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα του κτηρίου. Εκμεταλλεύεται, έτσι, το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή

εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτηρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα [30, 47].

- Ηλιακή καμινάδα

Φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο). Εκμεταλλεύεται τον ήλιο για να θερμάνει την εσωτερική της επιφάνεια. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi (βλέπε παραπάνω) και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα πάνω και αντικαθίσταται από αέρα του σπιτιού. Έτσι επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου [30, 47].

Επίσης, από προσομοίωση και πείραμα του πανεπιστημίου της Πορτογαλίας [48] πάνω σε ηλιακή καμινάδα της περιοχής βρέθηκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Είναι θεμελιώδης η τοποθέτηση εξωτερικής μόνωσης στον τοίχο, προκειμένου να γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση του ηλιακού κέρδους. Χωρίς μόνωση η απόδοση του συστήματος μπορεί να μειωθεί έως και 60%. Πάχος μόνωση 5cm είναι επαρκές

- Το σωστό πάχος της καμινάδας εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου. Για ημερήσια λειτουργία προτείνεται μικρό πάχος, ενώ για νυχτερινή μεγαλύτερο. Ωστόσο, δεν παρατηρούνται σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση για πάχος πάνω από 10 cm.

- **Αεριζόμενο κέλυφος**

Πρόκειται για κατασκευή διπλού στρώματος δομικών υλικών, είτε στην οροφή είτε στις προσόψεις του κτηρίου, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αέρας που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Λόγω διαφοράς πυκνότητας, δημιουργείται ροή στο διάκενο, και απάγεται ο θερμός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, στη θερμική προστασία του κτηρίου, αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού, οπότε μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Πρέπει ωστόσο, να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. Με την χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων αποτρέπονται φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στην τοιχοποιία (ή την οροφή) και τις επικαλύψεις, ενώ προστατεύονται τα δομικά υλικά του κτηρίου. Εφαρμόζεται κυρίως σε κτήρια μεσαίου ύψους και μεγάλου πλάτους.

Παραλλαγή του συστήματος αποτελεί η αεριζόμενη γυάλινη πρόσοψη, η οποία χρησιμοποιεί δύο στρώματα διαφορετικών δομικών υλικών και ένα διάκενο αέρα ανάμεσα τους. Το εξωτερικό στρώμα της πρόσοψης είναι γυάλινο, ενώ το εσωτερικό από συμπαγές υλικό. Πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η επίτευξη πολύ καλών συνθηκών φυσικού φωτισμού στο κτήριο, σε συνδυασμό με αισθητικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, σημειώνεται αύξηση των θερμικών κερδών, αλλά και των θερμικών απωλειών [49].

- **Φωτισμός**

Η σωστή εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού, μπορεί να αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τον τεχνητό φωτισμό και να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στην εξοικονόμηση ενέργειας, γενικότερα, ενός κτηρίου, στην οπτική άνεση και στην βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ενοίκων. Ένα καλό σύστημα φυσικού φωτισμού λαμβάνει υπόψη τον προσανατολισμό, την οργάνωση και τη γεωμετρία των χώρων που πρόκειται να φωτιστούν, την εγκατάσταση, το σχήμα και τις διαστάσεις των ανοιγμάτων, τη θέση και τις ιδιότητες των επιφανειών των εσωτερικών χωρισμάτων, που ανακλούν το φυσικό φως και επηρεάζουν τη διανομή του, καθώς και τη θέση και το σχήμα των διατάξεων που παρέχουν προστασία από το υπερβολικό φως και τη θάμβωση. Πρόκειται δηλαδή για μια ενιαία μελέτη του χώρου, των υαλοστασίων, των πλαισίων και των διατάξεων σκιασμού [30, 10].

- **Φυσικός φωτισμός και ευεξία ενοίκων**

Ο φυσικός φωτισμός στα κτήρια συνίσταται ιδιαίτερα, δεδομένης της μεταβλητότητας και της ευαισθησίας του, που δημιουργούν περιβάλλον πιο ευχάριστο από το αντίστοιχο μονότονο που δημιουργεί ο τεχνητός φωτισμός. Υποστηρίζεται ότι συνδέεται με την καλή ψυχική υγεία του ατόμου και το σύνδρομο εποχικής συναισθηματικής διαταραχής. Πειραματικές ομάδες με σημάδια μελαγχολίας είχαν μετρήσιμες αλλαγές στη διάθεση τους, όταν υπέστησαν σε θεραπεία με χρήση φωτός παρόμοιο με το ηλιακό κατά την θερινή περίοδο.

- **Οπτική άνεση**

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και τη ακρίβεια της αντιληπτικότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της συνθήκες φωτισμού του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει ανεπαρκής φωτισμός, ή το φαινόμενο της θάμβωσης (κακή κατανομή του

φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρά ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Όσον αφορά στην οπτική άνεση, η ικανότητα του οφθαλμού να προσαρμόζεται στις αλλαγές στάθμης και στο χαρακτήρα του φωτισμού είναι πολύ σημαντική για τον μελετητή του φωτισμού. Εφαρμόζεται εμπειρικά ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί στην αλλαγή από το ζωηρό φυσικό φως της υπαίθρου, σε ένα χώρο με τεχνητό φωτισμό, αρκεί η στάθμη του τεχνητού φωτισμού (η ποσότητα του δηλαδή) να είναι το ένα εκατοστό (ή περισσότερο) από την στάθμη του εξωτερικού φωτισμού. Το μέγεθος προσδιορίζεται από την ανάγκη του οφθαλμού να προσαρμοστεί όχι μόνο στην αλλαγή της στάθμης λαμπρότητας, αλλά επίσης στην αλλαγή στον χαρακτήρα του φωτός. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητας φωτισμού (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/ υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Ένας συμβατικός, μονός υαλοπίνακας μεταδίδει το 85% της ακτινοβολίας που προσπίπτει, ενώ ένας διπλός ή τριπλός υαλοπίνακας εκπέμπουν μειωμένο ποσοστό ακτινοβολίας, περίπου 70% και 60% αντίστοιχα [30, 10, 28].

Ο φωτισμός συνδέεται επίσης με την κατανάλωση ενέργειας. Από το σύνολο της παραγόμενης πρωτογενούς ενέργειας, περίπου το 1/3 χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, το δε ποσοστό πρωτογενούς ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό υπολογίζεται σε περίπου 4%. Συνεπώς, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό φαίνεται να συνεισφέρει πολύ λίγο στην συνολική εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα εμπορικά κτήρια και τα κτήρια γραφείων, ο φωτισμός καταναλώνει μεγάλο ποσό από τις συνολικές ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα στοχεύουν στην μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας, που απαιτείται για φωτισμό και στην μείωση των ωρών χρήσης του τεχνητού φωτισμού [30, 50]

- **Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού.**

Κατηγορίες συστημάτων

- Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία
- Ανοίγματα οροφής
- Αίθρια
- Φωταγωγοί/ Φωτοσωλήνες

α) Ανοίγματα Οροφής

Τα ανοίγματα οροφής, τα οποία μπορεί να φέρουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες, παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία:

- Συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το χώρο
- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός (που προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός) από τον ουράνιο θόλο. Έχουν το μειονέκτημα, ωστόσο, ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το καλοκαίρι από ότι το χειμώνα λόγω της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οι ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα [30, 28, 51]

β) Αίθρια

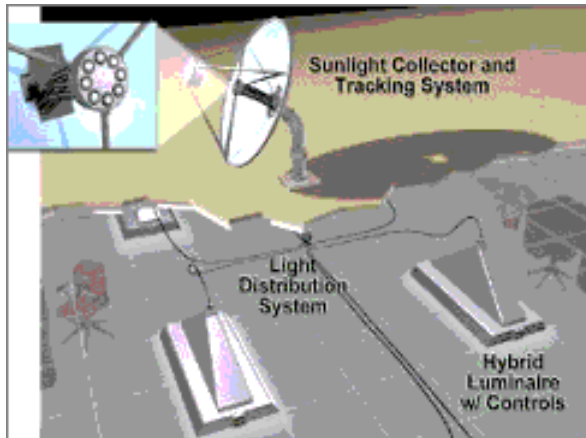
Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτηρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτηρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτήριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου, την ανακλαστικότητα των επιφανειών (τοίχων-δαπέδων) και τα οπτικά

χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο



γ) Ηλιοστάσια

Τα ηλιοστάσια είναι ένα σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτηρίων και συλλέγουν το φυσικό φως. Η θέση τους ρυθμίζεται έτσι ώστε να συλλέγεται η μέγιστη ποσότητα φυσικού φωτός, ανάλογα με την εποχή του έτος και την ώρα της ημέρας. Το φυσικό φως που συγκεντρώνεται κατευθύνεται σε δέσμη προς την είσοδο ενός φωτοσωλήνα ή ενός φωταγωγού, δια μέσου του οποίου μεταφέρεται στον εσωτερικό χώρο του κτηρίου [30, 28, 51].



Εικόνα: σύστημα κατόπτρων και φακών που τοποθετούνται στα δώματα των κτηρίων και συλλέγουν το φυσικό φως [52, 53]

δ) Φωτοσωλήνες

Πρόκειται για σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη σοφίτα ή το δώμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτηρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη

από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο



βαθμό

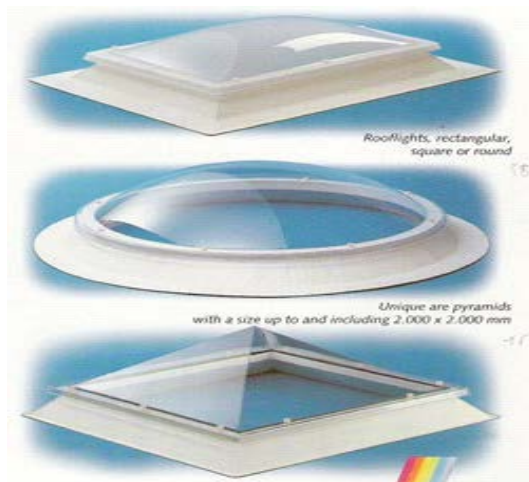
Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτήριο χωρίς μεγάλες απώλειες.

Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί φωτοσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικές ίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες.

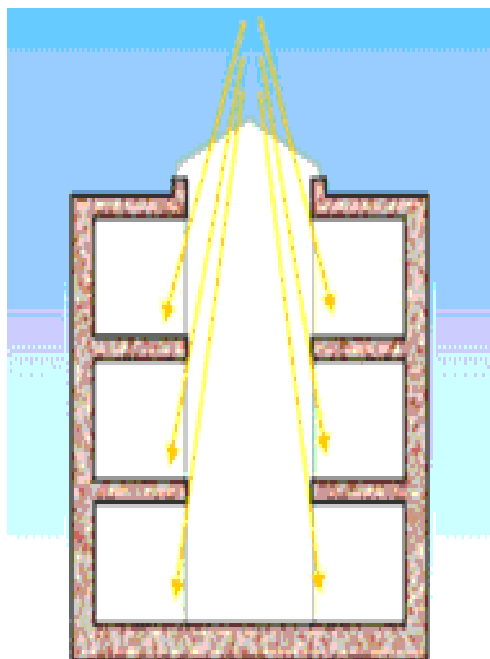
Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια.

[30,

51].



ε) Φωταγωγοί

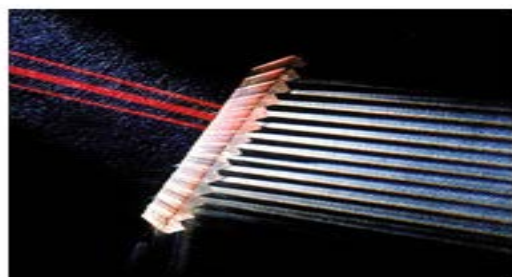


Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο

κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτήριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι'αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτήρια.[30,51].

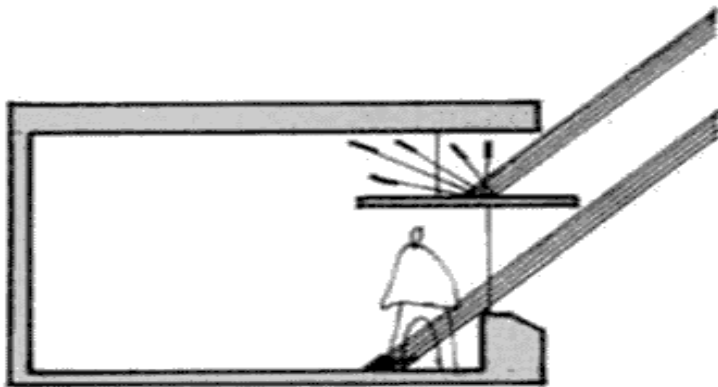
στ) Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Πρόκειται για ημιδιαφανή στοιχεία, που διαθλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και αναλόγως της κατασκευής τους μπορούν είτε να τη αλλάξουν κατεύθυνση, είτε να αποκλείσουν τελείως την είσοδο της. Τοποθετούνται στο κέλυφος του κτηρίου, ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πρισματικοί ακριλικοί υαλοπίνακες, που αποτρέπουν την είσοδο των ηλιακών ακτινών με κατάλληλο προσανατολισμό. Για καλύτερη ηλιοπροστασία, είναι απαραίτητη η ρύθμιση της κλίσης τους ανάλογα με το ύψος του ήλιου. Μια ειδική κατηγορία αποτελούν οι ασύμμετροι υαλοπίνακες (τα στοιχειώδη πρίσματα τους δεν έχουν όμοιες πλευρές), οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να αλλάζουν την διεύθυνση των ηλιακών ακτινών, με σκοπό τη βελτίωση της οπτικής άνεσης. Άλλες κατηγορίες υαλοπινάκων έχουν αναπτυχθεί στο κεφάλαιο της ηλιοπροστασίας [51, 54].



ζ) Ράφια Φωτισμού

Πρόκειται για επίπεδα, ή καμπύλα σταθερά στοιχεία (light shelves), που τοποθετούνται οριζόντια στα πλαίσια των ανοιγμάτων, πάνω από το επίπεδο του ματιού και προεξέχουν εξωτερικά ή εσωτερικά. Από πάνω τους, στη συνέχεια του παραθύρου, υπάρχει άνοιγμα-θυρίδα. Σκοπό έχουν να μειώσουν το επίπεδο φωτισμού κοντά στο παράθυρο και να το αυξήσουν στο πίσω μέρος του χώρου. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στις νότιες όψεις, βελτιώνουν τη διανομή του φυσικού φωτός, προκαλώντας μείωση των επιπέδων φωτισμού κοντά στο παράθυρο και αποφυγή της θάμβωσης. Τα εξωτερικά ράφια φωτισμού είναι πιο αποτελεσματικά από τα εσωτερικά, ενώ ο συνδυασμός τους επιφέρει μεγαλύτερη ακόμη απόδοση στο σύστημα. Ένας πρακτικός κανόνας υπαγορεύει ότι το μήκος του ραφιού πρέπει να είναι περίπου ίσο με το ύψος του παραθύρου που βρίσκεται πάνω του, ενώ το υλικό του πρέπει να είναι αρκετά ανακλαστικό.



Εικόνα: αρχή λειτουργίας ραφιών φωτισμού [55]

η) Ανακλαστικές περσίδες

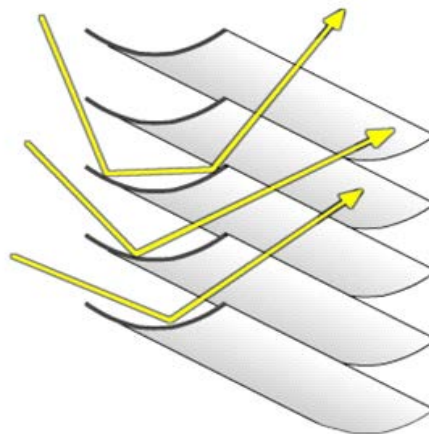
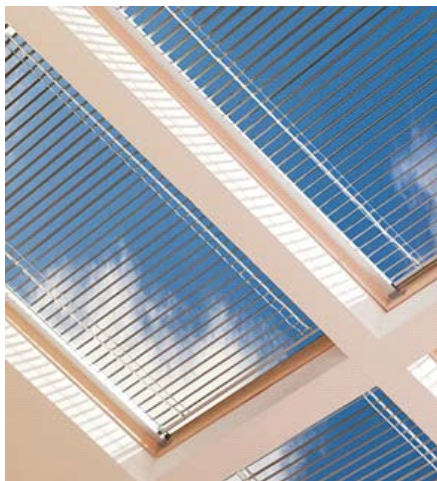
1. Σταθερές περσίδες.

Πρόκειται για ένα πλαίσιο με σταθερές περσίδες από ανακλαστικό υλικό που καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια ενός ανοίγματος ή τμήμα του. Η κλίση των περσίδων καθορίζεται έτσι ώστε να αποτρέπεται η διείσδυση των ηλιακών ακτινών κατά την περίοδο του θέρους. Η ανακλαστική τους ικανότητα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας της συγκέντρωσης ρύπων στην επιφάνεια τους, γι'αυτό απαιτείται συχνή συντήρηση.

2.Ρυθμιζόμενες Περσίδες

Μειονέκτημα των σταθερών περσίδων είναι ότι λειτουργούν αποτελεσματικά μόνο για ορισμένη διεύθυνση των ηλιακών ακτινών. Έτσι προτιμούνται οι ρυθμιζόμενες, των οποίων η ρύθμιση γίνεται είτε χειροκίνητα, είτε μηχανοκίνητα. Πιο εξελιγμένα συστήματα περιλαμβάνουν καμπύλες περσίδες, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ρυθμιζόμενο πλαστικό φιλμ. Εκτός από την κλίση των περσίδων, ρυθμίζεται επίσης, η κλίση του φιλμ αυτού, έτσι ώστε για κάθε γωνία πρόσπτωσης των ακτινών, η ανακλώμενη δέσμη να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση. Εκτός από την εκτροπή των ηλιακών ακτινών κατά το θέρος και την αντιμετώπιση της θάμβωσης, λειτουργούν επίσης αποτελεσματικά όσον αφορά τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.

Τόσο οι σταθερές, όσο και οι κινητές ανακλαστικές περσίδες μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά, αλλά και εξωτερικά του ανοίγματος, αλλά και στο διάκενο διπλών τζαμιών [30,51].



Εικόνες: Ανακλαστικές περσίδες [55, 56]

θ) Διαφανής Μόνωση

Πρόκειται για υλικά που λειτουργούν όπως τα πρότυπα μονωτικά υλικά, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν τη διέλευση του φωτός δια μέσου αυτών. Περιορίζονται έτσι οι απώλειες από θερμική μετάδοση από το κτήριο, ενώ επιτρέπεται στο φως να συνεχίζει να μεταδίδεται. Επειδή, η διαφανής θερμομόνωση απορροφά τόσο την ακτινοβολία που προσπίπτει άμεσα στην επιφάνειά της όσο και τη διάχυτη ακτινοβολία, επιφέρει θετικά αποτελέσματα

σε οποιαδήποτε όψη κι αν εφαρμοστεί. Μπορεί να τοποθετηθεί τόσο σε τοίχους, αλλά και σε οροφές. Εάν για λόγους οικονομίας αποφασιστεί να μη μονωθούν όλες οι όψεις, η πρώτη επιλογή είναι η νότια όψη και ακολουθούν η ανατολική και η δυτική. Η διαφανής μόνωση έχει 2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες. Διαφανή μονωτικά υλικά μπορούν να τοποθετηθούν, επίσης, μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% -80% , με μια μείωση γύρω στο 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα. Το κόστος αυτών των υλικών παραμένει σχετικά υψηλό, ενώ απαιτούνται ορισμένες βελτιώσεις, για να διατηρούνται οι αποδόσεις και οι θερμοοπτικές ιδιότητες των υλικών, καθώς και η διάρκεια ζωής τους. Σε υφιστάμενα κτήρια μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από υπάρχουσα αμόνωντη τοιχοποιία, όπως γίνεται και η προσθήκη της συνήθους θερμομόνωσης [28, 51,53]



B ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

B1. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανικές κατασκευές ικανές να συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, να τη μετατρέπουν σε αξιοποιήσιμη (θερμική, ψυκτική ή ηλεκτρική), να αποθηκεύουν τμήμα αυτής και να τη διανέμουν προς χρήση. Τα πλέον διαδεδομένα ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι οι Ηλιακοί Συλλέκτες για παραγωγή θερμού νερού χρήσης και τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μικρής ισχύος.

α) Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μετατροπείς της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Πιο συγκεκριμένα τα φωτοβολταϊκά συστήματα εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια μετατρέποντάς τη σε ηλεκτρική μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης στο έπακρον τέτοιου είδους τεχνολογιών. Η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία μπορούν να παρέχουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα, εξαρτάται κυρίως από το πόσο προηγμένη τεχνολογία χρησιμοποιούν. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

ανακαλύφθηκε το 1839 και χρησιμοποιήθηκε για πρακτικούς σκοπούς στα τέλη της δεκαετίας του '50 σε διαστημικές εφαρμογές. Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο ή ηλιακή γεννήτρια ρεύματος και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

A) Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Φ/Β συστημάτων

Πλεονεκτήματα

1. Παράγουν «δωρεάν» ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.
2. Δεν έχουν κινούμενα μέρη και λειτουργούν αθόρυβα.
3. Όχι μόνο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια ή άλλα κατάλοιπα, αλλά αποτρέπουν κατά μέσο όρο την έκλυση 1,5 tn CO₂ κατ' έτος, όσο δηλ. θα απορροφούσαν περίπου δύο στρέμματα δάσους.
4. Μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα και αξιόπιστα, χωρίς την παρουσία χειριστή.
5. Μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν σε απομονωμένες περιοχές.
6. Δεν καταναλώνουν κάποιο είδος καυσίμου.

7.Μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

8.Λειτουργούν χωρίς προβλήματα κάτω από όλες τις καιρικές συνθήκες.

9.Χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση.

10.Εχουν μεγάλη διάρκεια ζωής(που φθάνει τα 30 έτη).

11.Είναι λειτουργικά, καθώς προσφέρουν επεκτασιμότητα ανάλογα με τις ανάγκες σε φορτίο και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας (σε δίκτυο ή συσσωρευτές).

12.Δεν ελέγχονται από κανένα(ή καμία εταιρεία) και αποτελεί ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο που δίνει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

13.Βοηθούν στην ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση ενέργειας, κάνοντας τον καταναλωτή που διαθέτει φωτοβολταϊκά πιο προσεκτικό και ενήμερο στον τρόπο που καταναλώνει την ενέργεια, αλλά και στα στοιχεία που αφορούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια.

14.Βοηθούν στην αποκέντρωση της ενέργειας σε μικρές τοπικές μονάδες που δεν έχουν τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το κυρίως ηλεκτρικό δίκτυο(~12% στην Ελλάδα).Η εφαρμογή τους σε νησιά με αδύναμα δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντική.

15.Βοηθούν στην αποφυγή black out, εφ' όσον η μέγιστη παραγωγή γίνεται καλοκαίρι και μεσημέρι, ώρες δηλ. που έχουμε τις ημερήσιες αιχμές ζώνης, βοηθώντας στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου(μέχρι και 20%) και τη μείωση του συνολικού κόστους ηλεκτροπαραγωγής από την ΔΕΗ, δεδομένου ότι η κάλυψη των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

16.Δίνουν κύρος στον χρήστη τους(τουλάχιστον στις προηγμένες χώρες!)και βελτιώνουν το «πρόσωπο» των επιχειρήσεων που τα χρησιμοποιούν.

Στις πιο ανεπτυγμένες αγορές η εγκατάσταση Φ/Β αποτελεί πλέον τον κανόνα σε κάθε νέα κτιριακή εφαρμογή.

17. Δημιουργούν σήμερα περισσότερες θέσεις εργασίας ανά MW ή /και ανά επενδυμένο € από οποιαδήποτε άλλη ενεργειακή τεχνολογία. Η εγχώρια παραγωγή Φ/Β συνεπάγεται εκατοντάδες θέσεις εργασίας.

18. Αποτελούν μέσο εισόδου ξένων επενδύσεων στην Ελλάδα.

19. Συμβάλουν στην Περιφερειακή Ανάπτυξη και την τοπική απασχόληση, λόγω του αποκεντρωμένου χαρακτήρα της. [60]

Μειονεκτήματα

1. Έχουν ακόμα υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης (που επιδεινώνεται με την έλλειψη επιδοτήσεων-αυτό για την Ελλάδα!)

2. Απαιτούν σχετικά μεγάλες επιφάνειες εγκατάστασης.

3. Έχουν ακόμη (σήμερα) σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

4. Η λειτουργία τους εξαρτάται από τις συνθήκες νέφωσης και ως εκ τούτου δεν μπορούν να θεωρηθούν αυτόνομα συστήματα συνεχής παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και θα πρέπει να συνδυάζεται η λειτουργία τους με επιπλέον συστήματα, ώστε να εξασφαλίζεται αδιάλειπτη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Pacca et al., 2007).

- **Κατηγοριοποίηση φωτοβολταϊκών στοιχείων με βάση το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται:**

1) Τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»

α) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si)

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 χιλιοστά. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Το μονοκρυσταλλικό

φωτοβολταϊκά στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Αμφότερες βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

β) Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου (MultiCrystalline Silicon, mc-Si) Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3 χιλιοστά. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση"), και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερες είναι σε έκταση οι μονοκρυσταλλικές περιοχές τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κελιά. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα στην Ελληνική πραγματικότητα: Μια οικολογική επένδυση ή ασύμφορη μόδα της εποχής;

γ) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών κυψελών πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 χιλιοστά. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

2) Φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών επιστρώσεων, thin film

α) Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe₂ ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτων φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11% (πλαίσιο). Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των φωτοβολταϊκών τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.

β) Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film

Silicon, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά ΦΒ, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσων αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης

20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 χιλιοστά ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 χιλιοστά.

γ) Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το Τελουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχει φθάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Ήδη η Greenpeace έχει εναντιωθεί στην χρήση του. Επίσης προβληματίζει ή έλλειψη του Τελλουρίου. Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωση του στο γυαλί ως δομικό υλικό (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

δ) Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσενικό δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.

3) Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία ονομάζονται HIT (Heterojunction Intrinsic Thin-layer) και αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν απόδοση 19,7%. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό φωτοβολταϊκό είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια. [60]

β) Ηλιακοί Συλλέκτες

Η "καρδιά" ενός ενεργητικού ηλιοθερμικού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης, ο οποίος μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα και τη μεταφέρει σε κάποιο ρευστό (νερό, ηλιακό ρευστό, αέρα). Οι διαφορετικές τεχνολογίες ηλιακών συλλεκτών είναι:

- Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα: Είναι απλοί και οικονομικοί. Αποτελούνται από μαύρους πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες -χωρίς μόνωση- μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το υγρό. Η μέγιστη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται είναι 20° C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Επίπεδοι συλλέκτες: Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος ηλιακού συλλέκτη. Αποτελείται από επίπεδο μονωμένο πλαίσιο, το οποίο καλύπτεται από τη μια πλευρά με διαφανές κάλυμμα από τζάμι ή πλαστικό. Το πλαίσιο περιέχει μια μαύρη/σκουρόχρωμη πλάκα που απορροφά την ηλιακή ενέργεια. Το ρευστό μεταφοράς θερμότητας κυκλοφορεί μέσα ή πάνω από την απορροφητική πλάκα μεταφέροντας

τη θερμότητα. Η θερμοκρασία που παράγεται μπορεί να φτάσει ως 70° C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- Σωλήνες κενού: Αποτελούνται από σειρά γυάλινων σωλήνων κενού. Ο κάθε σωλήνας περιέχει έναν απορροφητή (π.χ. μια μαύρη μεταλλική πλάκα) που απορροφά την ηλιακή ενέργεια. Λόγω της μονωτικής ιδιότητας του κενού η θερμοκρασία που παράγεται μπορεί να φτάσει



Η τοποθέτηση ενός ηλιακού συλλέκτη μπορεί να είναι:

- Οριζόντια όταν τοποθετείται σε οροφές ή έδαφος (εκτός συλλεκτών κενού με σωλήνα θερμότητας ξηρής ή υγρής σύνδεσης)

- Επικλινής για τοποθέτηση σε στέγες, έδαφος, προσόψεις κτιρίων. Οι συλλέκτες κενού τοποθετούνται με ελάχιστη κλίση 250

Η βέλτιστη κλίση των συλλεκτών ανάλογα με τη χρήση τους ενδεικτι-

κά είναι:

- για χρήση όλο το χρόνο συνιστάται η κλίση συλλεκτών να είναι ίση με το γεωγραφικό πλάτος της.
- για χρήση τους χειμερινούς μήνες: κλίση συλλεκτών = γεωγραφικό πλάτος της περιοχής + 150
- για χρήση τους καλοκαιρινούς μήνες: κλίση συλλεκτών = γεωγραφικό πλάτος της περιοχής - 150

Για την εγκατάσταση ενός ενεργητικού ηλιακού θερμικού συστήματος

θα πρέπει να προβλεφθούν: Ωφέλιμος χώρος για τους συλλέκτες: το κτίριο πρέπει να έχει ικανοποιητικό χώρο για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών. Ενδεικτικά αρκούν 2 m² επιπέδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ζεστό νερό μιας οικογένειας 2 ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο απαιτούνται περίπου 0,75 m² πρόσθετης συλλεκτικής επιφάνειας. Ο συλλέκτης πρέπει έχει νότιο προσανατολισμό και να μη σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο χώρος αυτός μπορεί να βρίσκεται είτε στην οροφή του κτιρίου (με την προϋπόθεση ότι ψηλότερα γειτονικά κτίρια δεν προκαλούν σκίαση) ή σε κάποιο άλλο ανοιχτό χώρο. Ωφέλιμος χώρος για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας και δεξαμενές αποθήκευσης): Πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες, π.χ. μπορεί να τοποθετηθεί είτε στο υπάρχον λεβητοστάσιο ή σε κάποιον άλλο κλειστό χώρο (στην περίπτωση των θερμοσιφωνικών συστημάτων δεν απαιτείται επιπλέον χώρος). Υδραυλικές συνδέσεις: Οι συλλέκτες, οι δεξαμενές αποθήκευσης, η παροχή κρύου νερού και το δίκτυο ζεστού νερού πρέπει να συνδεθούν υδραυλικά. Οι σωληνώσεις πρέπει να είναι επισκέψιμες για επισκευή πιθανών βλαβών. Ηλεκτρικές συνδέσεις: Ο γενικός πίνακας του κτιρίου πρέπει να αντέχει πρόσθετα φορτία, τα οποία

όμως για την περίπτωση των ηλιακών είναι μικρά. ως 100οC πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Εφαρμογές ενεργητικών ηλιακών θερμικών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά θερμικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού χρήσης, θέρμανση και ψύξη χώρων στον οικιακό τομέα, για βιομηχανικές διεργασίες (παραγωγή ατμού, ηλιακή ψύξη), για τηλεθέρμανση, για θέρμανση του νερού σε πισίνες, για αφαλάτωση, καθώς και για διάφορες αγροτικές εφαρμογές. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες.

- Θέρμανση ζεστού νερού χρήσης

Ένα σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης – ο γνωστός ηλιακός θερμοσίφοντας – αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες που τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτιρίου, μια δεξαμενή αποθήκευσης για το ζεστό νερό, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διακρίνονται σε: ανοικτού κυκλώματος, με απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε) και κλειστού κυκλώματος με έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό χρήσης χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας. Οι θερμοσίφωνες ανοικτού κυκλώματος είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, όμως οι θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος αντέχουν περισσότερο στις χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα καθώς λειτουργούν με αντιψυκτικό το οποίο προστατεύει το συλλέκτη. Για τη θέρμανση ζεστού νερού χρήσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σύστημα θέρμανσης νερού βεβιασμένης κυκλοφορίας, το οποίο διαθέτει ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες, διαφορικούς θερμοστάτες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσει το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες. Σε σπίτια που έχουν εγκαταστημένο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, ως εφεδρικό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο λέβητας πετρελαίου.

3.2 Θέρμανση χώρου και ζεστού νερού χρήσης

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για το συνδυασμό παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων δεν είναι ακόμα πολύ διαδεδομένη. Η λειτουργία αυτών των συστημάτων (solar combi systems ή απλά combi), είναι σχετικά απλή. Το νερό θέρμανσης χώρων (ρευστό που ρέει στα σώματα κεντρικής θέρμανσης ή σε υποδαπέδια θέρμανση), το οποίο προορίζεται για τη θέρμανση χώρων, θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες και αποθηκεύεται σε ένα δοχείο θερμού νερού. Το ζεστό νερό χρήσης αποθηκεύεται σε ένα δεύτερο δοχείο θερμού νερού μικρότερου όγκου. Επειδή όμως η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι διαθέσιμη καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας και του έτους, απαιτείται η εγκατάσταση εφεδρικής μονάδας κεντρικής θέρμανσης (συμβατικός λέβητας πετρελαίου ή υγραερίου, λέβητας βιομάζας ή ηλεκτρισμός) για να θερμαίνει το νερό όταν δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια. Σήμερα υπάρχουν 10 βασικές πα-ραλλαγές των συστημάτων Combi.

Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν μέγιστη απόδοση όταν λειτουργούν σε θερμοκρασίες 40–50οC. Τα combi σε υφιστάμενες κτιριακές κατασκευές λειτουργούν καλύτερα σε συνδυασμό με fan-coils, ενδοδαπέδια ή ενδοτοιχία θέρμανση. Η λειτουργία τους είναι εφικτό να συνδυαστεί με υφιστάμενο λέβητα συμβατικού τύπου και με τυπικά θερμαντικά σώματα (καλοριφέρ), τα οποία όμως θα πρέπει να λειτουργούν σε θερμοκρασία 45-70οC. Η χρήση των συστημάτων combi στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας θεωρείται οικονομικά αποδοτική, ιδιαίτερα εάν συνδυαστεί με κατάλληλη μελέτη / κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση παθητικών ηλιακών ωφελειών, ελαχιστοποίηση απωλειών). Εκτιμάται ότι με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών σε ποσοστό 15% της επιφάνειας των θερμαινόμενων χώρων μίας κατοικίας, μπορεί να καλυφθεί περίπου το 40% των συνολικών αναγκών θέρμανσης χώρων και νερού με χρήση ηλιακής ενέργειας.

3 Ηλιακός κλιματισμός (Ηλιακή ψύξη χώρου)

Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για τον κλιματισμό χώρων κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Ένα τυπικό σύστημα Ηλιακού Κλιματισμού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, τη δεξαμενή αποθήκευσης, τη μονάδα ελέγχου, σωληνώσεις, αντλίες και ένα θερμοοδηγούμενο ψύκτη (chiller), όπως φαίνεται στην. Οι ψύκτες αποτελούν τον πυρήνα των εγκαταστάσεων ηλιακού

κλιματισμού. Αν και οι ηλιακοί συλλέκτες είναι αυτοί που παρέχουν την αναγκαία ενέργεια σε μια εγκατάσταση, οι ψύκτες αποτελούν το μηχανισμό που παράγει ψυκτικά φορτία χρησιμοποιώντας το θερμό νερό που έρχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες ως κύρια πηγή ενέργειας. Το παραγόμενο ψυχρό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλιματισμό του αέρα (αφύγρανση, ρύθμιση θερμοκρασίας) ή για ψύξη/δροσισμό χώρων (fan coil, chilled ceilings κα.). Τα συστήματα ηλιακού κλιματισμού διακρίνονται σε κλειστά συστήματα για ψύξη νερού και σε ανοιχτά συστήματα για κλιματισμό αέρα.

4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ηλιακών θερμικών συστημάτων

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη και ανανεώσιμη. Η αξιοποίησή της παρέχει ανεξαρτησία και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Με τη λειτουργία των ηλιακών θερμικών συστημάτων αποφεύγεται η χρήση ορυκτών, εισαγομένων καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας θέρμανσης. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά τους είναι:

- Είναι αξιόπιστη και ώριμη τεχνολογία, φιλική προς το περιβάλλον, χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων κατά τη λειτουργία της.
- Η θερμική ενέργεια παράγεται στα σημεία ζήτησής της. Αποφεύγονται έτσι πιθανές απώλειες μεταφοράς ενέργειας
- Εξοικονομούν το 30-50% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και ψύξη κτιρίου
- Προσφέρουν σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, π.χ. ο ηλιακός θερμοσίφωνας μπορεί να μειώσει το λογαριασμό έως 100€ ανά έτος
- Μπορούν να συνδυαστούν με σύστημα βιομάζας (ενεργειακό τζάκι), καλύπτοντας έτσι το 100% των αναγκών ενέργειας για θέρμανση μιας κατοικίας. Επίσης, μπορούν να συνδυαστούν με συμβατικά θερμαντικά σώματα (ενσωμάτωση σε ήδη εγκατε-στημένο σύστημα).
- Λειτουργούν αθόρυβα

- Έχουν χαμηλό κόστος συντήρησης εγκατάστασης και εξοπλισμού και μηδενικό λειτουργικό κόστος.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα για τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι:

- Το αρχικό κόστος επένδυσης είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων, η εγκατάσταση τους όμως μπορεί να ενισχυθεί από κρατική χορηγία.
- Απαιτούν την εγκατάσταση εφεδρικής πηγής ενέργειας για την πλήρη κάλυψη των αναγκών μία κατοικίας όλο το έτος
- Η ηλιοφάνεια, άρα και η παραγωγή ενέργειας θέρμανσης, είναι μικρότερη κατά την περίοδο της υψηλότερης ζήτησης, το χειμώνα που έχουμε συννεφιά και μικρότερη διάρκεια ημέρας
- Ορισμένοι τύποι ηλιακών συλλεκτών μπορεί να παρουσιάσουν προβλήματα στη λειτουργία τους σε περιοχές με παγετό, ή και να εμφανίσουν σημαντικές φθορές (σπάσιμο καλύμματος, σωληνώσεων).
- Η αισθητική (οπτική) επίπτωση τους είναι μεγαλύτερη από άλλες τεχνολογίες ΑΠΕ, αν και σήμερα υπάρχουν κάποιες λύσεις για τη βελτίωση του αισθητικού αποτελέσματος [58, 59]

B2. Γεωθερμική Ενέργεια

Γεωθερμική ενέργεια είναι η αποθηκευμένη ενέργεια, υπό μορφή θερμότητας, κάτω από την επιφάνεια της γης. Προέρχεται από το εσωτερικό της Γης σε μορφή νερών, ατμών, αερίων ή μειγμάτων αερίων ή ακόμα και ως ενέργεια από τα πετρώματα. Αποτελεί μια σημαντική Ανανεώσιμη Πηγή Ενέργειας όσο αφορά την ψύξη και τη θέρμανση. Η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων και εφαρμογών ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ποιότητα των ρευστών, οι οποίες διακρίνονται σε ηλεκτρικές και άμεσες χρήσεις. Στις άμεσες χρήσεις όπου γίνεται αξιοποίηση της θερμότητας των ρευστών, χωρίς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνονται η θέρμανση χώρων (κτιρίων, εγκαταστάσεων), αγροτικές χρήσεις (θέρμανση θερμοκηπίων, ξήρανση αγροτικών προϊόντων, υπεδάφια θέρμανση, θέρμανση κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων), υδατοκαλλιέργειες, βιομηχανικές χρήσεις (π.χ. αφαλάτωση νερού, επεξεργασία γάλακτος, χώνευση βιολογικής λάσπης, ανάκτηση πετρελαίου, ξήρανση ξυλείας) και λουτροθεραπεία (ιαματικά λουτρά, πισίνες).

α) Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας

Η θερμοκρασία του υπεδάφους, σε βάθος από 5 έως 100 μέτρα , είναι σχεδόν σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και κυμαίνεται από 18 έως 22°C. Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του υπεδάφους ή των υπογείων υδάτων και της επιφάνειας της γης μπορεί να γίνει με τη χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ), οι οποίες αξιοποιούν το ενεργειακό δυναμικό που ονομάζεται αβαθής γεωθερμική ενέργεια, κυρίως για θέρμανση χώρων το χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι αλλά και για παροχή ζεστού νερού χρήση. Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι μία ανεξάντλητη και καθαρή πηγή ενέργειας και είναι διαθέσιμη όλο το χρόνο χωρίς να εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες. Η αξιοποίηση της ενέργειας αυτής επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ενός συνδυασμού αντλίας θερμότητας συζευγμένη με γεώτρηση. Το σημαντικότερο γεγονός είναι ότι η προσφερόμενη ενέργεια είναι περιβαλλοντικά καθαρή, ανανεώσιμη και εξοικονομεί το 50-70% της ενέργειας που θα κατανάλωνε ένα υποστατικό που χρησιμοποιεί μόνο συμβατικά μέσα θέρμανσης (πετρέλαιο, υγραέριο, ηλεκτρισμός κ.λ.π.).

β) Λειτουργία και Τύποι Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ)

Ένα σύστημα ΓΑΘ αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

Το Σύστημα εναλλαγής θερμότητας εντός εδάφους (γεωεναλλάκτη θερμότητας, κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα), το οποίο απορροφά ή αποβάλλει θερμότητα στο έδαφος. Την αντλία θερμότητας (heat pump) που λειτουργεί όπως οι αντλίες νερού μόνο που ανυψώνει, αντί για νερό, θερμική ενέργεια. Δηλαδή αντλεί ενέργεια από ένα χώρο (π.χ. θερμοκρασίας 5°C) και τη μεταφέρει σε άλλο με υψηλότερη θερμοκρασία (π.χ. 25°C). Το Σύστημα θέρμανσης/ψύξης εντός του κτιρίου, που προσδίδει ή απορροφά θερμότητα από το σπίτι (αεραγωγοί ή ενδοδαπέδια ή fan coils). Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας λειτουργούν και με καλοριφέρ. Ένα γεωθερμικό σύστημα, αξιοποιεί τις σταθερές θερμοκρασίες κάτω από την επιφάνεια του εδάφους για να δεσμεύσει την "ελεύθερη" ενέργεια. Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και τη φέρνει στη μονάδα εσωτερικά του κτιρίου, η οποία αντλεί τη θερμότητα αυτή σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διανέμει στο κτίριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη

θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην πιο δροσερή γη. Με άλλα λόγια, το σύστημα ΓΑΘ πραγματοποιεί εναλλαγή θερμότητας μεταξύ του εδάφους και των εσωτερικών χώρων. Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, τα ΓΑΘ δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή θερμότητας. Ένα σωστά σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύστημα ΓΑΘ λειτουργεί με 30% υψηλότερη ενεργειακή απόδοση από αυτή του καλύτερου συστήματος αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα. Τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την αβαθή γεωθερμική ενέργεια διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: α) κλειστού και β) ανοικτού κυκλώματος. Οι γεωθερμικοί εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος αποτελούνται από υπόγειο δίκτυο με πλαστικούς σωλήνες υψηλής αντοχής, που λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας. Οι σωλήνες συνδέονται με την αντλία θερμότητας όπου και ολοκληρώνεται κύκλωμα στο οποίο κυκλοφορεί διάλυμα νερού με φιλικό προς το περιβάλλον αντιψυκτικό. Ένα κλειστό κύκλωμα συνεχώς ανακυκλοφορεί, υπό πίεση, το διάλυμα που μεταφέρει την θερμότητα. Το κύκλωμα της γης και του σπιτιού, είναι κλειστό και κατά συνέπεια δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων, με αποτέλεσμα οι απαιτήσεις για συντήρηση του συστήματος να είναι μικρές. Το κύκλωμα μπορεί να είναι οριζόντιο ή κατακόρυφο ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των σωλήνων. Για την ομαλή τροφοδοσία της αντλίας θερμότητας είναι απαραίτητος κυκλοφορητής. Υπάρχουν τρεις τύποι κλειστού κυκλώματος γεωεναλλακτών ανάλογα με τη διάταξη του δικτύου σωληνώσεων στο έδαφος: οριζόντιο, κάθετο ή σπειροειδές σύστημα. Παρόλο που οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες έχουν υψηλότερο κόστος χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις λόγω του ότι απαιτείται μικρότερος χώρος.

Οι Γεωθερμικοί Εναλλάκτες Ανοικτού Κυκλώματος χρησιμοποιούν επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα (από λίμνη, πηγάδι, ποτάμι, γεώτρηση ή τη θάλασσα), ως πηγή θερμότητας - ψύξης και χώρους απόθεσης/επιστροφής του νερού. Αντλούν νερό από υπόγειο ταμιευτήρα με χρήση γεώτρησης και ενδιάμεσου εναλλάκτη νερού/νερού που παρεμβάλλεται μεταξύ της ΓΑΘ και του ανοικτού κυκλώματος, προσδίδουν ή απορροφούν ενέργεια στο σύστημα πριν το νερό επιστρέψει στον ταμιευτήρα. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται σε περιοχές με ρηχό βάθος υδροφόρου ορίζοντα. Και σε αυτή την περίπτωση

αξιοποιείται η ιδιότητα της σταθερής θερμοκρασίας που έχουν τα νερά του υπόγειου ταμιευτήρα καθ' όλο τον χρόνο ανεξάρτητα από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούν. Ενδεικτικά ένα σπίτι 280 m² απαιτεί περίπου 30-50 λίτρα ανά λεπτό παροχής νερού. Οι σωλήνες του εναλλάκτη τοποθετούνται είτε οριζόντια στο έδαφος σε μικρό βάθος (περίπου 2 m), όταν υπάρχει μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια οικοπέδου είτε κατακόρυφα σε μεγάλο βάθος (περίπου 80 με 100 m) όπου δεν απαιτείται μεγάλη διαθέσιμη επιφάνεια οικοπέδου.

γ) Απόδοση

Ένα σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος είναι:

- ο σχεδιασμός συστήματος
- η αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας
- η ποιότητα εγκατάστασης
- το επίπεδο θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής θερμότητας
- οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου
- οι κλιματικές συνθήκες στο σημείο τοποθέτησης της αντλίας θερμότητας

Οι ΓΑΘ, όπως όλοι οι άλλοι τύποι αντλιών θερμότητας, βαθμονομούνται σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος προσδιορίζει την ενέργεια που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COP 3-5. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3-5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα. Ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%. Τα συστήματα γεωεναλλακτών πρακτικά δεν χρειάζονται συντήρηση. Με ορθή εγκατάσταση ο γεωεναλλάκτης θα λειτουργεί για πολλές δεκαετίες. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, η αντλία θερμότητας, οι κυκλοφορητές και το εσωτερικό σύστημα

διανομής της θερμότητας βρίσκονται εντός του κτιρίου προστατευμένα από τις εξωτερικές συνθήκες. Συνήθως οι περιοδικοί έλεγχοι για τη σωστή λειτουργία είναι η μόνη απαραίτητη συντήρηση

δ) Προϋποθέσεις εγκατάστασης

Για να εγκατασταθεί ένα σύστημα κλιματισμού με Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας θα πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο του συστήματος. Όσον αφορά τους εναλλάκτες κλειστού κυκλώματος, απαιτείται ελεύθερη έκταση ανάλογα με το μέγεθος του εναλλάκτη το οποίο καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις θέρμανσης/ψύξης του υποστατικού. Για εναλλάκτες ανοικτού τύπου χρειάζεται κάποια πηγή θερμότητας (π.χ. πηγάδι, λίμνη, γεώτρηση) και ένας χώρος απόρριψης/επιστροφής του νερού μετά την ολοκλήρωση του κύκλου. Οι θέσεις των κάθετων γεωτρήσεων συστήνεται να απέχουν τουλάχιστο 6 m μεταξύ τους και 3 m από το όριο του τεμαχίου. Για την εγκατάσταση της αντλίας θερμότητας δεν υπάρχουν κάποιες αναγκαίες προϋποθέσεις, αφού το μέγεθος της αντλίας και των εξαρτημάτων της είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων.

Για το σύστημα μεταφοράς θερμικής ενέργειας από και προς το κτίριο, υπάρχουν κατασκευαστικοί περιορισμοί, οι οποίοι όμως δεν διαφέρουν από οποιονδήποτε άλλο συμβατικό σύστημα. Όταν επιλεγεί ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης - δροσισμού, η εγκατάσταση προτείνεται να υλοποιείται κατά την κατασκευή του κτιρίου, καθώς το σύστημα ενσωματώνεται στο δάπεδο. Όλες οι λύσεις θα πρέπει να γίνονται πάντοτε σε στενή συνεργασία με τον μελετητή του έργου για αποφυγή προβλημάτων, ειδικά στον ενδοδαπέδιο δροσισμό.

ε) Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας

Η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη 24 ώρες τη μέρα, 365 μέρες το χρόνο. Οι ΓΑΘ αξιοποιούν τις ιδιότητες θερμοεναλλαγής του νερού και την ήπια θερμοκρασία του εδάφους, η οποία παραμένει σχεδόν σταθερή όλο το χρόνο - ανεξάρτητα από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες- και παρέχουν αποδοτική θέρμανση, κλιματισμό και ζεστό νερό χρήσης στα κτίρια. Η χρήση ΓΑΘ για θέρμανση και κλιματισμό έχει σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την

εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, 30% μικρότερο κόστος λειτουργίας από το καλύτερο αερόψυκτο σύστημα, κόστος συντήρησης μόλις το 1/3 από αυτό ενός συμβατικού συστήματος θέρμανσης – κλιματισμού και σημαντικά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (25-30 έτη).

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΓΑΘ είναι:

- Αξιόπιστη τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον χωρίς εκπομπές αέριων ρύπων
- Άντληση δωρεάν ενέργειας από το υπέδαφος για θέρμανση και ψύξη κτιρίων, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες.
- Εξοικονόμηση 75% της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση και 40% για δροσισμό-ψύξη ενός κτιρίου.
- Μείωση των δαπανών της κατοικίας για θέρμανση και κλιματισμό από 25-75% .
- Χαμηλό κόστος συντήρησης εγκατάστασης και εξοπλισμού. Τα ΓΑΘ δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα.
- Απουσία θορύβου κατά την λειτουργία της εγκατάστασης
- Παρέχουν υψηλής ποιότητας άνεση στους εσωτερικούς χώρους
- Απαιτείται μικρότερος χώρος για την εγκατάσταση του εξοπλισμού σε σχέση με το συμβατικό λεβητοστάσιο. Δεν απαιτείται λέβητας, δεξαμενή πετρελαίου, ή καπνοδόχος, ενώ δεν απαιτείται αερόψυκτος ψύκτης για τον κλιματισμό του κτιρίου
- Μεγαλύτερη ασφάλεια σε σχέση με μία εγκατάσταση πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

Τα μειονεκτήματα ενός ΓΑΘ είναι:

- Το αρχικό κόστος ενός γεωθερμικού συστήματος είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών συστημάτων, η αγορά του όμως μπορεί να ενισχυθεί από κρατική χορηγία.

- Σε κλειστά κυκλώματα υπάρχει δυσκολία επισκευής μιας διαρροής.
- Για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού
- Κατά την ανόρυξη των γεωτρήσεων δημιουργείται λάσπη, η οποία θα πρέπει να ξηρανθεί και να απομακρυνθεί από το χώρο ανέγερσης της κατοικίας

[60]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Αξαρχή Κλειώ, Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, 2009 Θεσσαλονίκη,

[2] Ανδρεαδάκη – Χρονάκη Ελένη, Βιοκλιματικός σχεδιασμός: περιβάλλον και βιωσιμότητα, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006.

[3] Jacqueline Glass, The Future for Precast Concrete in Low-Rise Housing, British Precast Concrete Federation, 1999, Λονδίνο, σελ. 62

[4] <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/eb1859e/eb1859e.html>

[5] Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων Κ. Τσίππρας psystems

[6] Οικολογική Αρχιτεκτονική Κώστας κ Θέμης Τσίππρας, Εκδόσεις Κέδρος 2005

[7] Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα ΚΑΠΕ

[8] Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες -μεταφορές Στ. Περδίδος

[9] Κτίρια για ένα πράσινο κόσμο, Μαργαρίτα Καραβασίλη

[10] ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες, ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ-Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 1994

[11] Αξαρή, Κ., Αραβαντινός, Δ., «Μετρήσεις και αξιολογήσεις εσωκλιματικών συνθηκών και έλεγχος σχηματισμού δρόσου σε πειραματικούς χώρους εξοπλισμένους με ηλιακά παθητικά συστήματα», πρακτικά 7ου Εθνικού Συνεδρίου ΙΗΤ για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, ΙΗΤ, Πάτρα 6-8 Νοεμβρίου 2002, τόμος Α΄, ISSN 1108-3603, σελ. 241-251.

[12] Axarli K., Demetriou M., “The impact of shading on the thermal performance of a passive solar heating system: Experimental evaluation and Simulation analysis”, Int conference proceedings - PLEA 2005 “Environmental Sustainability: The Challenge of Awareness in Developing Societies”, Beirut, Lebanon, 13-16 November, 2005, pp 57-63.

[13] Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων, Τεχνική οδηγία τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010

[14] ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΝ, Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2004

[15] Ευώνημος Οικολογική Βιβλιοθήκη <http://www.evonymos.org>

[16] Ανάλυση της λειτουργίας του τοίχου Tombre με τη χρήση μεθόδων πεπερασμένων διαφορών, Γιαννακόπουλος Ι., διπλωματική εργασία Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2006

[17] ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ Μαθήματος «Θερμική Συμπεριφορά Κτιρίων», Χ.Τζιβανίδης.

- [18] PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK,
<http://www.builditsolar.com/Projects/SolarHomes/PasSolEnergyBk/PSEbook.htm>
- [19] http://everything2.com/index.pl?node_id=1914968
- [20] <http://www.azsolarcenter.com/design/passive-2.html>
- [21] BARRA CONSTANTINI SYSTEM,
<http://www.osti.gov/accomplishments/pdf/DE90012500/066.pdf>
- [22] PERFORMANCE OF BARRA-CONSTANTINI PASSIVE HEATING SYSTEM UNDER ALGERIAN CLIMATE CONDITIONS, K.Imessad, N. Ait Messaoudene, M.Belhamel, Algeria, 2003, www.sciencedirect.com
- [23]
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm
- [24] ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, Καπε, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002, Ευγενία Α. Λαζάρη, http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf
- [25] ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ
<http://www.cres.gr/kape/education/Apeoikistika.pdf>
- [26] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata.htm
- [27] ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ, κατασκευή για θερμική εκμετάλλευση ηλιακής ενέργειας στα κτίρια, http://klimalarissa.blogspot.com/2007/04/blog-post_402.html
- [28] DAYLIGHTING IN BUILDINGS, A Thermie Programm Action, The European Commission Directorate-General For Energy, DGXVII
http://erg.ucd.ie/mb_daylighting_in_buildings.pdf
- [29] <http://www.energybooks.com/pdf/919929.pdf>
- [30] ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ, Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική, Κώστας και Θέμης Στεφ.Τσιπήρας, Εκδόσεις Κεδρος, 2005

[31] THERMAL REGULATION LECTURE, Cornell University Ergonomics
<http://ergo.human.cornell.edu/studentdownloads/DEA350notes/Thermal/thregnotes.html>

[32]
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.h

Tm

[33] <http://www.yourhome.gov.au/technical/pubs/fs44.pdf>

[34] . LIGHT REFLECTANCE VALUE, <http://www.squidoo.com/LRV>

[35] http://www.oikostentas.gr/exoterikes_persides_alouminiou.php

[36] www.sitaras.g

[37] INVESTIGATING AND ANALYSING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF AN EXPERIMENTAL GREEN ROOF SYSTEM INSTALLED IN A NURSERY SCHOOL BUILDING IN ATHENS, GREECE, M.Sanatmouris, C.Pavlou, P.Doukas, G.Mihalakakou, A.Synnefa, A.Hatzibiros, P.Patargias, 2005, , www.sciencedirect.com

[38]
http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_yalopinakes.htm

[39] UNDERSTANDING ENERGY-EFFICIENT WINDOWS,
<http://www.taunton.com/finehomebuilding/how-to/articles/understanding-energyefficient-windows.aspx>

[40] EVALUATION OF HEAT FLUX REDUCTION PROVIDED BY THE USE OF RADIANT BARRIERS IN CLAY TILES ROOFS, Caren Michels, Roberto Lamberts, Saulo Gueths, Brazil, 2007, www.sciencedirect.com

[41] . ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ/ ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ,
<http://www.conferences.gr/fileadmin/dtemplates/palenc2007/pdf/egreen.pdf>

[42] ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΟΥ ΔΩΜΑΤΟΣ,
<http://building.dow.com/styrofoam/europe/el/applications/thermal/flat/4.htm>

- [43] <http://www.egreen.gr/why.html>
- [44] <http://www.econews.gr>
- [45] Βιοκλιματικό Σπίτι, Ερευνητική εργασία 8ο Γενικό Λύκειο Πατρών ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ Γιαννακόπουλος Κωνσταντίνος, 2012 <http://blogs.sch.gr/8lyk-pat/files/2012/07/bioklimatiko.pdf>
- [46] . BIOCLIMATIC ARCHITECTURE, The Demonstration Component of the Joule Thermie Programme, European Commission, Energy Research Group University College Dublin, Ireland, Published by: LIOR E.E.I.G., 1997 http://erg.ucd.ie/mb_bioclimatic_architecture.pdf
- [47] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
- [48] SOLAR CHIMNEY: SIMULATION AND EXPERIMENT, Clito Afonso, Armando Oliveira, Portugal, 1999, www.sciencedirect.com
- [49] . ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ, http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm
- [50] ΚΤΙΡΙΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, Ηλίας Ευθυμιόπουλος, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
- [51] http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm
- [52] activesolarhomes.blogspot.com
- [53] www.cer.unlv.edu
- [54] <http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/about/tree.html>
- [55] <http://www.bioxorio.com/>
- [56] <http://www.nulightsolutions.com/>
- [57] <http://www.ergon-energia.gr/35CB9755.el.aspx>

[58] <http://www.cea.org.cy/TOPICS/Renewable%20Energy/Solar%20thermal%20systems.pdf>

[59] www.buildnet.gr

[60] http://lyk-esp-polyg.chal.sch.gr/files/Proj_B_lyk_A_tetr_12.pdf