



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

Πτυχιακή Εργασία

ΘΕΜΑ

Ανάπτυξη Ηλιακού Αερόθερμου



Φοιτητής: Ελευθέριος Κυριακάκης

A.M. 5609

Επιβλέπων Καθηγητής: Φώτης Μαυροματάκης

2016

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΙΓΑΓΩΓΗ	4
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ – ΖΗΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ	6
ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ	7
ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	8
ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	8
ΥΛΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	8
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	9
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	12
ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗ ΓΗ	14
ΝΟΜΟΣ LAMBERT	15
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	15
ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	16
ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ	17
ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ	20
ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	22
ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ	24
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	26
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ	35
ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ	36
ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	37
ΧΩΡΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ	37
ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ	38
ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟ	38
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	39
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ	43
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ 14/10/2014	44
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	45
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ	48

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ	51
ΣΧΕΔΙΑ 3D ΚΑΤΑΣΤΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ	52
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη τρόπων αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος.

Το σύνολο των κατοικιών συμμετέχει στην εκπομπή ρύπων και την κατανάλωση ενέργειας σε μεγάλο ποσοστό. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη εκμετάλλευση μορφών ενέργειας όπως η ηλιακή, αιολική και άλλες που είναι ανεξάντλητες.

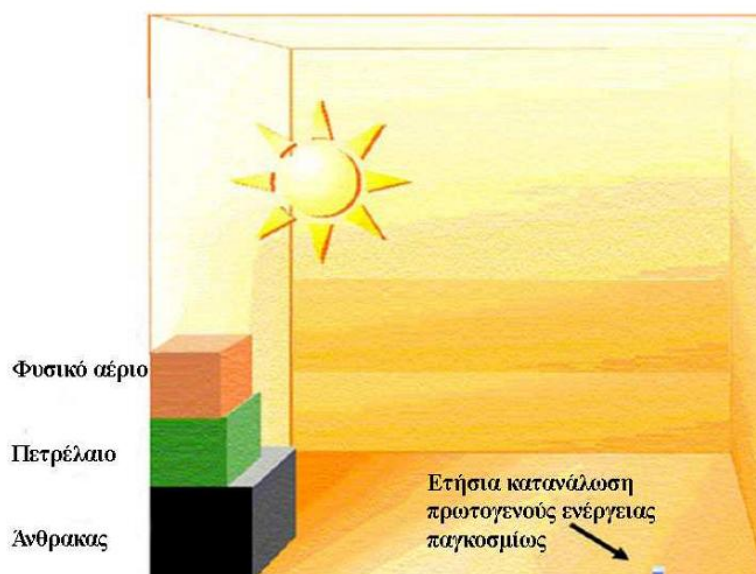
Θα περιγράψω και κατόπιν θα αναπτύξω τις πιθανές περιπτώσεις παθητικών ηλιακών συστημάτων όπως και τη ροή ενέργειας πηγή (ήλιος) μέχρι τον τελικό αποδέκτη (οικία).

Θα αναφερθώ στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης παθητικών ηλιακών συστημάτων, επειδή θεωρώ ότι βασικό στόχος μας πρέπει να είναι όχι μόνο η εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά επιπλέον πρέπει να επιτυγχάνεται η προστασία του περιβάλλοντος από τους ρύπους των μηχανημάτων τα οποία χρησιμοποιούμε.

Στόχος μας πρέπει να είναι συνολικά:

- ✧ Εξοικονόμηση ενέργειας
- ✧ Προστασία του περιβάλλοντος
- ✧ Υψηλότερο επίπεδο διαβίωσης με χαμηλό κόστος

Έτσι αποφάσισα να κατασκευάσω ένα ηλιακό αερόθερμο που χρησιμοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία ώστε να θέρμανση το ρευστό στο εσωτερικό του και με (φυσική και μηχανική) ροή μεταφέρεται το ρευστό στο εσωτερικό μιας κατοικίας.



ΕΙΓΑΓΩΓΗ

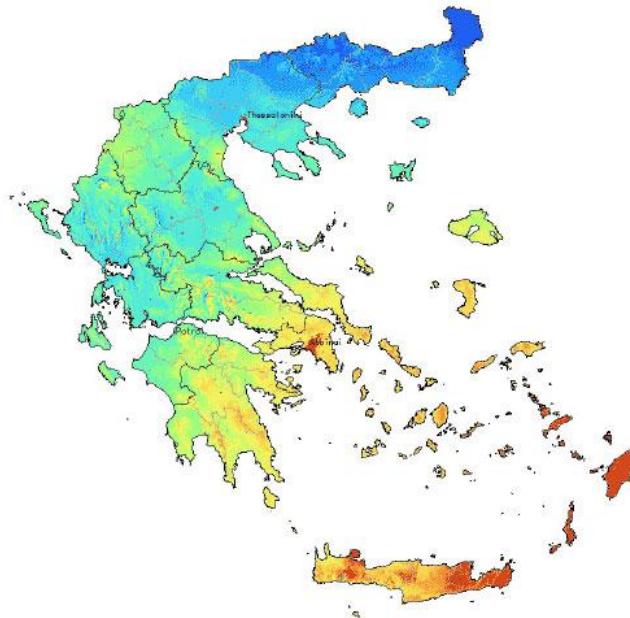
Οι τελευταίες εκτιμήσεις δίνουν ότι τα παγκόσμια αποθέματα ορυκτών καυσίμων δεν επαρκούν για περισσότερο από (1-2) αιώνες επίσης η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η εξάντληση των ορυκτών όρων δημιουργούν τεράστια προβλήματα σε όλες τις αναπτυγμένες αλλά και τις αναπτυσσόμενες χώρες.

Ο κτιριακός τομέας δημιουργεί ρύπους σε ποσοστό συμμετοχής περίπου 40% στη Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η εκπομπή του CO₂ που αντιστοιχεί στις κατοικίες και γενικά στα κτίρια είναι περισσότερο από 45% της συνολικής εκπομπής CO₂ που εκπέμπει η Ελλάδα.

Η έρευνα της Eurostat έδειξε ότι η Ελλάδα έχει το υψηλότερο κόστος κατανάλωσης ενέργειας για τις κατοικίες των πολιτών της ακόμη και από τα Βόρεια Ευρωπαϊκά κράτη, όπου ο χειμώνας είναι πολύ βαρύτερος.

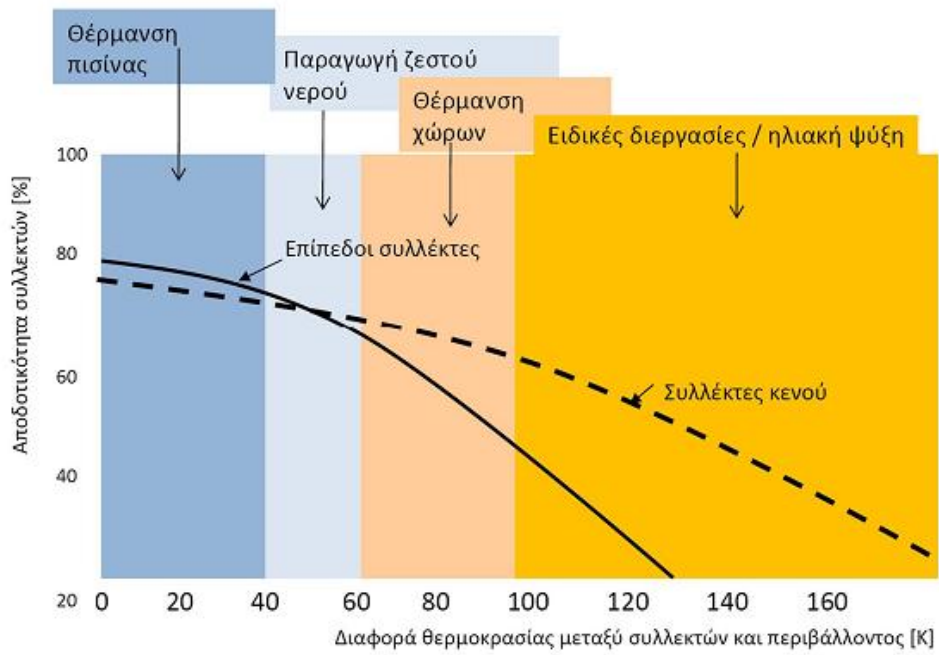
Η ολική ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα (άμεση και διάχυτη) κατά τη διάρκεια ενός έτους στο δικό μας γεωγραφικό πλάτος είναι περίπου 1.400kWh/m². Αυτή η ποσότητα ενέργειας, την οποία μας παρέχει ετησίως ο ήλιος ανά m² αντιστοιχεί σε 160 λίτρα πετρελαίου θέρμανσης.



Εικόνα: Ηλιακή ακτινοβολία και ενεργειακά αποθέματα

Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- ✧ Παθητικά ηλιακά θέρμανσης
- ✧ Παθητικές τεχνικές φυσικού δροσισμού
- ✧ Παθητικές τεχνικές φυσικού φωτισμού

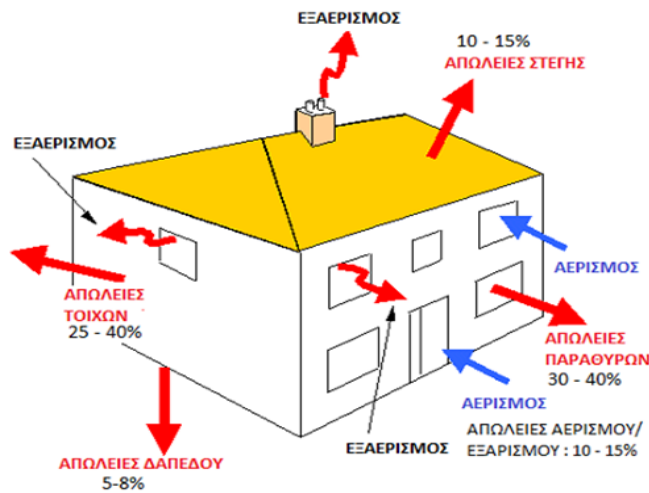


Εικόνα: Βαθμός απόδοσης και περιοχές εφαρμογής ηλιακών συλλεκτών

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ – ΖΗΤΗΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ

Οι θερμικές απώλειες κτιρίου.

Ένα τέλεια μονωμένο σπίτι θα διατηρούσε την θερμότητα για πάντα και έτσι δεν θα χρειαζόταν θέρμανση. Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που προκαλούν θερμικές απώλειες στα κτίρια :



Εικόνα : Τυπικές θερμικές απώλειες κτιρίων από το κτιριακό κέλυφος (τοίχοι, παράθυρα, στέγη, δάπεδο) και αερισμό - εξαερισμό.

1. Οι απώλειες θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους η οποία επιτρέπει την ροή της θερμότητας από τα μέσα προς τα έξω, λόγω υψηλότερης εσωτερικής θερμοκρασίας κτιρίου κατά την περίοδο θέρμανσης
2. Οι απώλειες αερισμού/εξαερισμού λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα. Και οι δύο οι ανωτέρω απώλειες είναι ευθέως ανάλογες της διαφοράς μεταξύ της Εσωτερικής Θερμοκρασίας T_i του θερμαινόμενου χώρου και της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος T_a .

Οι απώλειες θερμοπερατότητας Q έχουν μονάδες ισχύος (W) και για ένα δομικό στοιχείο (π.χ. τοίχος, θύρα, παράθυρο, στέγη ή δάπεδο) υπολογίζονται ως εξής :

$$Q=AU(T_i-T_a)$$

όπου A η επιφάνεια (εμβαδόν) του δομικού στοιχείου και U είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας και έχει μονάδες $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο συντελεστής, τόσο μεγαλύτερες είναι οι θερμικές απώλειες.

ΗΛΙΟΘΕΡΜΙΑ

Είναι η μέθοδος με την οποία αξιοποιείται η ηλιακή ενέργεια για χρήση θέρμανσης.

Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερο από 2.700 ώρες ετησίως. Στη Ρόδο και τη Νότια Κρήτη υπερβαίνει τις 3.100 ώρες ετησίως.

Τα ηλιακά αερόθερμα ανήκουν στα παθητικά ηλιακά συστήματα. Κάνουν άμεση και έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση ή ψύξη.

Πλεονεκτήματα

Λόγοι για να στραφούμε στην ηλιακή ενέργεια:

- ✧ Αξιοπιστία (δοκιμασμένη τεχνολογία)
- ✧ Αποκέντρωση. Αποφεύγοντας απώλειες μεταφοράς, επειδή παράγεται στο σημείο που ζητείται.
- ✧ Αυτονομία. Ο Ήλιος είναι παντού και δωρεάν.
- ✧ Ανάπτυξη. Ενισχύεται η εγχώρια αγορά.
- ✧ Θέσεις εργασίας. Περισσότερα από 5.000 άτομα απασχολούνται στη βιομηχανία ηλιακών συστημάτων γενικά.
- ✧ Εύκολη τοποθέτηση.
- ✧ Εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας. Αποφεύγονται οι συνεχείς διακοπές ρεύματος σε περίπτωση φόρτισης του δικτύου ηλεκτρική ενέργειας.
- ✧ Προστασία Περιβάλλοντος. Δεν αποδίδουν ρύπους στο περιβάλλον.
- ✧ Κλιματικές αλλαγές. Αποτρέπονται τα ορυκτά καύσιμα, που αποδίδουν οξείδια του άνθρακα και του θείου.

Μειονεκτήματα

- ✧ Χαμηλή παραγωγή σε περιοχές με μικρότερη ηλιοφάνεια από τη Ν. Κρήτη.
- ✧ Νέα τεχνολογία.
- ✧ Χρειάζεται το μισό της επιφάνειας του χώρου που θέλουμε να θερμάνουμε σε κατασκευή συλλεκτών.
- ✧ Μειώνεται η απόδοση τις συννεφιασμένες μέρες (χωρίς ηλιοφάνεια), καθώς και κατά τη διάρκεια της νύχτας η απόδοση μηδενίζεται.

Περιβαλλοντικά Οφέλη

- ✧ Εξοικονόμηση καυσίμων
- ✧ Μείωση εκπομπών CO₂
- ✧ Εφαρμογές ηλιοθερμίας
- ✧ Θέρμανση νερού χρήσης
- ✧ Θέρμανση χώρων
- ✧ Θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών
- ✧ Ηλιακός κλιματισμός
- ✧ Βιομηχανικές θερμαντικές διεργασίες.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Το φαινόμενο θερμοκηπίου που συμβάλει στη θέρμανση των χώρων δεσμεύοντας την ηλιακή ακτινοβολία και μετατρέποντας την σε θερμότητα. Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στη επιφάνεια του γυαλιού πραγματοποιούνται 3 μηχανισμοί μετάδοσης.

1. Μέρος της ακτινοβολίας ανακλάτε πίσω στο περιβάλλον
2. Μέρος της ακτινοβολίας διαθλάτε και εισέρχεται στο εσωτερικό του ηλιακού αερόθερμου
3. Μέρος απορροφάται από τα υλικά του ηλιακού αερόθερμου. Το ποσοστό που διαπερνά το γυαλί είτε απορροφάται από το υλικό είτε ανακλάτε.

Η θερμοχωρητικότητα των υλικών

Οι αρχές μετάδοσης της θερμότητας (ροή της θερμικής ενέργειας από θερμά σε ψυχρά σώματα)

ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Για να αποδίδουν τα μέγιστα τα ηλιακά παθητικά συστήματα θα πρέπει να συντρέχουν μερικοί παράγοντες. Αυτοί είναι:

- ✧ Οι ηλιακοί συλλέκτες να έχουν πιστοποίηση υψηλής απόδοσης.
- ✧ Αν υπάρχει θερμοδοχείο να υπάρχει καλή θερμομόνωση.
- ✧ Οι συλλέκτες να έχουν σωστή κλίση και προσανατολισμό.
- ✧ Να έχει προηγηθεί της εγκατάστασης τεχνική μελέτη.
- ✧ Οι ρυθμίσεις παραμέτρων λειτουργίας να γίνουν από εξειδικευμένα άτομα.

Τύπος συλλέκτη	Συντελεστή απόδοσης	Συντελεστής θερμικής απώλειας w/m ² c	Θερμοκρασία ρευστού °C
Ακάλυπτος συλλέκτης	0,82 – 0,97	10 – 30	Μέχρι 40 °C
Επίπεδος συλλέκτης	0,66 – 0,88	2,9 – 5,3	20 – 80 °C
Επίπεδος κενός αέρος	0,81 – 0,83	2,6 – 4,3	20 – 120 °C
Σωλήνας με κενό	0,62 – 0,84	0,7 – 2,0	50 – 120 °C
Συλλέκτης αέρος	0,75 – 0,90	8 – 30	20 – 50 °C

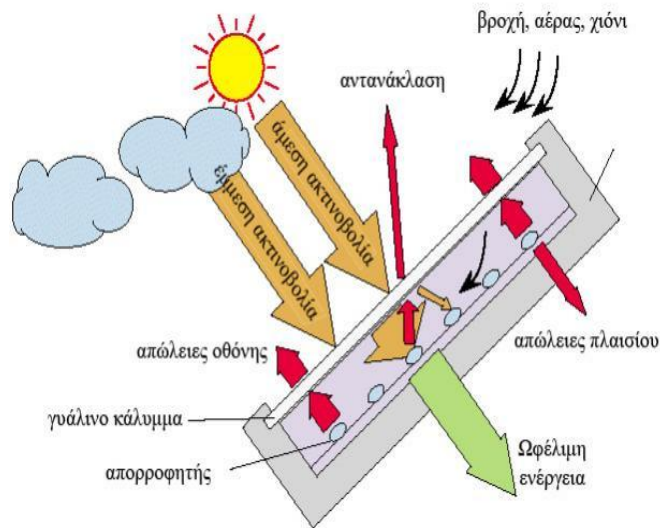
ΥΛΙΚΑ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Υλικά συλλογής ηλιακής ενέργειας είναι διαφανή, έχουν μεγάλη διαπερατότητα, έχουν απορροφητικότητα και θερμοπερατότητα.

Υλικά αποθήκευσης θερμότητας: είναι θερμοχωρητικά και μπορούν να αλλάζουν φυσικοί κατάσταση, ώστε μόλις αποδώσουν την αποθηκευμένη θερμότητα επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό με απόκλιση 30° από τη δύση ή την ανατολή.



Για την καλοκαιρινή περίοδο η προτεινόμενη κλίση των Ηλιακών αερόθερμων κυμαίνεται μεταξύ των 10°-15°. Πιο συγκεκριμένα, εάν επιθυμούμε τη μεγιστοποίηση της ετήσιας παραγόμενης ηλιακής ακτινοβολίας επιλέγεται η αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δηλαδή "β≈φ-15ο", όπου "φ" το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Στην

περίπτωση όμως αυτή, η παραγόμενη ενέργεια κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι σαφώς μικρότερη αυτής του καλοκαιριού, επειδή τόσο η ένταση της διαθέσιμης ακτινοβολίας όσο και η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερες.

Για το Ηρακλείο Κρήτης οι γεωγραφικές συντεταγμένες είναι φ=35° N και L=25° E

Τυπικές εμπειρικές σχέσεις καθορισμού βέλτιστων γωνιών κλίσης συλλεκτών, σε διάφορες περιπτώσεις συλλεκτικού συστήματος.

Περιοχή τιμών γεωγραφικού πλάτους (φ) του τύπου	Εμπειρικές σχέσεις βέλτιστης γωνίας κλίσης συλλέκτη (B _{βελτ}) με νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο.		
Μικρά γεωγραφικά πλάτη, κοντά στον Ισημερινό, φ≤20°	Ουσιαστικά 0°. Στην πράξη συνιστάται μια μικρή γωνία κλίσης 5°-10°, ώστε η ροή του νερού πλύσης ή της πλύσης ή της βροχής να απομακρύνει τα σώματα που επικάθονται στην όψη του ΦΒ πλαισίου (σκόνη, φύλλα, περιττώματα πουλιών)		
Μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη φ>20°	Σταθερή τοποθέτηση, απαίτηση για μέγιστη αποδοτικότητα ετησίως	φ- (5°÷10°)	
	Σταθερή τοποθέτηση. Κύρια απαίτηση κατά τη χειμερινή περίοδο (Φωτοβολταϊκά, Ηλιοθερμικά)	φ+10°	
	Ρυθμιζόμενη κλίση δυο θέσεων ετησίως	Θερινή	φ-15°
		Χειμερινή	φ+15°

Γωνία Πρόσπτωσης ακτινών σε μοίρες	0	60	70	80	90
Διαπερατότητα τα	0,9	0,8	0,65	0,35	0

Η αποδοτικότητα του συλλέκτη μειώνεται όσο αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας της απορροφητικής επιφάνειας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, επειδή αυξάνονται οι θερμικές απώλειες (εκπέμπεται περισσότερη ισχύς).

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Καλαμάτα ($\varphi=36,07^\circ$, $L=22,12^\circ$)															
6-13	79	90	136	158	209	214	220	204	166	128	93	68	1766	624	1172
22-32	94	102	145	158	201	202	208	201	173	143	111	83	1820	692	1142
40-50	107	109	144	146	176	172	180	181	168	151	126	95	1754	726	1022
Κομοτηνή ($\varphi=41,13^\circ$, $L=25,42^\circ$)															
10-17	67	79	117	151	188	205	212	198	160	120	77	63	1638	555	1114
26-36	80	89	124	151	180	192	201	195	166	134	92	78	1681	614	1084
46-56	91	95	123	139	157	164	173	175	161	142	104	90	1612	642	968
Λάρισα ($\varphi=39,63^\circ$, $L=22,42^\circ$)															
9-16	59	78	121	160	203	210	218	202	160	114	79	57	1662	555	1154
24-34	75	92	131	160	193	194	203	198	170	132	101	76	1726	636	1118
44-54	83	96	131	151	175	173	182	184	167	138	112	85	1676	658	1032
Μυτιλήνη ($\varphi=39,10^\circ$, $L=26,53^\circ$)															
9-16	63	80	122	161	209	216	222	205	167	124	81	62	1713	569	1180
24-34	80	94	132	161	198	199	207	201	177	145	104	82	1778	652	1142
43-53	87	99	131	152	179	177	185	186	173	152	114	92	1727	675	1052
Πάτρα ($\varphi=38,25^\circ$, $L=21,73^\circ$)															
7-14	66	82	134	151	200	212	216	201	163	121	79	66	1692	578	1144
23-33	83	96	145	150	189	195	201	196	172	140	100	86	1753	660	1102
42-52	91	100	145	141	170	173	180	181	168	146	109	96	1699	682	1013

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μηνιαία Ηλιακή Ενέργεια για τις βέλτιστες γωνίες κλίσης β των Φ/Β (kWh/m ² .μήνα), και βέλτιστη κλίση σε ετήσια (Ε) βάση, χειμερινή (Χ) και θερινή (Θ) περίοδο, για διάφορες περιοχές της Ελλάδας															
Κλίση β (°)	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Ε	Χ	Θ
Αθήνα (φ=37,96°, L=23,92°)															
7-14	70	84	118	151	190	201	217	206	158	117	84	67	1664	540	1124
23-33	86	97	126	151	181	188	204	202	166	133	104	85	1724	649	1092
42-52	98	103	124	137	154	156	171	178	159	140	118	99	1637	682	955
Ηράκλειο (φ=35,33°, L=25,15°)															
5-12	73	90	133	175	211	216	221	207	173	129	94	73	1794	637	1203
20-30	87	101	140	174	202	203	210	203	180	143	112	89	1844	703	1172
38-48	96	107	140	163	180	177	185	186	176	151	124	101	1787	732	1067
Θεσσαλονίκη (φ=40,63°, L=22,93°)															
9-16	62	75	105	140	174	183	203	182	141	101	69	58	1495	510	1024
25-35	77	87	111	139	166	171	191	178	148	114	85	74	1543	574	994
45-55	86	92	110	130	148	150	168	163	144	119	94	85	1490	597	903
Ιωάννινα (φ=39,67°, L=20,83°)															
9-16	63	76	118	148	189	200	215	199	154	118	77	57	1614	539	1105
24-34	75	86	125	148	181	188	204	196	161	132	92	70	1659	596	1079
44-54	86	91	125	137	159	162	177	178	157	140	104	81	1596	624	969

Πηγή: Α. Γαγλία, Α. Αργυρίου, Σ. Λυκούδης, Κ.Α. Μπαλαράς. Απόδοση Πειραματικής Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης – Βέλτιστης Κλίσης Φωτοβολταϊκών και Ωφέλιμη Ηλιακή Ενέργεια στις Ελληνικές Περιοχές. 8ο Συνέδριο για τις ΑΠΕ, ΙΗΤ, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 29-31 Μαρτίου 2006.

ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ενέργεια που εκπέμπεται από τον ήλιο ονομάζεται ηλιακή ενέργεια.

Ο ήλιος είναι ένα σχεδόν σφαιρικό σώμα με τα εξής χαρακτηριστικά:

- ✧ Διάμετρος: $D = 2R = 1.39 \times 10^9 \text{ m}$
- ✧ Μάζα: $M = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$.
- ✧ Θερμοκρασία εντός του ήλιου: $40 \times 10^6 \text{ K}$
- ✧ Θερμοκρασία στην επιφάνεια του ήλιου: $\sim 6000 \text{ K}$
- ✧ Απόσταση από τη γη: $L = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$
- ✧ Ισχύς εκπομπής: $3,8 \times 10^{26} \text{ W}$

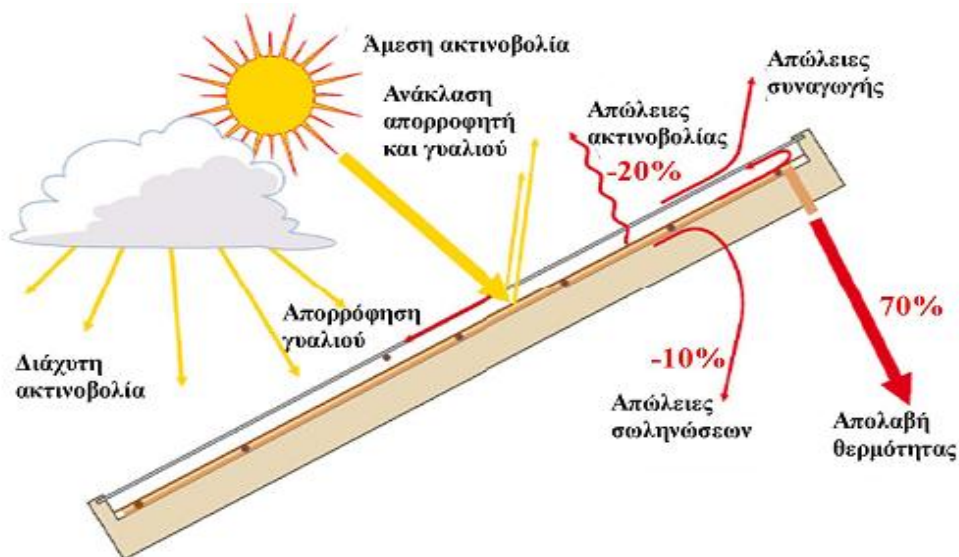
Η ανώτερη ατμόσφαιρα της γης δέχεται ετησίως περίπου $1,5 \times 10^{21} \text{ Wh}$ ηλιακής ακτινοβολίας, ενέργεια που είναι μεγαλύτερη από 23.000 φορές από την ενέργεια που καταναλίσκει όλος ο πλανήτης.

Η μέση ημερήσια ενέργεια που παρέχεται από τον ήλιο στην Ελλάδα (ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας) εκτιμάται σε 1680 kWh/m^2 .

Ηλιακή σταθερά $G_S = 1367 \pm 5 \text{ W/m}^2$ είναι η πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα (στο διάστημα) σε επίπεδο κάθετο στην ηλιακή ακτινοβολία.

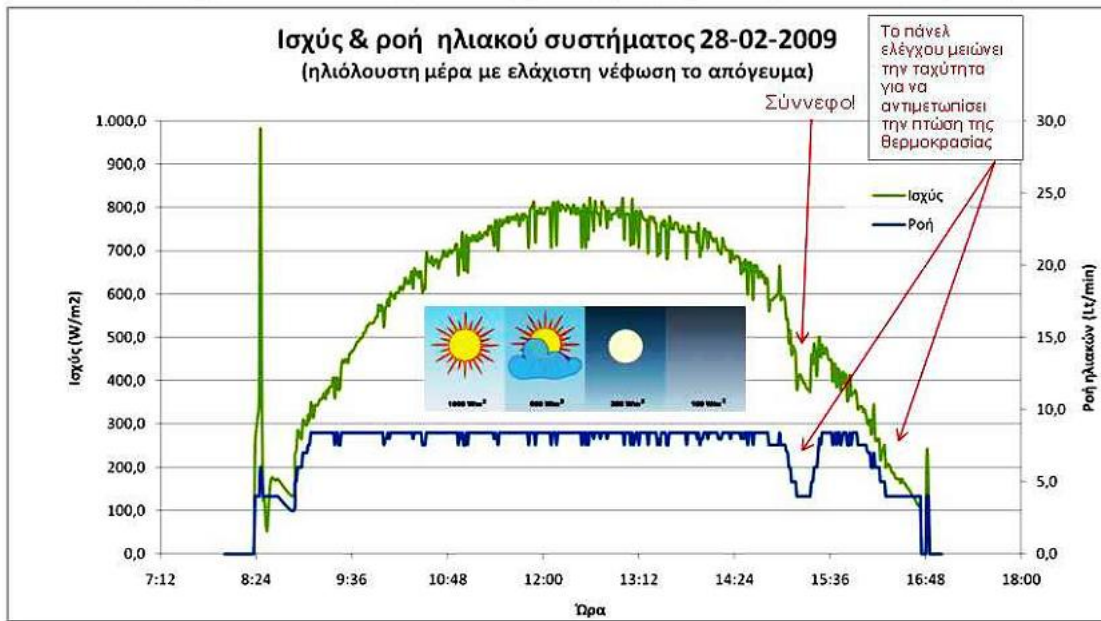
Θεωρώντας ότι ο ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία ως μέλαν σώμα, η ενεργός θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου ορίζεται από τη σχέση :

$$(4\pi L^2) G_S = (4\pi R^2) E_{b,\text{sun}} = (4\pi R^2) \sigma T_{\text{sun}}^4 \Rightarrow T_{\text{sun}} \approx 5780 \text{ K}$$



Εικόνα: Διάγραμμα ροής ενέργειας σε επίπεδο συλλέκτη. Ο συλλέκτης μετατρέπει τα 2/3 της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια.

Πραγματικό παράδειγμα ημερήσιας λειτουργίας

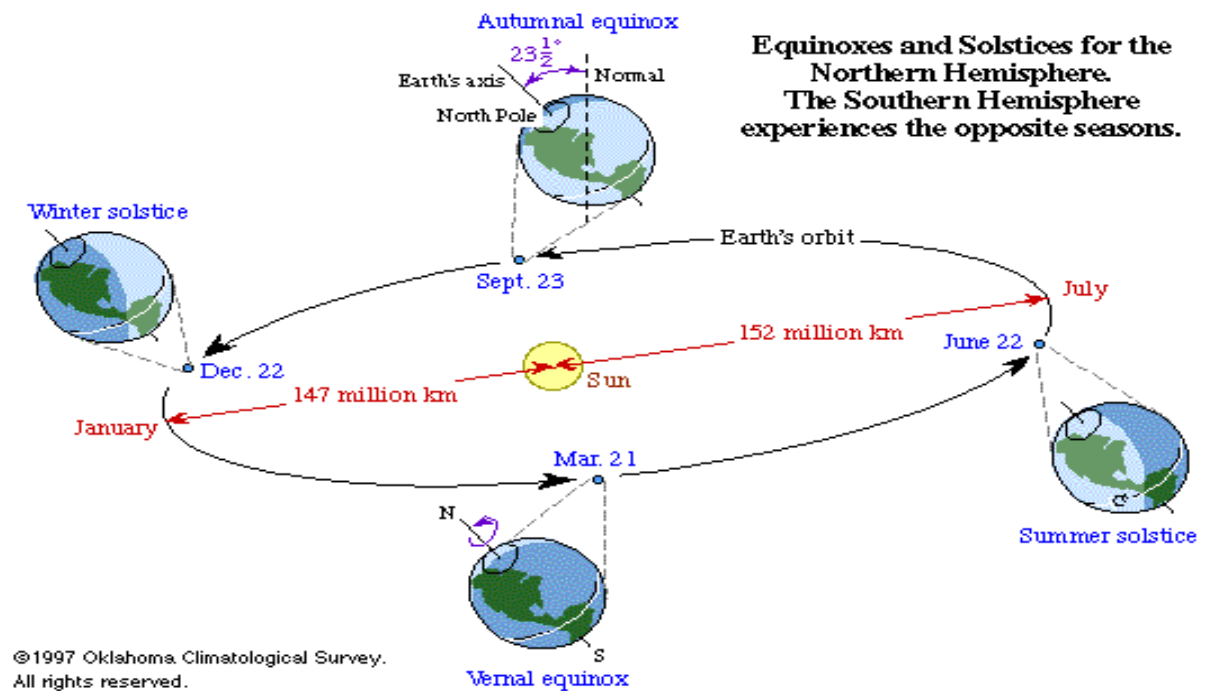


ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗ ΓΗ

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας ελαττώνεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης του τόπου από την πηγή.

$$I = \frac{I_0}{d^2}$$

I=τιμή της ακτινοβολίας στον τόπο που μετράμε
 I₀= τιμή ακτινοβολίας στη θέση της πηγή
 d = απόσταση πηγής – τόπου



Στις 3 Ιανουαρίου η γη δέχεται 7% περισσότερη ενέργεια από τις 4 Ιουλίου.

NOMΟΣ LAMBERT

$I = I_0 \cdot \sin(\gamma)$ ή $I = I_0 \cdot \eta\mu(\alpha)$ αν χρησιμοποιηθεί το ύψος του ήλιου.

Η θέση του ήλιου ή αλλιώς ύψος του ήλιου (γωνία α) καθορίζει το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας.

Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος του ήλιου τόσο πυκνότερη είναι η ηλιακή δέσμη που δέχεται ένα ανά μονάδα επιφάνειας.

Παράγοντες που επηρεάζουν το ύψος του ήλιου

Το γεωγραφικό πλάτος.

Η εποχή του έτους.

Η χρονική στιγμή της ημέρας που γίνονται οι μετρήσεις.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Για την Ελλάδα 1900 – 2300 kwh/m²

Επηρεάζεται:

α. Από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου

β. από την κλίση του άξονα περιστροφής της γης.

Η μέση ολική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια ενός έτους στον τόπο μας είναι 1400 kwh/m² και αντιστοιχεί σε κατανάλωση 160 lt πετρελαίου θέρμανσης/m². (Κρήτη 1729 kwh/m² (ενέργειας)).

Ένας επίπεδος συλλέκτης, όπως το ηλιακό αερόθερμο μετατρέπει τα 2/3 της ηλιακής ακτινοβολίας σε ωφέλιμη ενέργεια

ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Όταν η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας γίνεται με ανεξάρτητα συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν συμβατικό ενεργειακό εξοπλισμό (πχ αντλίες, κυκλοφορητές) για τη συλλογή, αποθήκευση και διανομή και γενικότερα εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, τότε τα συστήματα αυτά ονομάζονται ενεργητικά ηλιακά συστήματα.

Απαιτούνται συστήματα συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιακοί συλλέκτες) που είναι από κατασκευαστικής και λειτουργικής πλευράς πιο σύνθετα σε σχέση με τα παθητικά ηλιακά συστήματα. Επίσης σε μεγάλες εγκαταστάσεις απαιτούνται κυκλοφορητές ή αντλίες (που καταναλώνουν κάποια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας) για τη μεταφορά της θερμότητας στο δίκτυο της εγκατάστασης (παραγωγή, αποθήκευση και κατανάλωση). Επίσης προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες στον έλεγχο των επιμέρους λειτουργιών, της παραγόμενης θερμότητας, των θερμοκρασιών λειτουργίας κλπ.

Τα ενεργητικά θερμικά ηλιακά συστήματα επιτυγχάνουν μεγαλύτερα ποσοστά εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και επιτρέπουν καλύτερο έλεγχο των συνθηκών λειτουργίας και απόδοσής τους και περιλαμβάνουν:

σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας (ηλιακοί συλλέκτες)

σύστημα αποθήκευσης

βοηθητικό σύστημα παραγωγής θερμότητας

κυκλοφορητές και

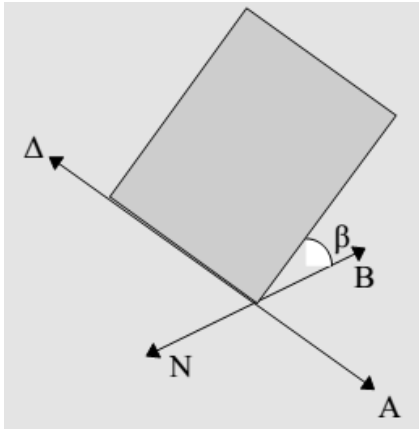
συστήματα ελέγχου σε μεγάλες εγκαταστάσεις.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών. Η επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου, εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής και το φορτίο, δηλαδή την εφαρμογή και τις επιθυμητές θερμοκρασίες. Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται στους:

επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και

συγκεντρωτικούς συλλέκτες.

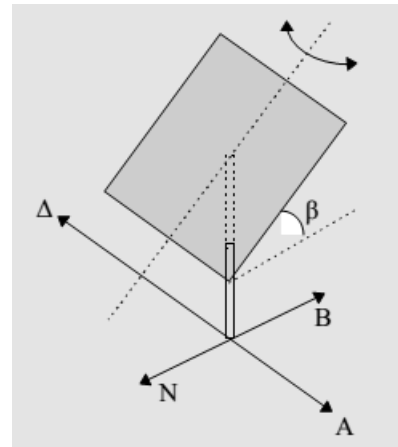
ΕΠΙΠΕΔΟΣ ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ.



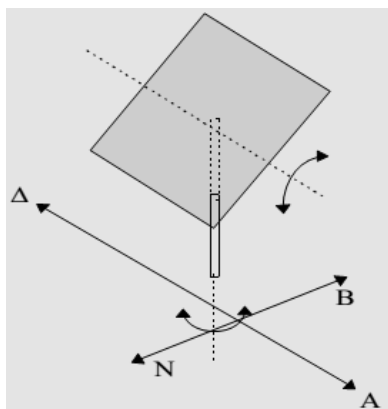
Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται με κατάλληλη κλίση " β " και προσανατολισμό, ώστε να μεγιστοποιείται η ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη, και συνήθως παραμένουν σταθεροί. Χρησιμοποιούνται για χαμηλές και μέσες θερμοκρασίες. (Εικόνα 1)

Εικόνα 1: Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, με νότιο προσανατολισμό, σταθερή κλίση.

Αν και δε συνηθίζεται, οι επίπεδοι συλλέκτες μπορούν να κινούνται για να ακολουθούν την ημερήσια πορεία του ήλιου (αζιμούθιο), με σταθερή κλίση της επιφάνειας - ένας άξονας ελευθερίας



Εικόνα 2: Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, ένα άξονα ελευθερίας (αζιμούθιο), σταθερή κλίση.



του για το διαφορετικό ηλιακό ύψος - δύο άξονες ελευθερίας (Εικόνα 3), συλλέγοντας τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία που είναι διαθέσιμη σε μια περιοχή.

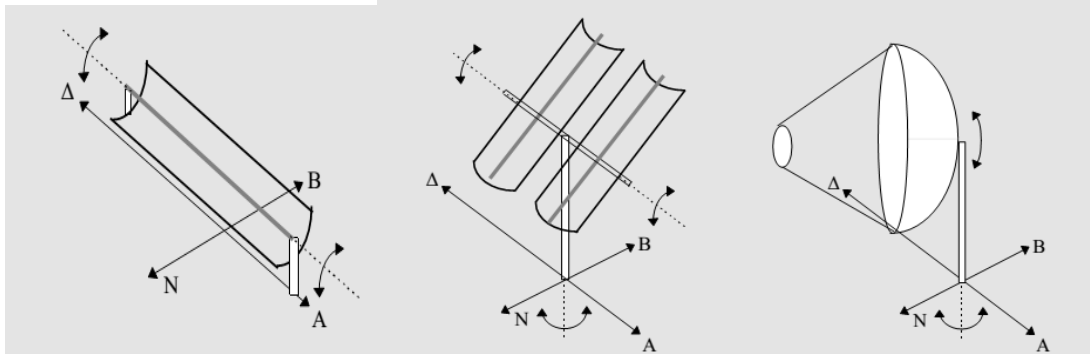
Εικόνα 3: Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης, δυο άξονες ελευθερίας (αζιμούθιο, ηλιακό ύψος).

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-1/2010 το κτήριο αναφοράς καλύπτει το 15% των αναγκών για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης με χρήση ηλιακών συλλεκτών. Ο ηλιακός συλλέκτης του κτηρίου αναφοράς είναι επίπεδος, επιλεκτικός, με μέσο ετήσιο συντελεστή ηλιακής αξιοποίησης 0,33, νότιο προσανατολισμό και συντελεστή σκίασης 1 (πλήρης απουσία σκίασης). Η βέλτιστη κλίση εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών για την Ελλάδα εξαρτάται από την εποχική χρήση:

- ✧ για ετήσια χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} \pm 5^\circ$,
- ✧ για χειμερινή χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} + 15^\circ$,
- ✧ για θερινή χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} - 20^\circ$.

Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τους ηλιακούς συλλέκτες είναι ο νότιος με μικρή απόκλιση $\pm 5^\circ$.

Όλοι οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες για να λειτουργήσουν κινούνται και ακολουθούν την πορεία του ήλιου, συγκεντρώνοντας με αντανάκλαση την άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε μια περιοχή εστίασης. Η κίνηση των συλλεκτών μπορεί να γίνεται γύρω από ένα άξονα ελευθερίας (Ει κόνα4) ή δυο άξονες ελευθερίας (Εικόνα 5).



Οι γραμμικού τύπου συγκεντρωτικοί συλλέκτες συγκεντρώνουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στους σωλήνες (όπου κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό ρευστό) που διατρέχουν το σημείο εστίασης, κατά μήκος των συλλεκτών. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες σημειακής εστίασης, συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ένα σημείο. Οι συλλέκτες έχουν συνήθως μεγάλης διαμέτρου αντανάκλαστικά κάτοπτρα. Στο δοχείο που γίνεται η εστίαση της ηλιακής ακτινοβολίας, κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό μέσο (πχ λάδι), μέσα σε σωλήνες που τοποθετούνται σε σπείρες εσωτερικά του δοχείου. Εναλλακτικά, η παραγωγή θερμικής ενέργειας και η μετατροπή της μετά σε ηλεκτρική ενέργεια, μπορεί να γίνει άμεσα χρησιμοποιώντας μια μηχανή Stirling, που τοποθετείται στο σημείο εστίασης του συλλέκτη.

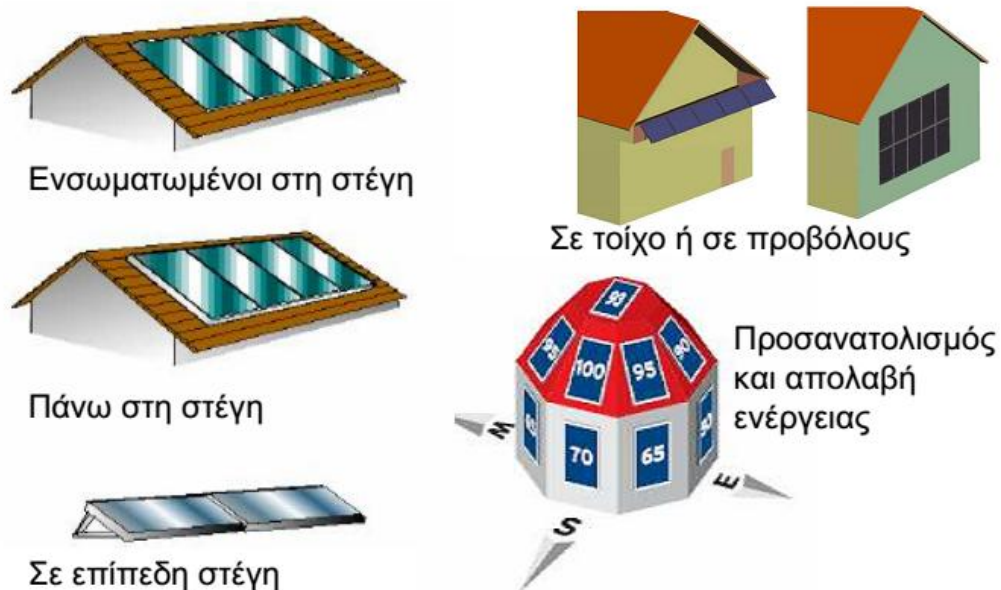
Συγκεντρώνοντας την ηλιακή ακτινοβολία, αυξάνεται σημαντικά η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που συλλέγεται, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες στις επιφάνειες εστίασης. Το μέγεθος και το κόστος παραγωγής των συγκεντρωτικών συλλεκτών είναι πολύ υψηλότερο από τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, απαιτούν πολύπλοκους μηχανισμούς κίνησης, και έχουν γενικότερα πολύ υψηλότερο κόστος συντήρησης. Οι συγκεντρωτικοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για εφαρμογές που απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες, όπως για παράδειγμα τη παραγωγή ατμού που χρησιμοποιείται σε ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες.

Επειδή η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει ημερήσια περιοδικότητα και εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες, σε κάθε εφαρμογή είναι απαραίτητο ένα σύστημα αποθήκευσης θερμότητας και ένα βοηθητικό συμβατικό σύστημα παραγωγής θερμότητας. Με τον τρόπο αυτό, αποθηκεύεται η θερμότητα που δεν απαιτείται κατά τη διάρκεια της ημέρας έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά τις περιόδους νέφωσης. Ανάλογα με το είδος και το

μέγεθος της αποθήκης θερμότητας, μπορούν να καλυφθούν ημερήσια φορτία ή ακόμη και εποχιακές ανάγκες.

Το συμβατικό σύστημα παραγωγής θερμότητας, το οποίο λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. ηλεκτρικός θερμοσίφωνας) ή λέβητα (φυσικού αερίου ή πετρελαίου), χρησιμοποιείται για να καλύπτει το φορτίο όταν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί. Για παράδειγμα, τα boiler κεντρικών εγκαταστάσεων ζεστού νερού είναι διπλής (π.χ. σύνδεση με τον ηλιακό συλλέκτη και ηλεκτρική αντίσταση) ή τριπλής ενέργειας (π.χ. σύνδεση με τον ηλιακό συλλέκτη, ηλεκτρική αντίσταση και το λέβητα).

Ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι ο πλέον συνηθισμένος τύπος συλλέκτη. Εκμεταλλεύεται την άμεση και διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και χρησιμοποιείται για εφαρμογές που απαιτούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (50-80 °C). Οι υψηλότερες αποδόσεις παρουσιάζονται όταν έχουμε υψηλά ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. αίθρια ημέρα), αλλά μπορούν να λειτουργήσουν και σε μια συννεφιασμένη ημέρα (π.χ. μόνο διάχυτη ακτινοβολία) αλλά με χαμηλότερες αποδόσεις. Η κλίση του συλλέκτη πρέπει να επιτρέπει την όσο το δυνατόν πιο κάθετη πρόσπτωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη, αυξάνοντας έτσι την ένταση της εκμεταλλεύσιμης ηλιακής ακτινοβολίας.

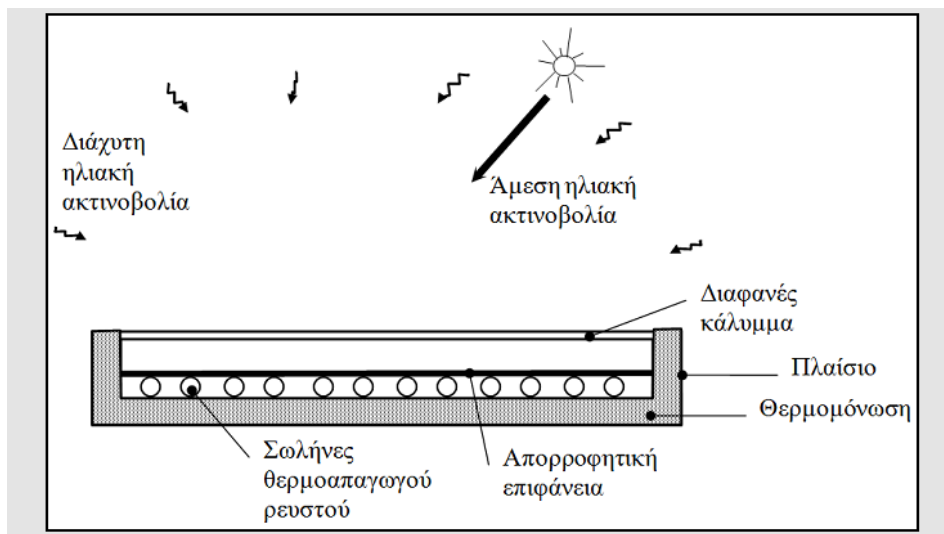


Εικόνα: Τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών

ΤΑ ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Τα βασικά τμήματα ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη είναι:

- ✧ Η απορροφητική επιφάνεια
- ✧ Το κάλυμμα
- ✧ Η θερμομόνωση του απορροφητή
- ✧ Το πλαίσιο του συλλέκτη



Εικόνα : Τομή τυπικού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για παραγωγή ζεστού νερού.

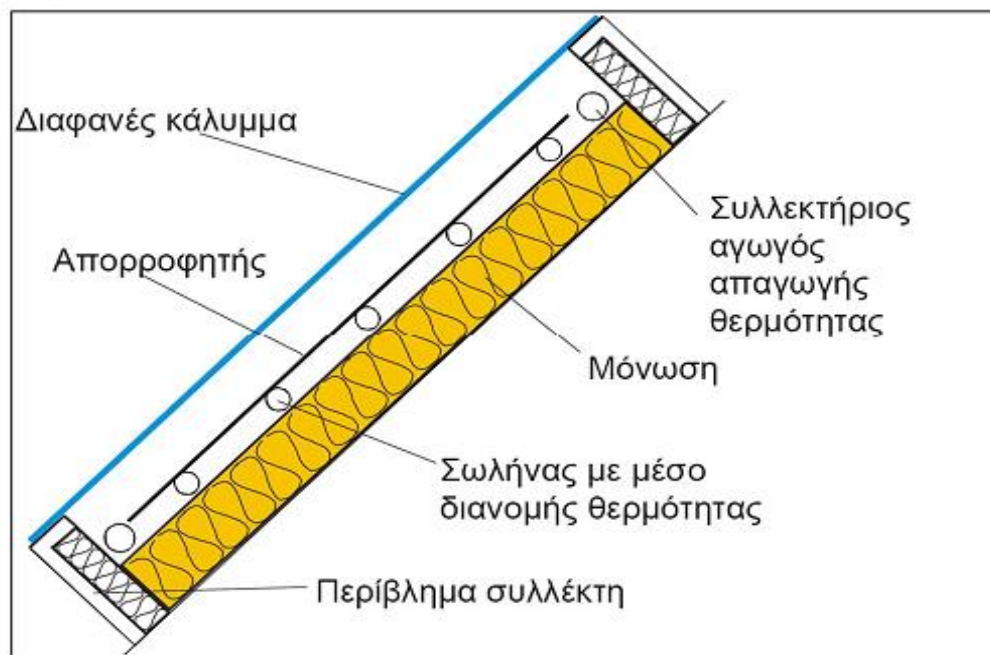
Ο απορροφητής: περιλαμβάνει την απορροφητική επιφάνεια και τους σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό ρευστό. Συνήθως χρησιμοποιείται χαλκός για τους σωλήνες και για την πλάκα απορρόφησης ή αλουμίνιο μόνο για την πλάκα απορρόφησης με επιλεκτική βαφή, προσφέροντας πολύ καλή απόδοση. Ο απορροφητής έχει μαύρο χρώμα, έτσι ώστε να μειώνονται οι ανακλάσεις στην επιφάνειά του.

Το κάλυμμα: αποτελείται από μια διαφανή επιφάνεια και λειτουργεί σαν προστατευτικό κάλυμμα και μειώνει τις θερμικές απώλειες του απορροφητήρα προς το περιβάλλον από την κύρια πλευρά του συλλέκτη. Συνήθως χρησιμοποιείται απλό τζάμι (τουλάχιστον 3mm), ενώ σε περιοχές με πολύ αντίξοες καιρικές συνθήκες μπορεί να χρησιμοποιηθεί και διπλό τζάμι για πρόσθετη μείωση θερμικών απωλειών, αν και παράλληλα μειώνεται και η διαπερατότητα του καλύμματος. Το διαφανές κάλυμμα πρέπει να είναι όσο το δυνατό διαπερατό στη μικρού κύματος ηλιακή ακτινοβολία και μη διαπερατό στη μεγάλου μήκους θερμική ακτινοβολία. Σε εφαρμογές χαμηλών θερμοκρασιών, χρησιμοποιούνται συλλέκτες χωρίς κάλυμμα

(π.χ. για θέρμανση νερού πισίνας), μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής αυτού του είδους των συλλεκτών.

Η θερμομόνωση του απορροφητή: μειώνει τις θερμικές απώλειες από την πίσω πλευρά του συλλέκτη.

Το πλαίσιο του συλλέκτη: πρέπει να είναι στεγανό και αντιδιαβρωτικό (π.χ. αλουμίνιο).



Εικόνα: Διατομή Επίπεδου Συλλέκτη

Η χρήση **απλών ηλιακών συλλεκτών χωρίς κάλυμμα και θερμομόνωση του απορροφητή** (μικρής διαμέτρου μαύροι πλαστικοί σωλήνες), αποτελεί την πλέον οικονομική κατασκευή και χρησιμοποιείται για εφαρμογές χαμηλών θερμοκρασιών (μέχρι 30°C) όπως στην περίπτωση θέρμανσης νερού για πισίνες. Η απόδοση αυτών των συλλεκτών επηρεάζεται σημαντικά από την ταχύτητα του ανέμου (αυξάνονται οι απώλειες) αφού δεν υπάρχει το προστατευτικό διαφανές κάλυμμα και δεν προσφέρονται για εφαρμογές σε περιοχές με χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος ή υψηλά θερμικά φορτία.

Ένας άλλος τύπος συλλέκτη είναι ο **επίπεδος συλλέκτης κενού**. Αποτελείται από πολλούς γυάλινους σωλήνες, κάθε ένας από τους οποίους περιέχει μια μαύρη μεταλλική ή άλλη απορροφητική επιφάνεια, από τους οποίους περνάει το θερμοαπαγωγό μέσο. Στο γυάλινο σωλήνα δημιουργείται κενό αέρος. Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά το γυαλί του σωλήνα, απορροφάται από την μαύρη επιφάνεια και η θερμότητα παγιδεύεται. Το θερμοαπαγωγό μέσο, νερό ή αέρας, που περνάει και

έρχεται σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια, απάγει την θερμότητα που έχει συλλεχθεί. Το κενό είναι πολύ καλό μονωτικό, αφού η θερμότητα από τον απορροφητήρα προς το γυάλινο κάλυμμα (και από εκεί προς το περιβάλλον) μεταδίδεται μόνο με ακτινοβολία. Συνεπώς, οι απώλειες θερμότητας των σωλήνων κενού προς το περιβάλλον είναι πολύ μικρές και ως εκ τούτου επιτυγχάνονται υψηλότερες θερμοκρασίες από άλλου τύπου συλλέκτες, ακόμη και το χειμώνα με τις χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Οι συλλέκτες κενού έχουν υψηλότερες αποδόσεις, αλλά μεγαλύτερο κόστος αγοράς.

Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα χρησιμοποιούν αέρα ως θερμοαπαγωγό ρευστό, ο οποίος από τους εσωτερικούς χώρους κυκλοφορεί μέσα στον ηλιακό συλλέκτη και αφού θερμανθεί επιστρέφει και αποδίδεται στο χώρο. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί εξωτερικός αέρας ο οποίος θερμαίνεται και αποδίδεται στους εσωτερικούς χώρους. Επίσης μπορεί να γίνει παραγωγή ζεστού νερού, παρεμβάλλοντας έναν εναλλάκτη αέρα/νερού. Οι ηλιακοί συλλέκτες αέρα δεν είναι τόσο διαδεδομένοι..

ΤΥΠΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.

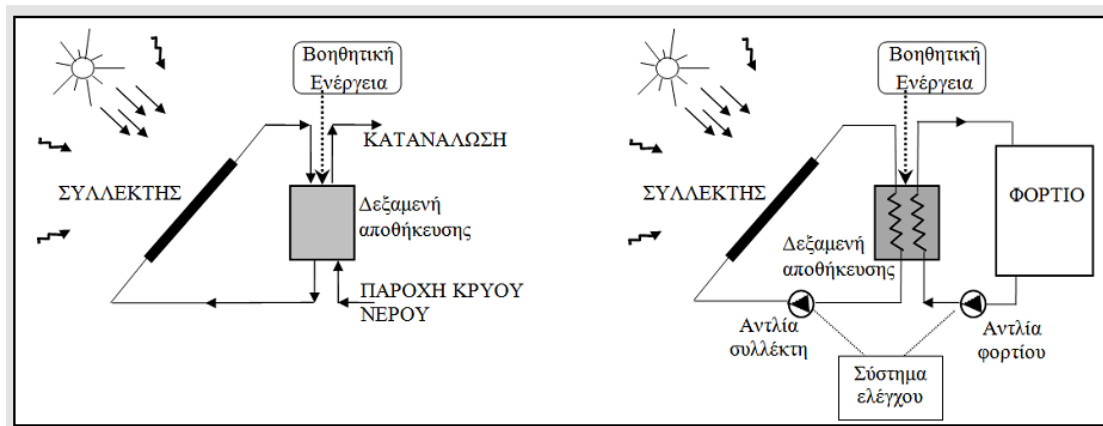
Η θέρμανση του νερού πισίνας με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών χωρίς κάλυμμα εφαρμόζεται με επιτυχία, εδώ και πολλά χρόνια. Η τοποθέτησή τους γίνεται εύκολα και έχουν μικρό σχετικά κόστος.

Για τους τυπικούς ηλιακούς συλλέκτες παραγωγής ZNX, η δεξαμενή αποθήκευσης (θερμαντήρας) τοποθετείται στο πάνω μέρος του συλλέκτη. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η κυκλοφορία του νερού που γίνεται με φυσικό τρόπο, λόγω της διαφοράς ειδικού βάρους ζεστού-κρύου νερού. Εσωτερικά τοποθετείται μια ράβδος μαγνησίου, για την προστασία του δοχείου από διαβρώσεις. Επίσης εσωτερικά συνήθως τοποθετείται και μια ηλεκτρική αντίσταση για να καλύπτει το φορτίο θέρμανσης νερού, όταν ο ηλιακός συλλέκτης δεν αποδίδει ικανοποιητικά. Ουσιαστικά δημιουργείται ένας θερμοσίφωνας (θερμαντήρας) διπλής ενέργειας (ηλιακής και ηλεκτρικής ενέργειας). Συνήθως, το δοχείο τοποθετείται στο πάνω μέρος του ηλιακού συλλέκτη, οριζόντια ή κατακόρυφα.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του συλλέκτη μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία αποδίδεται στο θερμοαπαγωγό ρευστό που κυκλοφορεί στο συλλέκτη. Το είδος του θερμοαπαγωγού ρευστού εξαρτάται από την εφαρμογή. Τα συνηθέστερα θερμοαπαγωγά ρευστά για τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες είναι το νερό (ή μίγμα νερού με άλλες ουσίες για αντιδιαβρωτική και αντιπαγετική προστασία) και ο αέρας, η κυκλοφορία του ζεστού αέρα γίνεται με φυσικό τρόπο).

Στους απλούς ηλιακούς θερμοσίφωνες, η κυκλοφορία του ζεστού νερού γίνεται με φυσικό τρόπο μεταξύ του συλλέκτη και της αποθήκης νερού (θερμοσίφωνα) και με τη διαφορά πίεσης του δικτύου προς την κατανάλωση. Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, ο έλεγχος της λειτουργίας των συστημάτων γίνεται από κάποιο είδος ηλεκτρονικών

αυτοματισμών, που ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να είναι απλές μετρήσεις της θερμοκρασίας σε επιμέρους στάδια, έτσι ώστε να ελέγχεται η λειτουργία κυκλοφορητών, ή και η ρύθμιση της κίνησης των συλλεκτών, εάν υπάρχει.



Για παράδειγμα, όταν η θερμοκρασία της δεξαμενής είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία εξόδου του ρευστού από το συλλέκτη, τότε τίθεται σε λειτουργία η αντλία του συλλέκτη και το ρευστό κυκλοφορεί μέσω της δεξαμενής αποθήκευσης. Όταν η θερμοκρασία εξόδου από το συλλέκτη είναι μικρότερη από την θερμοκρασία της δεξαμενής, τότε σταματάει η κυκλοφορία του ρευστού μέσα από το συλλέκτη. Παρόμοιοι έλεγχοι γίνονται για τη δυνατότητα άντλησης του νερού από τη δεξαμενή αποθήκευσης. Όταν η θερμοκρασία του νερού στη δεξαμενή είναι μεγαλύτερη από την επιθυμητή θερμοκρασία του φορτίου, τότε το φορτίο καλύπτεται από τη δεξαμενή. Για τις περιόδους που αυτό δεν ισχύει, τότε υπάρχει το συμβατικό σύστημα (π.χ. ηλεκτρική αντίσταση ή καυστήρας) που τίθεται σε λειτουργία για να καλύψει το φορτίο.

Η αποθήκη νερού για κεντρικές εγκαταστάσεις μπορεί να τοποθετηθεί και σε άλλο σημείο, μακριά από το σημείο συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. στο υπόγειο). Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται αντλία, για να κυκλοφορεί το θερμοαπαγωγό μέσο έτσι ώστε να μεταφερθεί η συλλεγόμενη θερμότητα και να αποδοθεί στη δεξαμενή αποθήκευσης. Απαιτείται επίσης σύστημα αυτοματισμού και ελέγχου της λειτουργίας. Το boiler είναι διπλής ενέργειας (π.χ. με ηλεκτρική αντίσταση για παραγωγή ζεστού νερού όταν η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί) ενώ μπορεί να συνδεθεί και με το λέβητα (τριπλής ενέργειας).

Τα δίκτυα διανομής ZNX διαθέτουν θερμομόνωση σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις της TOTEE 20701-1/2010. Επίσης, το μήκος των σωληνώσεων πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο για να μειωθούν οι όποιες απώλειες θερμότητας από τους σωλήνες κυκλοφορίας του ρευστού.

Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες νερού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με ένα κεντρικό σύστημα θέρμανσης χώρων, που συνδέεται με ένα υποδαπέδιο σύστημα ή μονάδες στοιχείων ανεμιστήρα (fancoils), όπου απαιτούνται χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου $40\div 45^{\circ}\text{C}$).

ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος από έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, είναι η διαφορά του ποσού της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τον απορροφητήρα και των απωλειών ενέργειας στο περιβάλλον. Ο υπολογισμός της ωφέλιμης θερμικής ισχύος δίνεται από τη σχέση:

Κέρδη Απώλειες

$$Q = A_c \cdot G_T \cdot F_R (\tau\alpha)_n - A_c \cdot F_R U_L \cdot (T_{\text{εισ}} - T_a)$$

όπου:

"Q" ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (W)

"A_c" επιφάνεια συλλέκτη (m²)

"G_T" πυκνότητα ισχύος της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη (W/m²)

"F_R" συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη

"τ" διαπερατότητα του διαφανούς καλύμματος του συλλέκτη στην ηλιακή ακτινοβολία

"α" απορροφητικότητα του απορροφητήρα στην ηλιακή ακτινοβολία

"U_L" συνολικός ισοδύναμος συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη (W/m² / °C)

"T_{εισ}" θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη (°C)

"T_a" θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)

Οι συντελεστές "(τα)_n" με δείκτη "n", αναφέρονται σε επίπεδο κάθετο στις ακτίνες του ήλιου.

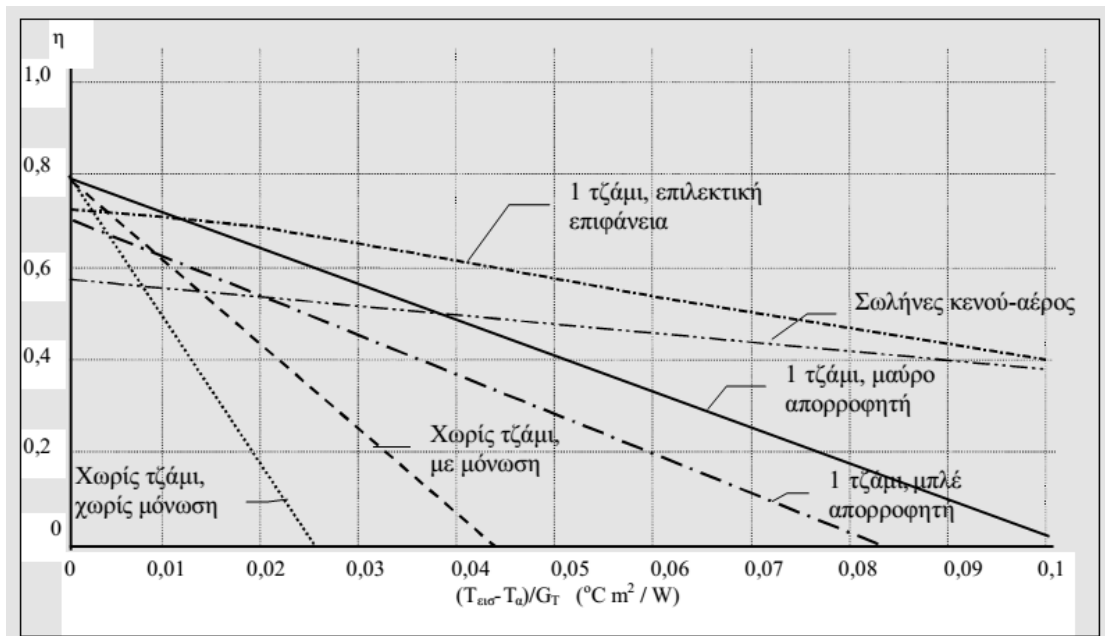
Οι τιμές των χαρακτηριστικών παραμέτρων ενός συλλέκτη (F_R(τα)_n και F_RU_L) προκύπτουν από τις δοκιμές απόδοσης και πιστοποίησης του συγκεκριμένου συλλέκτη από αναγνωρισμένο εργαστήριο δοκιμών (πχ Κέντρο Δοκιμών Ηλιακών Συλλεκτών του Δημόκριτου).

Τύπος	Περιγραφή	$F_R(\tau\alpha)_n$	$F_R U_L$ [W/m ² ·°C]
I	Μαύρο χρώμα, ένα τζάμι	0,82	7,50
II	Μαύρο χρώμα, δύο τζάμια ή επιλεκτική επιφάνεια με ένα τζάμι	0,75	5,00
III	Σωλήνες κενού	0,45	1,25
IV	Πλαστικός συλλέκτης χωρίς τζάμι και μόνωση (ταχύτητα ανέμου 2,2m/sec)	0,86	21,50

Ως βαθμός απόδοσης του ηλιακού συλλέκτη, ορίζεται ο στιγμιαίος βαθμός απόδοσής του, για δεδομένη τιμή έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και εξωτερική θερμοκρασία. Η στιγμιαία απόδοση ενός επίπεδου ηλιακού συλλέκτη υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{Q}{A_c \cdot G_T} = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_n - F_R \cdot U_L \cdot \frac{(T_{εισ} - T_a)}{G_T}$$

Αν ο συντελεστής U_L υποθέσουμε ότι παραμένει σταθερός, τότε η απόδοση του συλλέκτη σε συνάρτηση με το πηλίκο $(T_{εισ} - T_a)/G_T$ είναι μια γραμμική σχέση, με κλίση $-F_R U_L$. Η ευθεία τέμνει τον y- άξονα στο σημείο $F_R(\tau\alpha)_n$. Χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης διαφόρων τύπων συλλεκτών παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Η αποδοτικότητα του συλλέκτη μειώνεται όσο αυξάνεται η διαφορά θερμοκρασίας της απορροφητικής επιφάνειας και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος επειδή αυξάνονται οι θερμικές απώλειες

Ιδιότητες επιφάνειας κάλυψης

1. Μεγάλη διαπερατότητα στο ορατό ($0,24 < \lambda < 2,5$) μm
2. Μικρή διαπερατότητα στο υπέρυθρο ($\lambda > 2,5$) μm
3. Μικρή ανακλαστικότητα ($r \rightarrow 0$)
4. Μικρό συντελεστή θερμικής αγωγής

Ιδιότητες συλλεκτικής επιφάνειας

1. Μεγάλη απορροφητικότητα ($\alpha \rightarrow 1$)
2. Αποτελεσματική μετάδοση θερμότητας στο ρευστό ($f \rightarrow 1$)
3. Μικρό συντελεστή θερμικής εκπομπής ($\epsilon \rightarrow 0$)
4. Μικρές θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον
5. Ανθεκτικότητα στη διάβρωση

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η αγωγή και η μεταφορά δεν περιγράφουν όλους τους μηχανισμούς ανταλλαγής θερμότητας. Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι δυνατή ακόμη και όταν δεν υπάρχει υλικό μέσο μεταξύ των συστημάτων που ανταλλάσσουν θερμότητα. Ενέργεια με ακτινοβολία μεταφέρεται σε όλο το εύρος του φάσματος ή των μηκών κύματος ($\lambda = c / \nu$, c : η ταχύτητα του φωτός, ν : η συχνότητα). Γενικά θεωρείται ότι η θερμική ακτινοβολία που συμβάλει ουσιαστικά στην ανταλλαγή θερμότητας αντιστοιχεί στην περιοχή του φάσματος από 10-1 έως 102 μm . Τα φαινόμενα μεταφοράς ενέργειας με ακτινοβολία περιγράφονται από την θεωρία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και την θεωρία των κβάντα.

ΟΡΙΣΜΟΙ

Ισχύς εκπομπής είναι η θερμική ενέργεια που εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια, ανά μονάδα χρόνου και εμβαδού. Η συνολική ημισφαιρική ισχύς εκπομπής, E , μιας επιφάνειας αναφέρεται στο σύνολο της εκπεμπόμενης ενέργειας προς όλες τις διευθύνσεις και σε όλα τα μήκη κύματος. Η μονοχρωματική ισχύς εκπομπής (ημισφαιρική, δηλαδή αγνοώντας διαφοροποιήσεις ως προς τη διεύθυνση), E_λ , είναι η ισχύς εκπομπής σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος λ

$$E = \int_0^{\infty} E_\lambda d\lambda$$

Πρέπει να σημειωθεί ότι η E αναφέρεται μόνο σε πρωτογενή εκπομπή και δεν περιλαμβάνει φαινόμενα ανάκλασης κ.λ.π.

Συνολική ακτινοβολούμενη ισχύς J είναι η συνολική θερμική ενέργεια που εγκαταλείπει μια επιφάνεια (ανά μονάδα χρόνου και εμβαδού)

συμπεριλαμβάνει δηλαδή την εκπεμπόμενη και την ανακλώμενη ενέργεια. Αντίστοιχα ορίζεται η μονοχρωματική συνολική ακτινοβολούμενη ισχύς J_λ .

$$J = \int_0^{\infty} J_\lambda d\lambda$$

Συνολική προσπίπτουσα ισχύς G είναι η συνολική θερμική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια από όλες τις διευθύνσεις (ανά μονάδα χρόνου και εμβαδού). Αντίστοιχα ορίζεται η μονοχρωματική συνολική προσπίπτουσα ισχύς G_λ και

$$G = \int_0^{\infty} G_\lambda d\lambda$$

Ιδιότητες επιφανειών

συντελεστής ανάκλασης	$\rho =$	ποσοστό ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια σε όλα τα μήκη κύματος
μονοχρωματικός συντελεστής ανάκλασης	$\rho_\lambda =$	ποσοστό ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια σε μήκος κύματος λ
συντελεστής απορρόφησης	$\alpha =$	ποσοστό ακτινοβολίας που απορροφάται από την επιφάνεια σε όλα τα μήκη κύματος
μονοχρωματικός συντελεστής απορρόφησης	$\alpha_\lambda =$	ποσοστό που απορροφάται σε μήκος κύματος λ
συντελεστής διαπερατότητας	$\tau =$	ποσοστό που διαπερνά την επιφάνεια σε όλα τα λ
μονοχρωματικός συντελεστής διαπερατότητας	$\tau_\lambda =$	ποσοστό που διαπερνά την επιφάνεια σε συγκεκριμένο μήκος κύματος λ

Απορροφητική ικανότητα υλικών (α)

Όταν μια ποσότητα ακτινοβολίας προσπίπτει σ' ένα σώμα τότε ένα μέρος της απορροφάται και το υπόλοιπο ανακλάται. Το τμήμα που απορροφήθηκε περνά μέσα από το σώμα και αλλάζει μήκος και ταχύτητα. Η ποσότητα που απορροφάται είναι ανάλογη με τον δείκτη διάθλασης του σώματος. Το ποσοστό της απορροφημένης ενέργειας ονομάζεται απορροφητική ικανότητα του υλικού.

Αντανακλαστική ικανότητα (τ)

Το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται από το σώμα που λέγεται αντανακλαστική ικανότητα του υλικού (τ).

Συντελεστής Μεταφοράς (t)

Το ποσοστό ακτινοβολίας που διαπερνά το σώμα λέγεται συντελεστής μεταφοράς (t).
Ισχύει η σχέση: $\alpha + \tau + t = 1$

Ισχύει επίσης:

Οι συντελεστές τ , εξαρτώνται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, τη φύση και το είδος της επιφάνειας του σώματος

Αν σε ένα σώμα $\alpha = 1$ (όλη η προσπίπτουσα απορροφάται) τότε λέγεται μέλαν σώμα.

Αν σε ένα σώμα ισχύει $\alpha = 0$ για όλα τα μήκη κύματος της π.μ. ακτινοβολίας, τότε το σώμα ονομάζεται λευκό.

Γενικά οι συντελεστές εξαρτώνται από τις ιδιότητες της επιφάνειας (σύνθεση, τραχύτητα κ.λ.π.) και από τη θερμοκρασία της. Οι συνολικές ιδιότητες εξαρτώνται επιπλέον από την φασματική κατανομή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Θερμικά διαφανή υλικά (π.χ. αέρας) $\tau = 1, \alpha = \rho = 0$

Αδιαφανή υλικά (π.χ. τα περισσότερα στερεά) $\tau = 0, \alpha + \rho = 1$

Από τους ορισμούς για τις ισχύες προκύπτει

Ένταση ακτινοβολίας

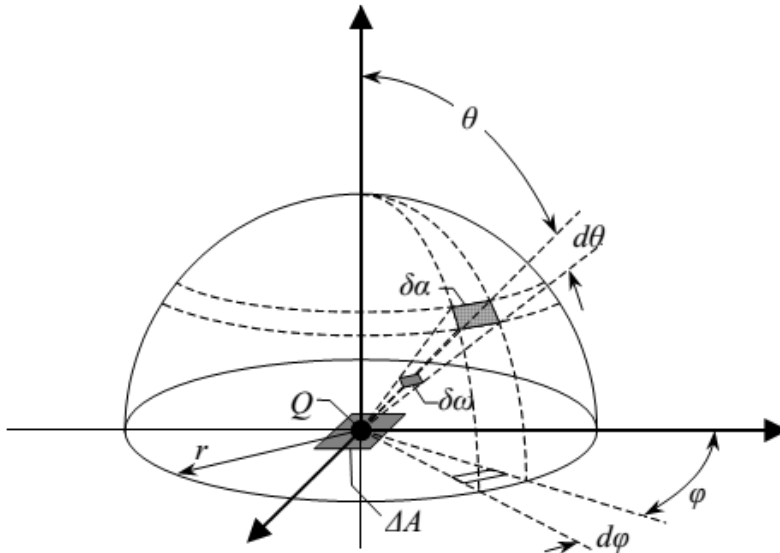
Δq ο ρυθμός με τον οποίο ενέργεια ακτινοβολίας (εκπεμπόμενη και ανακλώμενη) εγκαταλείπει την εκπέμπουσα επιφάνεια ΔA

Μέση θερμική ροή που εγκαταλείπει την ΔA

$$f_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta A}$$

Η ροή στη σημειακή πηγή Q

$$f_Q = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta A}$$



Ένταση ακτινοβολίας στο στοιχείο δα λόγω της ακτινοβολίας από ΔΑ

Το ύψος του ήλιου

Η μέγιστη ένταση ανά μονάδα επιφάνειας προκύπτει όταν οι ακτίνες είναι κάθετες στην επιφάνεια.

Ζενίθια απόσταση είναι η γωνία (γ) που σχηματίζουν οι ακτίνες με την κατακόρυφο του τόπου

$$I_{\delta a / \Delta A} = \frac{\delta(\Delta q)}{\delta\omega(\Delta A \cos \theta)} \quad (\text{στερεά γωνία } \delta\omega = \frac{\delta a}{r^2})$$

Λόγω ακτινοβολίας από σημειακή πηγή Q

$$I_{\delta a / Q} = \frac{\delta f}{\delta\omega} \cdot \frac{1}{\cos \theta} = \frac{\delta f}{\delta a} \cdot \frac{r^2}{\cos \theta}$$

Η ένταση στο σημείο P λόγω ακτινοβολίας από Q

$$I = \frac{df}{d\omega} \cdot \frac{1}{\cos\theta} = \frac{df}{d\alpha} \cdot \frac{r^2}{\cos\theta}, \quad \left(df = I \cos\theta \frac{d\alpha}{r^2} \right)$$

Η συνολική θερμική ροή στο Q μπορεί να προσδιοριστεί ολοκληρώνοντας στο ημισφαίριο (h) ως

$$f = \int_h I \cos\theta d\omega$$

$$d\omega = \frac{d\alpha}{r^2} = \frac{rd\theta(r\sin\theta d\varphi)}{r^2} = \sin\theta d\varphi d\theta \Rightarrow f = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I \sin\theta \cos\theta d\theta d\varphi$$

Γενικά $I = I(\theta, \phi)$.

Για διάχυτη ακτινοβολία $I = ct$

άρα

$$f = I \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \sin\theta \cos\theta d\theta d\varphi = I\pi$$

Για πρωτογενή εκπομπή

$$E = f(I_e)$$

και για διάχυτη εκπομπή

$$E = \pi \cdot I_e$$

Για τη συνολική ακτινοβολούμενη ισχύ αντίστοιχα

$$J = f(I_{e+r})$$

και για διάχυτη εκπομπή και ανάκλαση

$$J = \pi \cdot I_{e+r}$$

Επίσης μπορεί να προσδιοριστεί και η προσπίπτουσα ισχύς με βάση την ένταση στο ημισφαίριο

$$G = \int_h I_i(\theta, \varphi) \cos \theta d\omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_i(\theta, \varphi) \sin \theta \cos \theta d\theta d\varphi$$

Και για διάχυτη προσπίπτουσα ακτινοβολία

$$G = \pi I_i$$

Αντίστοιχες σχέσεις μπορούν να γραφούν και τις μονοχρωματικές ποσότητες.

Μέλαν σώμα ή επιφάνεια ορίζεται η επιφάνεια που απορροφά όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος (δηλαδή $\alpha_\lambda = \alpha = 1$ ή $\rho_\lambda = \rho = 0$). Το μέλαν σώμα εκπέμπει αποκλειστικά πρωτογενή ακτινοβολία, E_b , που εξαρτάται μόνο από την θερμοκρασία του. (Παράδειγμα: ισοθερμοκρασιακή κοιλότητα με μικρό άνοιγμα)

NOMOS STEFAN BOLTZMANN

$$E_b = \sigma T^4$$

Μετάδοση θερμότητας και υπολογισμός του U

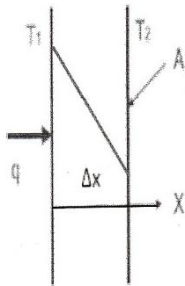
Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας πρέπει πρώτα να παρουσιαστούν μερικές βασικές γνώσεις για την μετάδοση θερμότητας.

Μετάδοση θερμότητας με αγωγή

Η ροή θερμότητα q (W/m^2) μέσω μίας πλάκας, γίνεται με τον νόμο του Φουρριέ:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\lambda}{\Delta x} (T_1 - T_2)$$

ήτοι η ροή θερμότητας είναι ανάλογη προς την θερμική αγωγιμότητα του υλικού λ σε $W/(m \cdot ^\circ C)$ και αντιστρόφως ανάλογη με το πάχος της οριζόντιας πλάκας Δx (m).



Η θερμική αγωγιμότητα είναι υψηλή στα υλικά τα οποία αποκαλούνται «θερμικά αγωγιμα», όπως είναι τα μέταλλα και είναι χαμηλή στα υλικά που αποκαλούνται «θερμομονωτικά».

Σε ένα υλικό ομοιογενές, η αγωγιμότητα λ είναι σταθερή. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφεί ως:

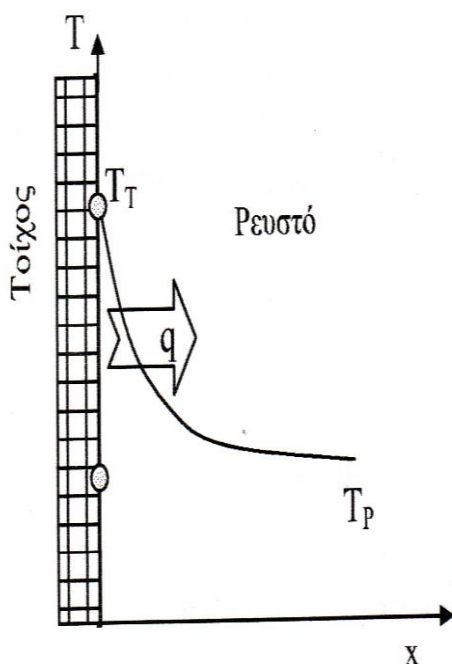
$$\dot{q} = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Όπου $\Delta T = T_1 - T_2$ και Δx το πάχος του υλικού που αντιστοιχεί στην θερμοκρασιακή μεταβολή ΔT .

Ο ανωτέρω νόμος της εξίσωσης δύναται να γραφεί κατ' αναλογία με τον νόμο του Ωμ για το συνεχές ρεύμα: πτώση τάσεως (ΔV) = ένταση ρεύματος (I) x Αντίσταση (R) ως εξής:

$$\Delta T = -\dot{q} \frac{\Delta x}{\lambda} = -\dot{q} R$$

Όπου R καλείται θερμική αντίσταση και είναι το αντίστροφο της θερμοπερατότητας αγωγής: $R=1/U_A$ όπου $U_A=\lambda/\Delta x$ θερμοπερατότητα αγωγής.



Μετάδοση θερμότητας με συναγωγή

Η περίπτωση της συναγωγής αφορά την περίπτωση μεταφοράς θερμότητας από ένα στερεό σώμα προς ένα ρευστό σώμα (υγρό ή αέριο) και αντιστρόφως. Όταν ένα ρευστό μέσο (π.χ. αέρας περιβάλλοντος) θερμοκρασίας T_P έρχεται σε επαφή με στερεό μέσο (π.χ. τοίχο) θερμοκρασίας T_T και εάν $T_T > T_P$, τότε θα αρχίσει αμέσως μια μεταφορά θερμότητάς q από τον τοίχο προς

το ρευστό. Η θερμοκρασία του ρευστού πλησίον του τοίχου, θα αρχίσει να μεταβάλλεται σταδιακά, από T_P σε T_T .

Ο ρυθμός μετάδοσης θερμότητας q είναι ανάλογος της διαφοράς θερμοκρασίας:

$$\dot{q} = \dot{Q} / A = h (T_T - T_P)$$

Ο συντελεστής αναλογίας h καλείται συντελεστής συναγωγής και έχει μονάδες $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$. Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται κυρίως από την κίνηση αλλά και την μέση θερμοκρασία του ρευστού πλησίον του τοίχου η οποία λαμβάνεται προσεγγιστικά ίση με $(T_P + T_T)/2$.

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις κίνησης του ρευστού:

α) Η φυσική κυκλοφορία, κατά την οποία ενώ μακριά, από τον τοίχο το ρευστό είναι στάσιμο, πλησίον του τοίχου κινείται ελαφρώς προς τα πάνω όταν $T_T > T_P$ λόγω φαινομένων θερμικής άνωσης, η προς τα κάτω όταν $T_T < T_P$ και το ρευστό ψύχεται από τον τοίχο και κρύνει και βαραίνει, διότι η πυκνότητα ενός ρευστού αυξάνει όσο μειώνεται η θερμοκρασία του.

β) Η εξαναγκασμένη κυκλοφορία, κατά την οποία το ρευστό κινείται λόγω εξωτερικών διαφορών πίεσεως.

Στην επίπτωση κτιρίων, ο εξωτερικός αέρας κινείται λόγω διάφορων βαρομετρικών πιέσεων με πιέσεων, ενώ ο εσωτερικός είναι σε κατάσταση ηρεμίας. Έτσι ο συντελεστής συναγωγής θερμότητας στο εξωτερικό ενός τοίχου h_a είναι της τάξεως των $20 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ έναντι $h_i = 5 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ στο εσωτερικό ενός τοίχου, εκεί που ο αέρας είναι στάσιμος.

Κατ' αναλογία με τον νόμο του Ωμ η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφεί ως:

$$(T_T - T_P) = \dot{q} / h = q \cdot R_\Sigma$$

Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

Όταν ένα σώμα είναι θερμό, τότε εκπέμπει θερμότητα προς το περιβάλλον του με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία τόσο στον φάσμα ορατού φωτός με μήκη κύματος από 0,4 έως 0,7 μm , στο φάσμα της σχεδόν υπέρυθρης ακτινοβολίας (από 0,7 έως 25 μm) η στην περιοχή της υπέρυθρης (25 έως 1000 μm).

Όταν ένα σώμα είναι μαύρο καλείται μέλαν σώμα. Αυτό έχει την ιδιότητα να απορροφά όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία στην επιφάνεια του, ανεξαρτήτως μήκους κύματος. Το μέλαν σώμα, για ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασία στην

επιφάνεια του T, εκπέμπει θερμική ακτινοβολία, το μέτρο της οποίας για όλα τα εκπεμπόμενα μήκη κύματος εκτιμάται ως εξής:

$$q = Q/A = \sigma T^4$$

Όπου η θερμοκρασία T_a δίδεται σε βαθμούς Κέλβιν :

$$T \text{ (Κέλβιν)} = T \text{ (Κελσίου)} + 273,15$$

και σ είναι ο συντελεστής StefanBoltzman με τιμή $5,7 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

Τα περισσότερα σώματα όταν εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία δεν συμπεριφέρονται ακριβώς ως μέλανα σώματα αλλά ως φαιά σώματα (γκρίζα). Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση 12 τροποποιείται με την εισαγωγή του συντελεστή εκπομπής ε:

$$q = Q/A = \varepsilon \sigma T^4$$

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

η οποία καλείται, και Νόμος του Fourier, προς τιμή του Γάλλου μαθηματικού και φυσικού, ο οποίος, την παρουσίασε το 1822.

Πίνακας 1.1: Τοπικές χαρακτηριστικές τιμές k υλικών

Υλικό	k
Υγρά μέταλλα	0.004 – 0.03
Αέρια	0.7 – 1.0
Νερό	1.7 – 13.7
Μέταλλα	3 – 450
Μονωτικά υλικά	0.001 – 0.07
Δομικά υλικά	0.2 – 1.1

Ο όρος, dT/dx , είναι η πρώτη παράγωγος της θερμοκρασίας ως προς τη χωρική μεταβολή x, η αλλιώς η θερμοκρασιακή κλίση. Το αρνητικό πρόσημο της εξίσωσης είναι η συνέπεια του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου, όπου εξασφαλίζει, ότι η θερμότητα μεταφέρεται, κατά αντίθετη κατεύθυνση, με τη θερμοκρασιακή κλίση.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ

Στην παρούσα πτυχιακή επιλέξαμε να ασχοληθούμε με την κατασκευή ενός θερμικού ηλιακού συστήματος, το οποίο θα απορροφάει την ηλιακή ενέργεια. Η διάταξη μπορεί να μεταφέρει θερμική ενέργεια στο εσωτερικό μιας κατοικίας με τη βοήθεια του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος θα περνά από το εσωτερικό της κατασκευής, θα διοχετεύεται στους χώρους που είναι προς θέρμανση και θα επιστρέφει στο εσωτερικό του συλλέκτη.

Θεωρούμε ότι είναι επιτακτική ανάγκη η κατασκευή ενός συστήματος θέρμανσης φιλικότερου προς το περιβάλλον και αυτό γιατί τα τελευταία χρόνια, όπως έχουμε προαναφέρει, επιβαρύνουμε υπερβολικά την ατμόσφαιρα με την χρήση συστημάτων θέρμανσης που χρησιμοποιούν τα ξύλα (Οι περιπτώσεις αιθαλομίχλης είναι πολύ συχνές). Αλλά και λόγω της αύξησης του πετρελαίου.

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή ενός ηλιακού αερόθερμου για την παραγωγή ζεστού αέρα, για τη θέρμανση χώρων.

Ιδιαίτερα, το αντικείμενο αυτής της κατασκευής εστιάζεται στα ηλιακά θερμικά συστήματα και στις εφαρμογές τους, όπως π.χ. ηλιακοί θερμοσίφωνες, ξήρανση φυτών.

Με την εργασία αυτή θα θέλαμε ο αναγνώστης να μπορέσει να καταλάβει την εφαρμογή της συγκεκριμένη κατασκευής. Το πρώτο, λοιπόν, μέρος είναι το θεωρητικό, όπου εξηγούνται οι βασικές έννοιες και παραμέτροι της ηλιακής ακτινοβολίας και του ποσοστού της θερμικής ενέργειας που φτάνει στους ηλιακούς συλλέκτες. Επίσης, παρουσιάζεται το τυπολόγιο και οι σχέσεις υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης. Το δεύτερο μέρος αποτελεί το πρακτικό τμήμα. Στο σημείο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία της συγκεκριμένης κατασκευής.

ΤΜΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ

Το ηλιακό αερόθερμο αποτελείται από διάφορα τμήματα. Παρακάτω θα τα παρουσιάσουμε αναλυτικά:

1. Το κύριο σώμα, το τμήμα αυτό αποτελείται από την πλάτη και τα πλαϊνά. Είναι κατασκευασμένο από flatπάνελ πάχους 4 cm, με συντελεστή θερμικής διαπερατότητας $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$, χρώματος λευκού, η επιλογή του χρώματος έγινε για λόγους αισθητικής. Εσωτερικά χρησιμοποιήθηκαν στην μεγαλύτερη επιφάνεια του ειδικά επεξεργασμένα τεμάχια για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και την απόδοση της στο ρευστό που κινείται κάτω από τα ειδικά τεμάχια. Συνολικά 22 τεμ. τύπου Π με διαστάσεις $3 \times 4 \times 3$, όπου έχουν τοποθετηθεί από την αρχή της εισόδου με οριζόντια τοποθέτησης το τέλος του συντελεστή.
2. Τα σημεία εισόδου, εξόδου καλύπτονται με επίπεδη λαμαρίνα.
3. Το εσωτερικό είχε επεξεργαστεί κατάλληλα για την τελική βαφή με μαύρο ματ χρώμα.
4. Η επιφάνεια καλύπτεται από δύο τζάμια πάχους 3mm και επιφάνειας 1 m^2 , η επιφάνεια των υαλοπινάκων από την επιφάνεια απορρόφησης απέχει 10cm.
5. Οι βάσεις στήριξης είναι από την εταιρεία Alumil, είναι κατάλληλα επεξεργασμένες ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα ελεύθερης επιλογής κλίσης.
6. Υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης του στο έδαφος με την χρήση του αυτοσχέδιου άγκιστρου, το οποίο διαθέτει κατάλληλες οπές ώστε να προσαρμόζεται ο ηλιακός μας συλλέκτης. Αυτά χρησιμοποιήθηκαν κατά το πειραματικό στάδιο στο Φωτοβολταϊκό Πάρκο του ΑΤΕΙ Ηρακλείου.
7. Το κύριο σώμα στην πίσω όψη διαθέτει μια τομή για να γίνεται η είσοδος του αέρα διαστάσεων $75 \times 5 \text{ cm}$ και παροχή εξόδου από PVC, διατομής $\Phi 100$.
8. Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας κατασκευάστηκε ένας θερμοθάλαμος, χρησιμοποιήθηκε για την σταθεροποίηση της θερμοκρασίας εισόδου, έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα επιλογής συγκεκριμένων θερμοκρασιών εισόδου

ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία περνάει από το διάφανο κάλυμμα και φτάνει στον ηλιακό συλλέκτη, των σκουρόχρωμων επιφανειών. Αυτοί με την σειρά τους την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια. Η Θερμική ενέργεια μεταφέρεται στο χώρο με τον αέρα που περνάει από τον συλλέκτη με την βοήθεια ενός πολύ μικρού ανεμιστήρα. Ο αέρας επανακυκλοφορεί από το χώρο μέσα στη συσκευή, αφού πρώτα φιλτραριστεί για να καθαριστεί από τα αιωρούμενα σωματίδια και την σκόνη.

Στην περίπτωση που χρειαζόμαστε φρέσκο αέρα ταυτόχρονα με τη θέρμανση ανοίγουμε τη θυρίδα εισαγωγής φρέσκου αέρα σε όποιο ποσοστό θέλουμε από 0 – 100%.

ΧΩΡΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ

Το ηλιακό αερόθερμο είναι κατάλληλο για:

- ✧ Θέρμανση Κατοικιών
- ✧ Θέρμανση Επαγγελματικών χώρων
- ✧ Ξήρανση φυτών και φρούτων

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ

Κατά την κατασκευή του ηλιακού αερόθερμου χρησιμοποιήσα μια σειρά από εργαλεία. Αυτά ήταν τα παρακάτω:

1. Γωνιακός τροχός χειρός
2. Σταθερός τροχός κοπής
3. Βιδολόγος σταθερός
4. Πάγκος συναρμολόγησης
5. Πιστόλι σιλικόνης
6. Γωνία
7. Κατσαβίδια χειρός
8. Ηλεκτρικό τρυπάνι
9. Τρυπάνι σιδήρου
10. Ποτηροτρύπανο
11. Στράντζα

ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟ.

Εκτός από τα εργαλεία στην κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν και μια σειρά από διάφορα υλικά. Αυτά αναφέρονται επιγραμματικά παρακάτω:

1. Θερμομονωτικά πετάσματα λευκό
2. Αφρός πολυουρεθάνης
3. Αυτοδιάτρητες βίδες
4. Στράντζαριστό σίδηρο γαλβανιζέ
5. Λαμαρίνα γαλβανιζέ
6. Λαμαρίνα λευκή
7. Χρώμα ματ μαύρο
8. Τζάμι
9. Σιλικόνη πυράντοχη
10. Σιλικόνη διάφανη

ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

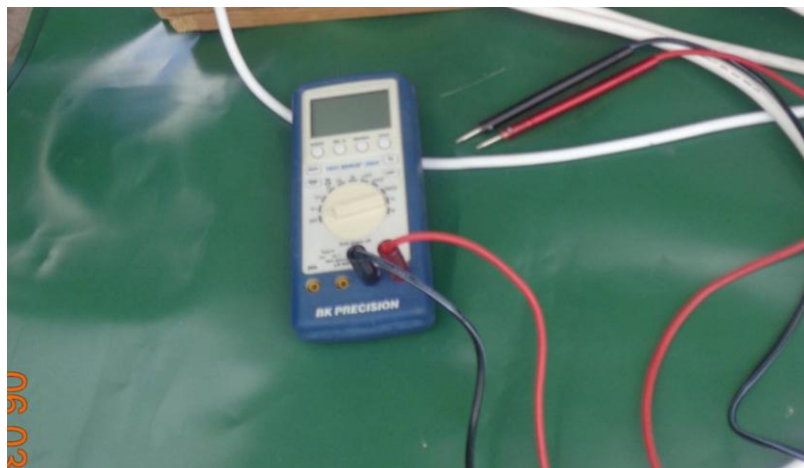
Στην φάση της πειραματικής διαδικασίας τοποθετήσαμε το ηλιακό αερόθερμο στο φωτοβολταϊκό πάρκο του ΤΕΙ Ηρακλείου. Εκεί παρακολουθήσαμε για μερικές μέρες την λειτουργία του και στη συνέχεια προβήκαμε στις μετρήσεις που παραθέτουμε παρακάτω. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήσαμε μια σειρά οργάνων.

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία ήταν:

- Αυτομετασχηματιστής Variac
Χρησιμοποιήθηκε για την προθέρμανση του αέρα εισόδου του Ηλιακού συλλέκτη και την σταθεροποίηση της στον θερμικό θάλαμο.



- Πολύμετρο
Με αυτό το όργανο μετρήσαμε την τάση, την ένταση και την αντίσταση των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την πειραματική διαδικασία.



- **Ανεμόμετρο**
Με αυτό μετρούσαμε την ταχύτητα του αέρα στην έξοδο του ηλιακού συλλέκτη



- **Πυρανόμετρο**
Χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που προσέπιπτε στη επιφάνεια του ηλιακού μας συλλέκτη



- **Logger – Καταγραφέας δεδομένων**
Στο όργανο αυτό συνδέσαμε τους αισθητήρες που ήταν απαραίτητοι για τις μετρήσεις μας και αυτό έκανε τις καταγραφές της θερμοκρασίας, της ηλιακής ακτινοβολίας και της ροής του θερμού αέρα. Και έπειτα, με την χρήση ειδικού προγράμματος στο υπολογιστή έγινε η επεξεργασία των δεδομένων μας.



- **Ανεμιστήρας κυκλικής διατομής**
Ο ανεμιστήρας αυτός συνδέθηκε στην έξοδο του Ηλιακού Αερόθερμου και διοχέτευε αέρα μέσα στον αγωγό κυκλικής διατομής.



- Ποτενσιόμετρο
Με την βοήθεια του αυξομειώναμε την ροή του αέρα που διοχέτευε ο ανεμιστήρας.



- Θερμοστοιχείο
Χρησιμοποιήθηκαν έξι (6) θερμοστοιχεία σε διάφορα τμήματα του ηλιακού αερόθερμου. Με την βοήθεια τους κάναμε την μέτρηση της θερμοκρασίας στα τμήματα αυτά.



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ

$$\eta = \frac{m \cdot C \cdot \Delta\theta}{G_t \cdot A}$$

$$\frac{\Delta T}{G_t} = \frac{\frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{περ}}{G_t}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot A_o \cdot U$$

$$E(\text{πυραυλ}) = 13,86 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{m/W}$$

$$A_{\Sigma} = 1,94\text{m} \times 0,96\text{m} \Rightarrow A_{\Sigma} = 1,86\text{m}^2$$

$$A_o = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot (0,05\text{m})^2 \Rightarrow A_o = 7,85 \cdot 10^{-3}\text{m}^2$$

$$\rho = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 1006,3 \text{ J/kg} \cdot \text{°K}$$

G_t = πυκνότητα ισχύος ακτινοβολίας

P = πυκνότητα αέρα

A_o = επιφάνεια σωλήνα

C = ειδική θερμότητα αερίου υπό σταθερή πίεση –
ισοβαρής μεταβολή

\dot{m} = ρυθμός μεταβολής του ρευστού

η = βαθμός απόδοσης

$U_{ροής}$ = ταχύτητα ρευστού

A = επιφάνεια συλλέκτη (καθαράς)

E = ευαισθησία πυρανόμετρου

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ
14/10/2014

$$\dot{m} = 1,13 \frac{Kg}{m^3} \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} m^2 \cdot 10 m/sec \Rightarrow \dot{m} = 88,705 \cdot 10^{-3} Kg/m$$

$$\Delta\theta = Q_{out} - Q_{in} = 44 - 27,07 \Rightarrow \Delta\theta = 16,93^\circ K$$

$$G_t = \frac{G_t (\text{πυρανόμετρον})}{E (\text{πυρανόμετρον})} \Rightarrow \frac{13,62 \cdot 10^{-6} V}{13,86 \cdot 10^{-6} V \cdot m^2/W} \Rightarrow G_t = 982,68 W/m^2$$

$$\frac{\Delta\theta}{GT} = \frac{\frac{\theta_{in} + \theta_{out}}{2} - \theta_{περ}}{G_t} = \frac{\left[\frac{27,07 + 44}{2} - 26 \right]^\circ K}{982,68 W/m^2} = \frac{9,535^\circ K}{982,68 W/m^2} = 0,0097 \frac{^\circ K \cdot m^2}{W}$$

$$n = \frac{\dot{m} \cdot c \cdot \Delta\theta}{G_t \cdot A_\Sigma} \Rightarrow n = \frac{88,705 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{sec} \cdot 1006,3 \frac{J}{Kg/^\circ K} \cdot 16,93^\circ K}{982,68 W/m^2 \cdot 1,86 m^2} = \frac{1,512 \cdot 10^{-3}}{1,1827 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow n = 0,82\%$$

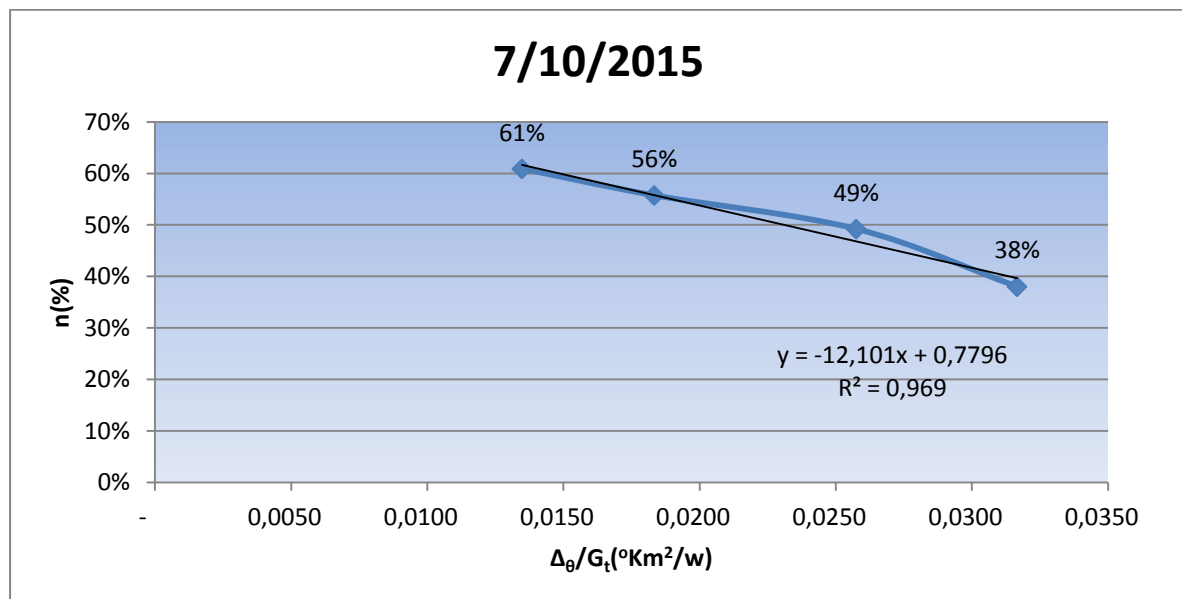
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Σταθερές Ηλιακού Αερόθερμου

$\rho=$	$1,13\text{Kg/m}^3$
$A_{\Sigma}=$	$1,86\text{ m}^2$
$A_{\sigma}=$	$0,00785\text{ m}^2$
$C=$	$1006,3\text{ J/Kg}\cdot\text{k}$
$E=$	$0,01386\text{ V/W/m}^2$

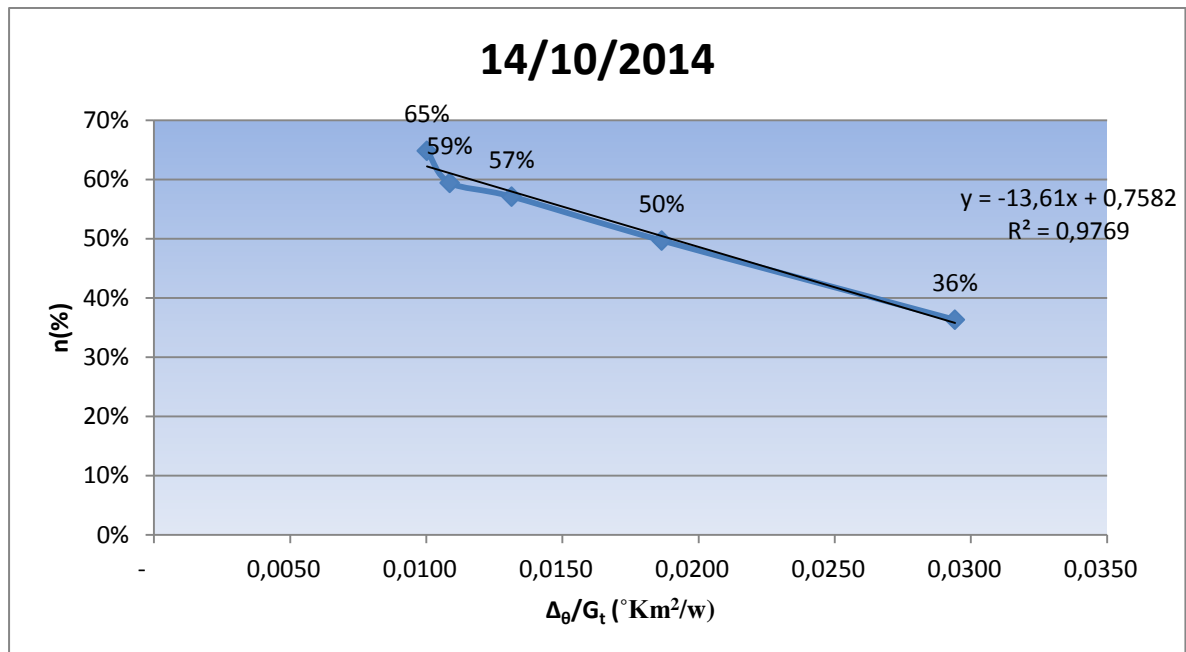
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ 07/10/2014

ΩΡΑ	Θ_{in}	Θ_{out}	$\Theta_{περιβ.}$	Gt	Υροής	m	$\Delta\Theta$	G_t	$\Delta\Theta/G_t$	n	V
12:30	55,47	65,56	30,27	13,24	8,0	0,067	10,09	955,3	0,0317	38%	180
12:45	48,00	60,97	29,55	13,42	8,0	0,068	12,97	968,3	0,0258	49%	130
12:55	41,38	55,85	30,78	13,48	8,0	0,069	14,47	972,6	0,0183	56%	80
1:05	36,38	51,96	31,06	13,48	8,0	0,070	15,58	972,6	0,0135	61%	40
1:20	33,20	48,21	30,70	13,35	8,0	0,071	15,01	963,2	0,0104	60%	0



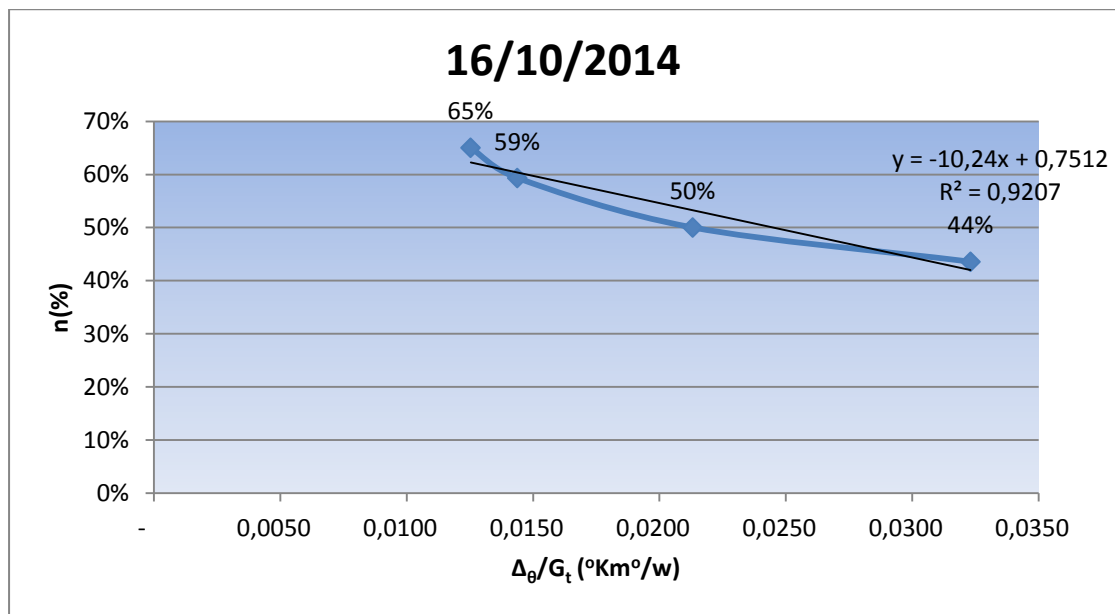
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ 14/10/2014

ΩΡΑ	Θ _{in}	Θ _{out}	Θ _{περιβ.}	G _t	Υποής	m	ΔΘ	G _t	ΔΘ/G _t	n	V
12:39	27,70	44,00	26,00	13,62	8,0	0,072	16,3	982,7	0,0100	65%	0
12:54	29,67	44,65	26,50	13,6	8,0	0,072	14,98	981,2	0,0109	59%	40
1:02	31,98	46,46	26,34	13,59	8,0	0,071	14,48	980,5	0,0131	57%	80
1:10	38,48	51,22	26,70	13,49	8,0	0,070	12,74	973,3	0,0186	50%	130
1:20	50,30	60,00	26,35	13,57	8,0	0,068	9,7	979,1	0,0294	36%	180



ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ 16/10/2014

ΩΡΑ	Θ _{in}	Θ _{out}	Θ _{περιβ.}	G _t	Υροής	m	ΔΘ	G _t	ΔΘ/G _t	n	V
12:22	31,49	47,60	28,77	12,28	8,0	0,0714	16,11	886,0	0,0122	70%	0
12:30	32,25	47,28	28,59	12,36	8,0	0,0713	15,03	891,8	0,0125	65%	40
12:38	35,26	49,15	29,32	12,42	8,0	0,0708	13,89	896,1	0,0144	59%	80
12:48	43,17	55,27	29,93	12,54	8,0	0,0691	12,1	904,8	0,0213	50%	130
12:58	52,68	63,58	28,80	12,58	8,0	0,0671	10,9	907,6	0,0323	44%	180



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Για να κατασκευαστεί ένα μοντέλο κατάλληλο για θερμική ανάλυση ενός επίπεδου συλλέκτη, ακολουθούμε τους παρακάτω τύπους:

Η τιμές που χρησιμοποιούμε είναι ενδεικτικές.

$$A_e = 2(l_1 + l_2)l_3$$

$$\frac{1}{R_{1t}} = \frac{1}{R_{r,1}} + \frac{1}{R_{c,1}} = h_{r,1} + h_{c,1} \text{ and}$$

$$\frac{1}{R_{2t}} = \frac{1}{R_{r,\infty}} + \frac{1}{R_{c,\infty}} = h_{r,\infty} + h_{c,\infty}$$

$$q_{r \rightarrow R} = \sigma A_c \frac{(T_c^4 - T_g^4)}{(1/\varepsilon_{p,i} + 1/\varepsilon_{s,i} - 1)} = h_{r,1} A_c (T_c - T_g),$$

$$h_{r,1} = \frac{\sigma(T_c + T_g)(T_c^2 + T_g^2)}{(1/\varepsilon_{p,i} + 1/\varepsilon_{g,i} - 1)}.$$

$$q_{r \rightarrow sky} = \varepsilon_{g,i} \sigma A_c (T_g^4 - T_{sky}^4) = h_{r,\infty} A_c (T_g - T_a),$$

$$h_{r,\infty} = \varepsilon_{g,i} \sigma (T_g^4 - T_{sky}^4) / (T_g - T_a).$$

$$q_{toploss} = \frac{(T_c - T_a) A_c}{N / (C / T_c) [(T_c - T_a) / (N + f)]^{0.33} + 1 / h_{c,\infty}} + \frac{\sigma (T_c^4 - T_a^4) A_c}{1 / [\varepsilon_{p,i} + 0.05N(1 - \varepsilon_{p,i})] + (2N + f - 1) / \varepsilon_{g,i} - N}$$

όπου $f = (1 - 0.04h_{c,\infty} + 0.005h_{c,\infty}^2)(1 + 0.091N)$,

$C = 250[1 - 0.0044(\beta - 90)]$,

$N =$ αριθμός των καλυμμάτων,

$h_{c,\infty} = 5.7 + 3.8V$, και

$\varepsilon_{g,i} =$ υπέρυθρη συντελεστή εκπομπής των καλυμμάτων,

$V =$ ταχύτητα του ανέμου σε m / sec

A_c	σ	T_c	T_g	T_a^4	T_c^4	T_g^4	T_{sky}^4	T_c^2	T_g^2	T_a
2,2	5,67E-08	353	323	8,1E+09	2E+10	1,088E+10	6,77E+09	124609	104329	300
		80	50	27						
E_p	E_g	Θ_{dp}	N	C	F	$h_{c\ infinity}$	windspeed			
0,1	0,9	20	1	316	1,17	9,5	1			

h_r	qr c-R	E	$h_{r\ \infty}$	$g_{toploss}$
0,868	57,3	0,969	9,1	146,7
W/m^2/K	Watt		W/m^2/K	Watt

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΣΥΝΑΓΩΓΗ

Θα υπολογίσουμε τις απώλειες στα τμήματα του συλλέκτη που αποτελούν το πίσω μέρος και τα περιμετρικά τμήματα.

Έχουμε γνωστά:

$$\Theta_i = 50 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \delta = 0,04\text{m}$$

$$\Theta_o = 26 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \lambda = 0,02 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Το h_o υπολογίζεται με τον παρόν τύπο θέτουμε το $U = 0 \text{ m/s}$

$$h = 5,7 + 3,8 \cdot U \Rightarrow h = 5,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{\Theta_i - \Theta_o}{\frac{\delta_{\text{υλικού}}}{\lambda_{\text{υλικού}}} + \frac{1}{h_o}} \Rightarrow \frac{q}{A} = \frac{(50 - 26) \text{ } ^\circ\text{K}}{\frac{0,04\text{m}}{0,02 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} + \frac{1}{5,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}}} \Rightarrow \frac{q}{A} = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{\text{ολ}} = \frac{q}{A} \cdot (A_{\text{πλατ}} + A_{\text{περ}})$$

$$\text{Έχουμε : } A_{\text{πλατ}} = 2 \text{ m}^2 \text{ και } A_{\text{περ}} = 0,84 \text{ m}^2$$

Άρα

$$Q = 11 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot (2 \text{ m}^2 + 0,84 \text{ m}^2) \Rightarrow Q = 31,24 \text{ W}$$

Οι πειραματικές μας μετρήσεις μας έχουν σφάλμα ακριβείας διότι τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι εργαστηριακός εξοπλισμός. Στις μετρήσεις της θερμοκρασίας έχουμε σφάλμα $\pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ και στη μέτρηση του αέρα $\pm 1 \text{ m/sec}$ καθώς και στη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχουμε σφάλμα μικρότερο από 6%.

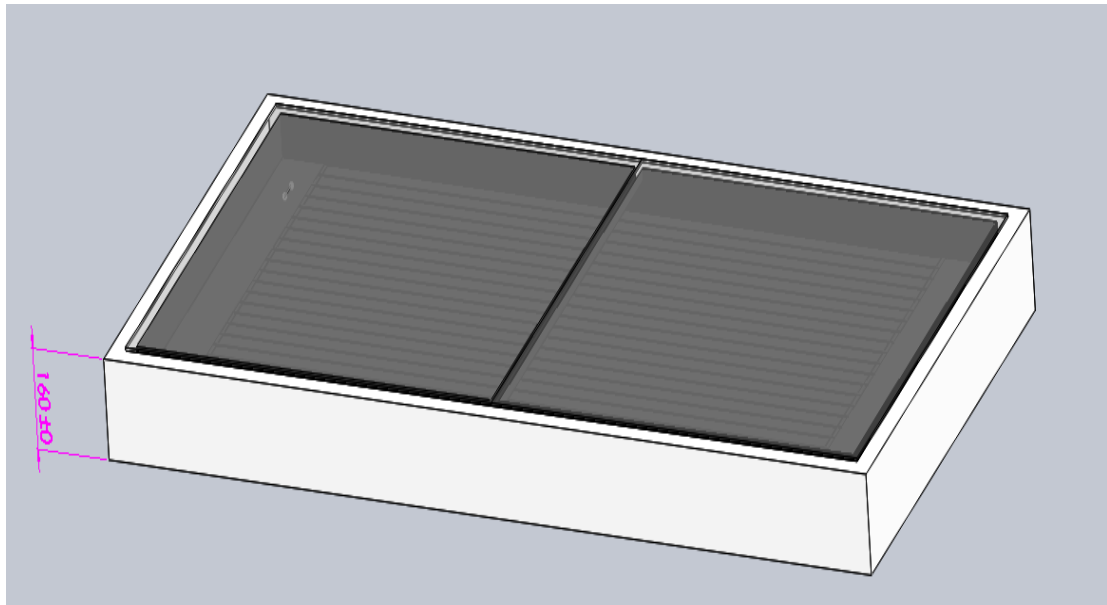
ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ

Μετά από την μελέτη του Ηλιακού αερόθερμου κρίνουμε απαραίτητες μερικές αλλαγές τόσο στην κατασκευή του συλλέκτη, όσο και στον πειραματικό εξοπλισμό, ώστε από την μια να έχουμε όσο το δυνατόν πιο βελτιωμένη απόδοση και από την άλλη μικρότερες αποκλίσεις στις μετρήσεις μας.

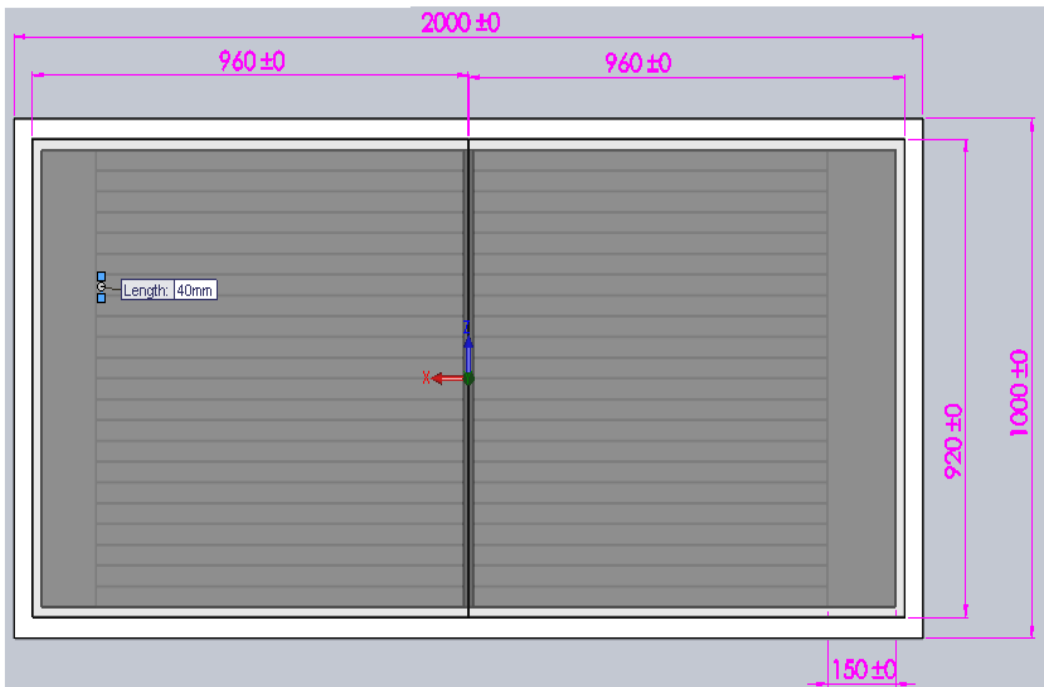
Οι αλλαγές που θα έπρεπε να γίνουν είναι οι εξής:

1. Μείωση απόστασης τζαμιού συλλέκτη από την επιφάνεια συλλογής (μαύρη επιφάνεια)
2. Αύξηση της επιφάνειας των σωλήνων του συλλέκτη.
3. Ύπαρξη περισσότερων αισθητήρων στο εσωτερικό του συλλέκτη εντός και εκτός των αεραγωγών.
4. Χρήση πιο ευαίσθητου ανεμόμετρου για την μέτρηση της ταχύτητας του αέρα εξόδου.
5. Αισθητήρα μέτρηση υγρασίας του αέρα.

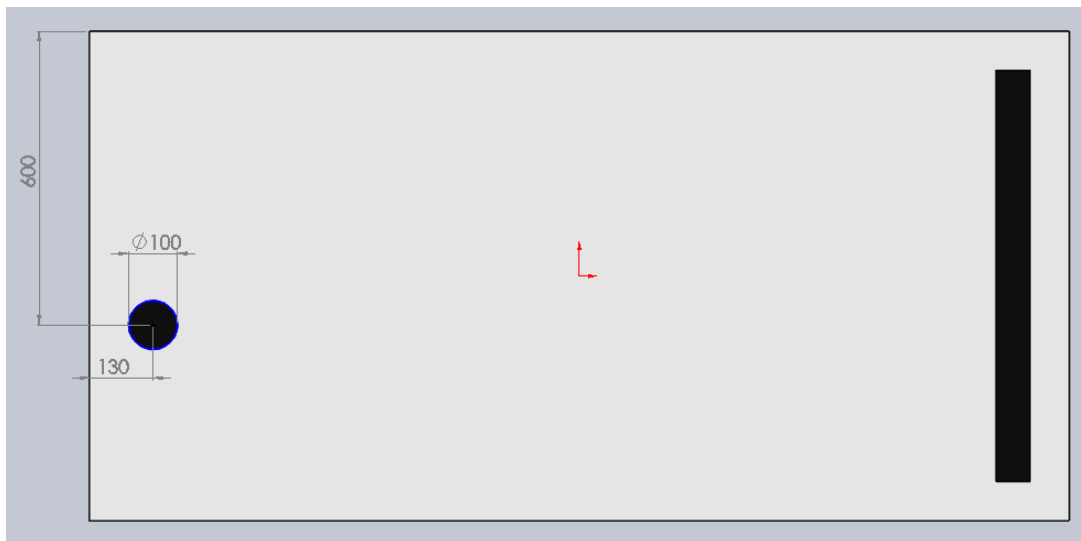
ΣΧΕΔΙΑ 3D ΚΑΤΑΣΤΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ



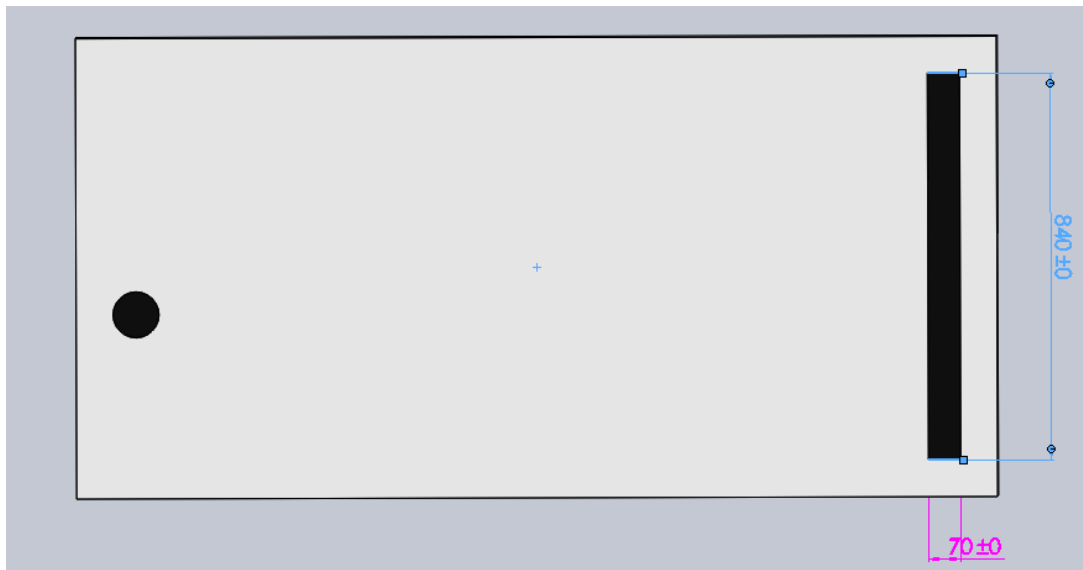
Σχέδιο 1: Πρόοψη 1



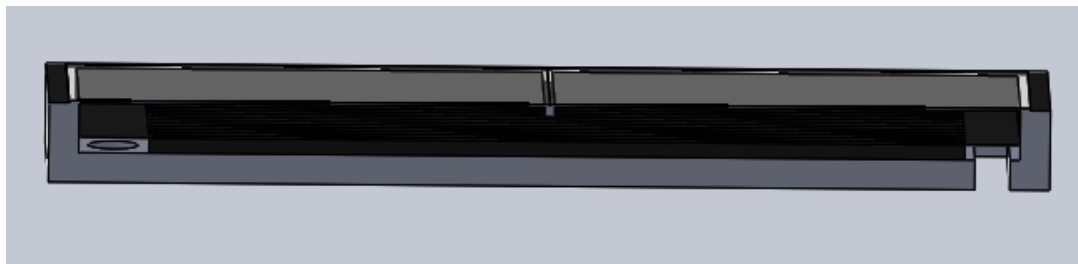
Σχέδιο 2: Πρόοψη 2



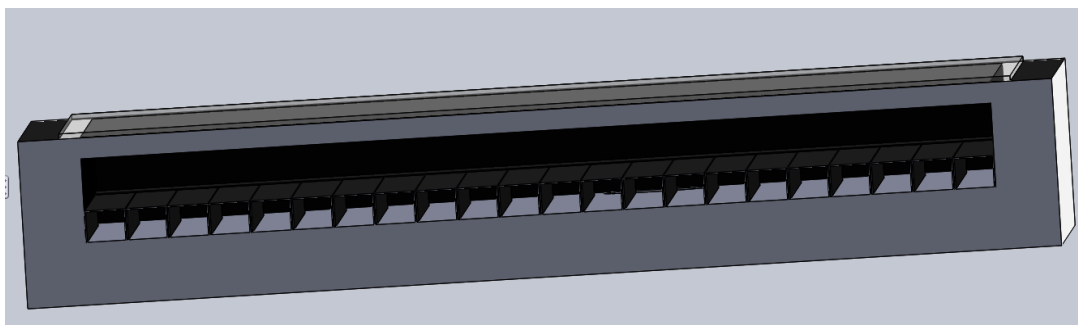
Σχέδιο 3: Πίσω όψη 1



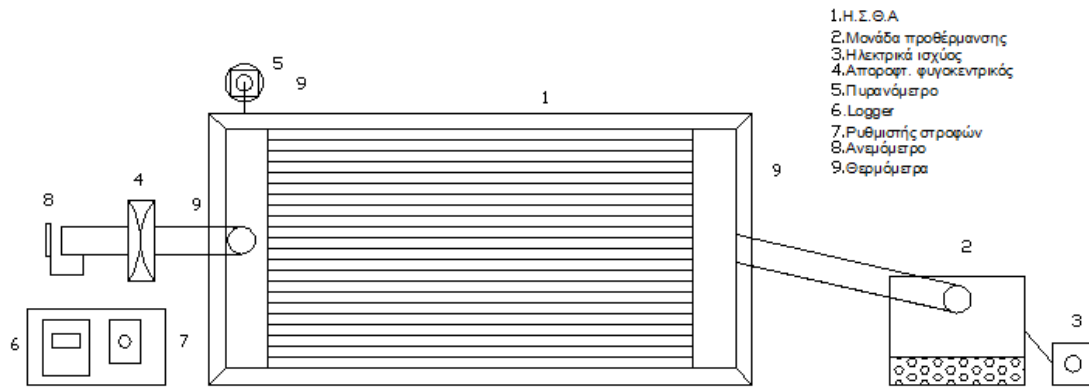
Σχέδιο 4: Πίσω όψη 2



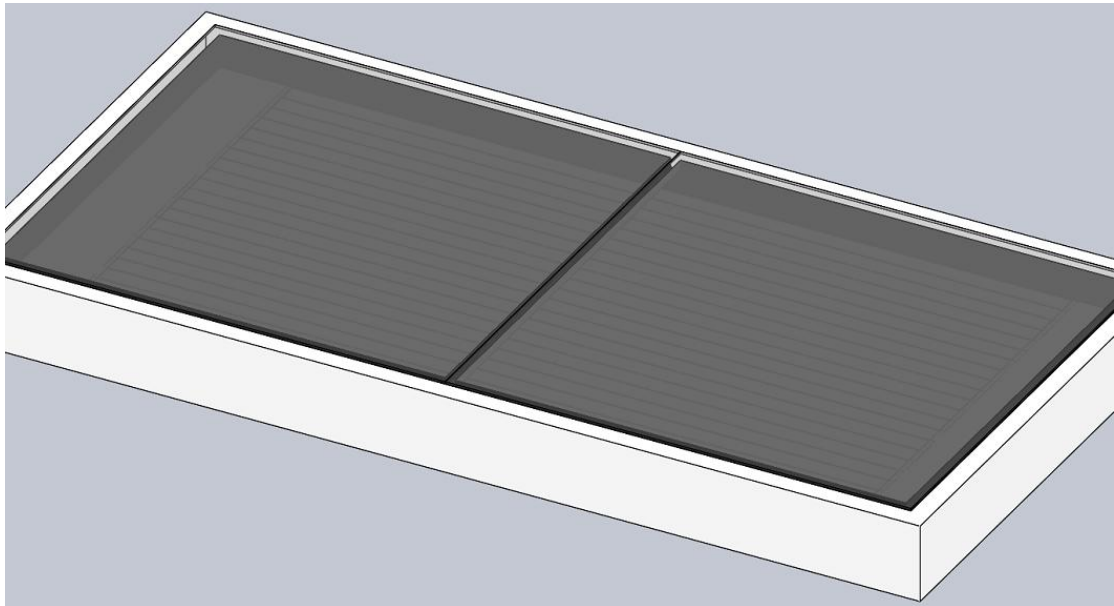
Σχέδιο 5: Τομή 1



Σχέδιο 6: Τομή 2



Σχέδιο 7: Μέρη του συγκροτήματος του ηλιακού αερόθερμου κατά την πειραματική διαδικασία.



Σχέδιο 8: Πρόοψη

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΘΕΡΜΟΥ

































ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ✧ http://www.tm.teicrete.gr/Portals/23/Shmeioseis/anan_piges_enegeias/%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%AF%20%CF%83%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%AD%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%82.pdf
- ✧ <http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/dg2013/ktirio/DE4-Renewable%20Energy%20Sources-final.pdf>
- ✧ <http://www.physics.uoi.gr/seci/clim2.pdf>
- ✧ [http://courseware.mech.ntua.gr/ml22034/Presentation_heat_transfer1%20\(1\).pdf](http://courseware.mech.ntua.gr/ml22034/Presentation_heat_transfer1%20(1).pdf)
- ✧ http://www.lat.upatras.gr/pdf/publications/shmeiwseis_metadosh_9ermothtas.pdf
- ✧ http://meleagros.iep.edu.gr/uploaded_files/ENALLAKTIKA_SYSTIMATA_THERMANSIS_KAI_EXIKONOMISIS.pdf
- ✧ <http://www.metal.ntua.gr/uploads/3277/248/Ph-Met-II-1-AOC.pdf>
- ✧ <https://eclass.teiath.gr/modules/document/file.php/NAFP111/%CE%94%CE%99%CE%94%CE%91%CE%9A%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%95%CE%A3%20%CE%A3%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%99%CE%A9%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3/3%CE%BF%20%CE%9C%CE%95%CE%A1%CE%9F%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%99%CE%A7%CE%95%CE%99%CE%91%20%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%91%CE%94%CE%9F%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%A4%CE%97%CE%A4%CE%91%CE%A3.pdf>
- ✧ <http://docplayer.gr/3863882-Ptyhiaki-ergasia-iliaka-kai-pathitika-systimata-kai-alloi-tropoi-exoikonomisis-energeias.html>
- ✧ <http://ciks.cbt.nist.gov/bentz/nistir6551/node5.html>