



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ & ΒΙΩΣΙΜΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Διευθυντής: Τσούτσος Θεοχάρης, Καθηγητής

Τεχνολογίες Ενέργειας και Περιβάλλοντος

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ 4
Υπολογισμός Απόδοσης Ηλιακού Θερμοσίφωνα



Συγγραφή-επιμέλεια σημειώσεων
Κανάκης Ιωάννης
Φυσικός/MSc
ΕΔΙΠ, Εκπαιδευτικός Εργαστηρίου

Χανιά 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- **Διδακτικοί στόχοι εργαστηριακών ασκήσεων 1,4**
- **Εργαστηριακή άσκηση 4 : Υπολογισμός Απόδοσης Ηλιακού Θερμοσίφωνα**

Διδακτικοί σκοποί-στόχοι
για τις εργαστηριακές ασκήσεις 1&4 του μαθήματος
Τεχνολογίες Ενέργειας και Περιβάλλοντος

Γενικοί διδακτικοί σκοποί (Aims) για τις εργαστηριακές ασκήσεις 1&4

Οι γενικοί διδακτικοί σκοποί καθώς και οι ειδικοί (για κάθε εργαστηριακή άσκηση) διδακτικοί στόχοι καθορίζονται από την φύση του εργαστηρίου, τα υλικά μέσα που διαθέτει καθώς και τον χρόνο που διατίθεται για να διεξαχθούν οι εργαστηριακές «ασκήσεις».

Μέσα από την εκπαιδευτική δραστηριότητα των συγκεκριμένων εργαστηριακών ασκήσεων θέλουμε οι φοιτητές:

1. να αποκτήσουν μια «**γνωριμία**» και μια **οπτική επαφή** με όργανα και διατάξεις.
2. να **αντιληφθούν** τις **βασικές αρχές λειτουργίας** συγκεκριμένων εργαστηριακών συσκευών.
3. να **χειριστούν** κάποια όργανα πειραματικών μετρήσεων.
4. να **παρακολουθήσουν** την διεξαγωγή κάποιων πειραματικών μετρήσεων και όπου είναι δυνατόν να **διεξάγουν** και οι ίδιοι μετρήσεις.
5. να μπορούν να **απαντήσουν γραπτώς σε ερωτήσεις** που αφορούν σε αυτό που παρακολούθησαν ή έκαναν.

Ειδικοί εκπαιδευτικοί στόχοι (goals-objectives) για την 4^η άσκηση

4^η άσκηση Υπολογισμός απόδοσης ηλιακού θερμοσίφωνα

Ο γενικός σκοπός της άσκησης είναι να κατανοήσουν οι φοιτητές μια απλή εφαρμογή ΑΠΕ όπως είναι ο ηλιακός θερμοσίφοντας. Ειδικότερα ο στόχος της άσκησης είναι να υπολογίσουν την απόδοση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα.

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης και της εργασίας τους οι φοιτητές θα πρέπει να μπορούν:

1. Να **απαντούν με σαφήνεια βασικές ερωτήσεις** που αφορούν στην λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα (πχ «ποια είναι η διαφορά ανάμεσα σε ένα ηλιακό θερμοσίφωνα κλειστού και σε έναν ανοικτού κυκλώματος», «ποιος πρέπει να είναι ο προσανατολισμός και η κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη», κλπ)
2. Να **υπολογίζουν** την ηλιακή ακτινοβολία/ενέργεια που δέχεται ένας ηλιακός συλλέκτης με βάση τις ενδείξεις ενός πυρανόμετρου.
3. Να **υπολογίζουν** την απόδοση ενός ηλιακού θερμοσίφωνα όταν διαθέτουν το κατάλληλο σετ μετρήσεων.

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ & ΒΙΩΣΙΜΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

Υπολογισμός Απόδοσης Ηλιακού Θερμοσίφωνα



Συγγραφή-Επιμέλεια Σημειώσεων
ΚΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
Φυσικός/MSc
ΕΔΙΠ, Εκπαιδευτικός Εργαστηρίου

Υπολογισμός απόδοσης ηλιακού θερμοσίφωνα με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη

1. Στοιχεία θεωρίας

1.1 Γενικά

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη είναι το πλέον διαδεδομένο σύστημα συλλογής της ηλιακής ενέργειας καθώς :

- Είναι σχετικά φθηνοί στην κατασκευή και εγκατάσταση
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιοδήποτε οίκημα
- Παρέχουν ενέργεια σε μορφή άμεσα εκμεταλλεύσιμη δηλαδή θερμική που ζεσταίνει το νερό

Η ισχύς της ηλιακής ενέργειας σε περιοχές της γης με γεωγραφικό πλάτος στην ζώνη 45° B - 45° N (Γεωγραφικό πλάτος Χανίων $\sim 35^{\circ}$ B) φτάνει σε τέτοια επίπεδα που οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να λειτουργήσουν ικανοποιητικά σχεδόν όλο το χρόνο.

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη είναι η πιο απλή διάταξη ενεργειακού ηλιακού συστήματος χαμηλής θερμοκρασίας ($\theta < 80^{\circ}\text{C}$) για την θέρμανση ζεστού νερού. Η θερμοκρασία του ζεστού νερού για το νερό οικιακής χρήσης είναι $\sim 40^{\circ}\text{C}$ - 60°C

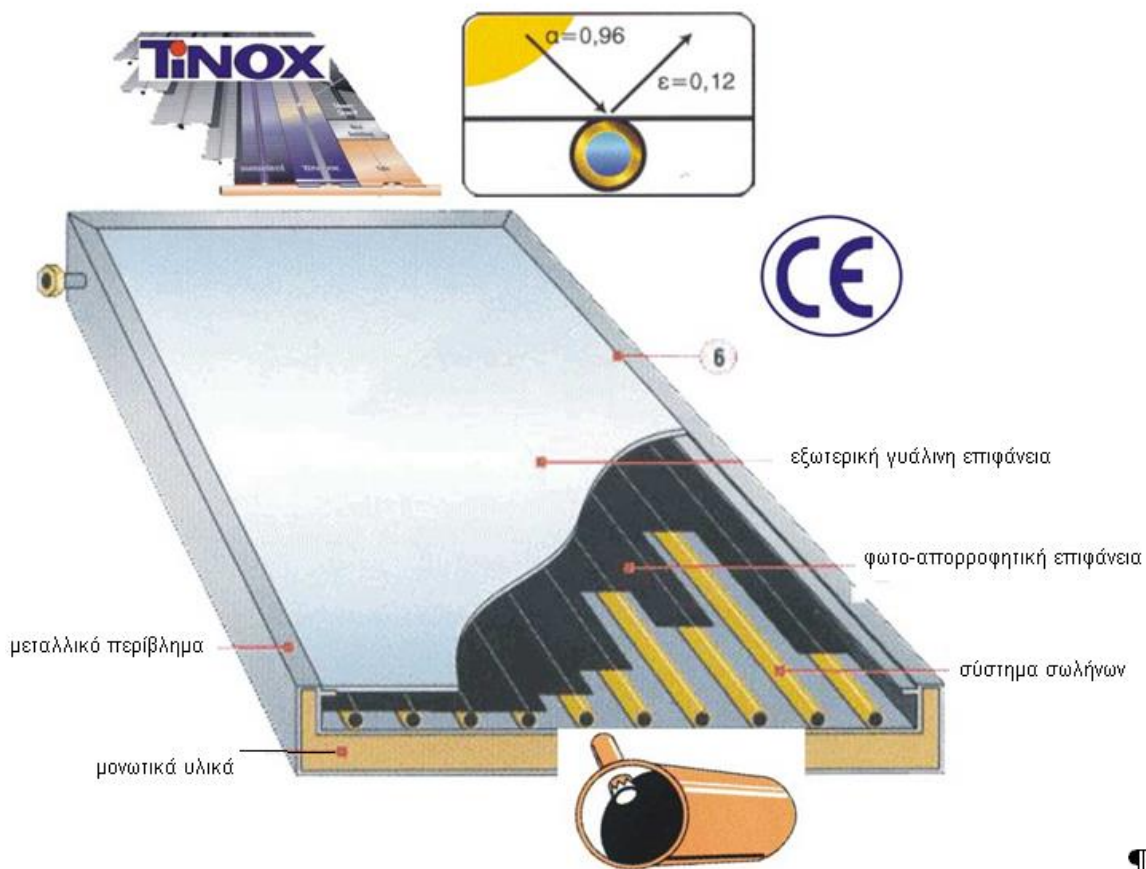
1.2 Περιγραφή ηλιακού θερμοσίφωνα με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας συμπεριλαμβάνει τον **ηλιακό συλλέκτη**, το **δοχείο συγκέντρωσης-αποθήκευσης του νερού (δεξαμενή-θερμική αποθήκη)** καθώς και το **κλειστό υδραυλικό κύκλωμα** (εσωτερικό κύκλωμα) σύνδεσης συλλέκτη-δοχείου

Ο **επίπεδος ηλιακός συλλέκτης** αποτελείται από τα παρακάτω μέρη

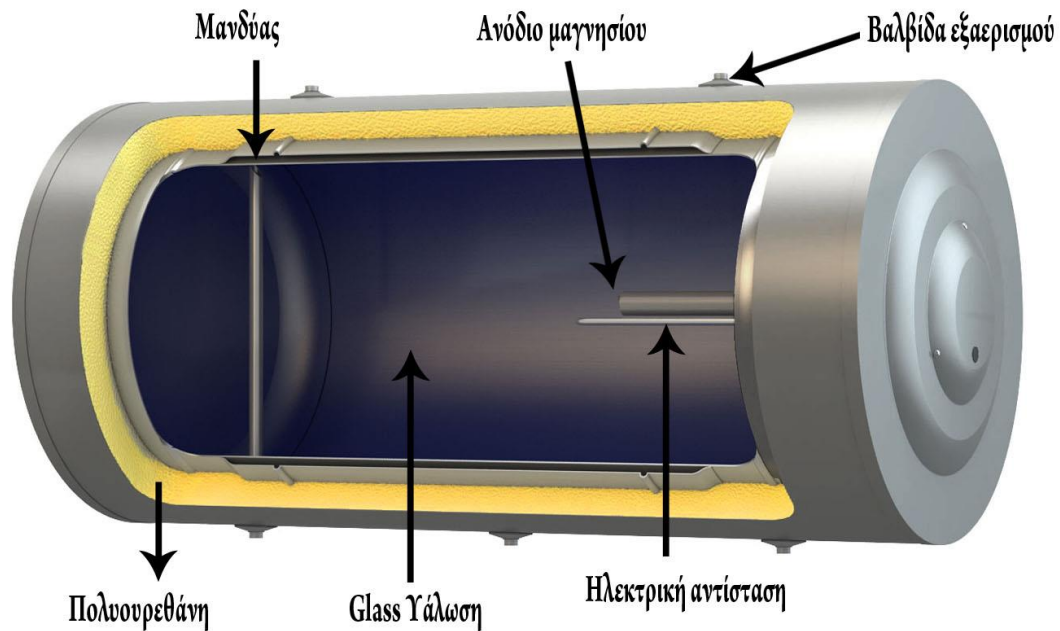
1. Την εξωτερική διαφανή επιφάνεια (κάλυμμα συλλέκτη) που αποτελείται από μια ή δύο επιφάνειες γυαλιού ή πλαστικού που επιτρέπουν την «είσοδο» της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά εμποδίζουν την «έξοδο» της μεγάλου μήκους κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την φωτο-απορροφητική επιφάνεια. Επίσης η εξωτερική επιφάνεια εμποδίζει απώλειες θερμότητας εξαιτίας συμμεταφοράς και αγωγής από την φωτο-απορροφητική επιφάνεια προς τον εξωτερικό αέρα.
2. Την φωτο-απορροφητική επιφάνεια (πλάκα-απορροφητής) που είναι κατασκευασμένη από μέταλλο και είναι επιστρωμένη με ειδικό υλικό μαύρου (συνήθως) χρώματος για να απορροφά το μέγιστο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας (ελαχιστοποιώντας τις ανακλάσεις).

3. Το σύστημα σωλήνων («υδροσκελετός» αν περιέχει νερό) που βρίσκεται πίσω από την φωτο-απορροφητική επιφάνεια, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί το ρευστό (συνήθως νερό) που απάγει την θερμότητα από την επιφάνεια και θερμαίνεται (κύκλωμα απαγωγής της θερμότητας).
4. Τα μονωτικά υλικά που περικλείουν τον συλλέκτη από όλες τις πλευρές (πίσω και πλάγιες) για να ελαχιστοποιούν τις θερμικές απώλειες.
5. Το μεταλλικό ή πλαστικό περίβλημα που προστατεύει τον συλλέκτη από περιβαλλοντικές φθορές.



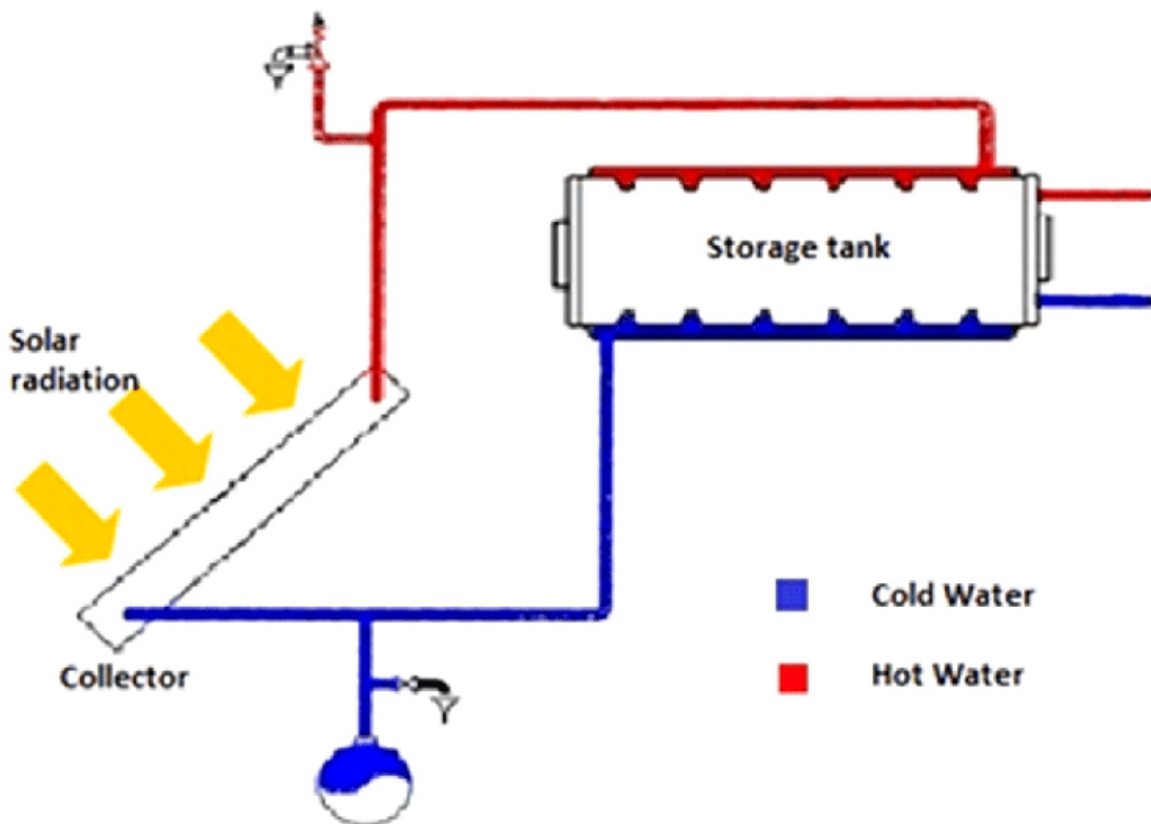
Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης. Το α και ϵ είναι ο συντελεστής απορρόφησης και εκπομπής αντίστοιχα του απορροφητή (Πηγή : Olympic sun)

Το *δοχείο συγκέντρωσης-αποθήκευσης* του νερού θα πρέπει να έχει όγκο σχετικό με την επιφάνεια του συλλέκτη (για να εξασφαλίζεται σχετικά γρήγορη θέρμανση του νερού) και υλικό και μόνωση τέτοια που να ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες.



Σχηματικό διάγραμμα δοχείου αποθήκευσης . Πηγή:
<https://www.electronica.gr/2FFC0027.el.aspx>

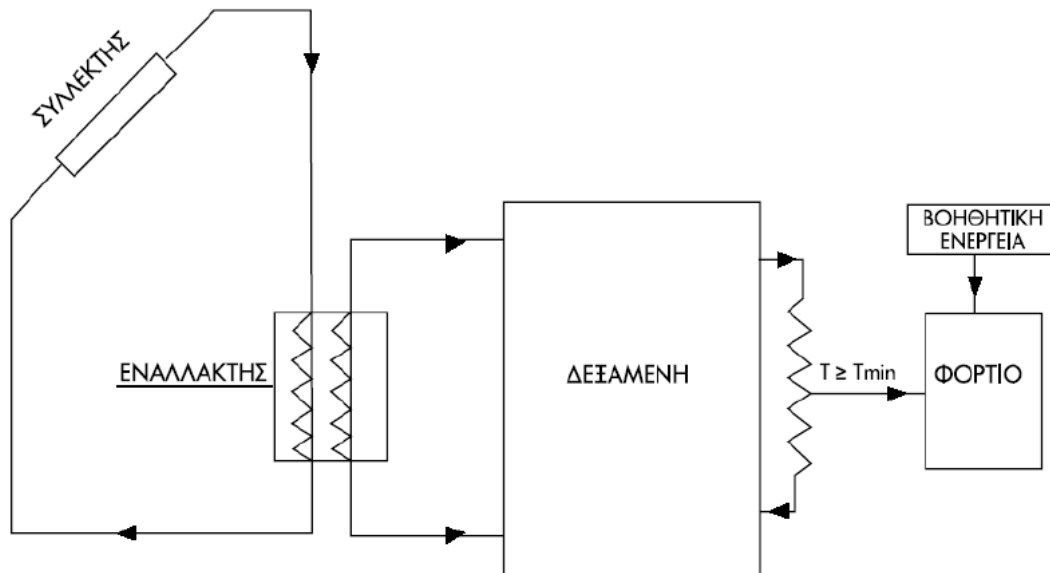
Το κλειστό υδραυλικό κύκλωμα μπορεί να είναι φυσική συνέχεια του κυκλώματος απαγωγής της θερμότητας (όπως γίνεται στον ηλιακό θερμοσίφωνα του πειράματος) και τότε ο θερμοσίφοντας λέγεται **ανοικτού κυκλώματος**.



Σχηματικό διάγραμμα συλλέκτη θερμoσίφωνα ανοικτού κυκλώματος

Πηγή:
https://www.researchgate.net/publication/305844751_Market_potential_and_development_prospects_of_the_solar_water_heater_field_in_Algeria/figures?lo=1

Υπάρχουν όμως και ηλιακοί θερμοσίφωνες που το κύκλωμα απαγωγής της θερμότητας είναι ξεχωριστό από το εσωτερικό υδραυλικό σύστημα (που κυκλοφορεί το ζεστό νερό που χρησιμοποιούμε) καθώς περιέχει άλλο ρευστό ,εκτός του νερού, (συνήθως προπυλενογλυκόλη) που έχει χαμηλότερο σημείο πήξεως και υψηλότερο σημείο ζέσεως από το νερό. Η θερμότητα από το κύκλωμα απαγωγής της θερμότητας στο νερό του κλειστού υδραυλικού κυκλώματος μεταφέρεται με εναλλάκτη θερμότητας. Τέτοιοι θερμοσίφωνες ονομάζονται **κλειστού κυκλώματος**.

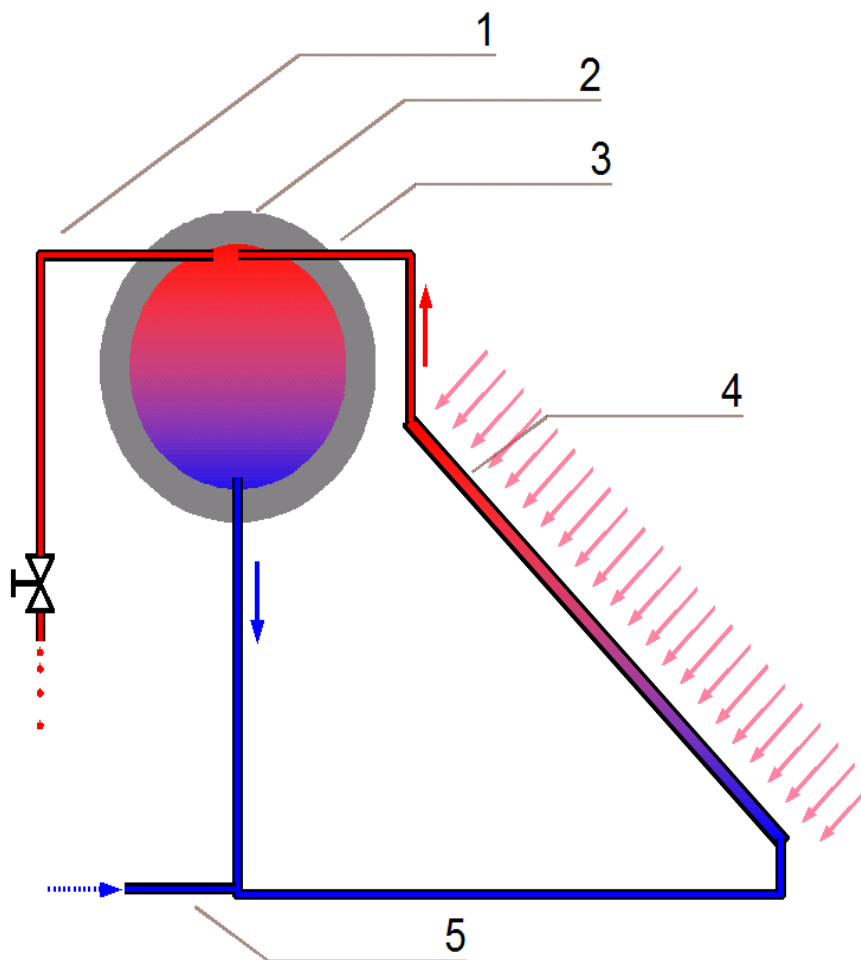


Σχηματικό διάγραμμα συλλέκτη θερμοσίφωνα κλειστού κυκλώματος

1.3 Λειτουργία του ηλιακού θερμοσίφωνα με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη (ανοικτού κυκλώματος)

Η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται από την εξωτερική διαφανή επιφάνεια και απορροφάται από την φωτο-απορροφητική επιφάνεια θερμαίνοντας το ρευστό ¹(νερό) που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων («υδροσκελετός»). Το θερμό ρευστό μέσω του κλειστού υδραυλικού κυκλώματος οδηγείται στο πάνω μέρος του δοχείου συγκέντρωσης του νερού όπου αποδίδει το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας του αυξάνοντας την θερμοκρασία του ρευστού. Ταυτόχρονα ρευστό (ψυχρότερο) από το κάτω μέρος του δοχείου διοχετεύεται στον «υδροσκελετό» όπου θερμαίνεται και συνεχίζεται η προηγούμενη διαδικασία . Το νερό «ανεβαίνει» από το κάτω άκρο του συλλέκτη από όπου εισέρχεται σε χαμηλή θερμοκρασία στο άνω άκρο του συλλέκτη και από εκεί στο δοχείο με φυσικό τρόπο (καθώς θερμαίνεται μειώνεται η πυκνότητα του και ανέρχεται ως «ελαφρύτερο»). Το δοχείο βρίσκεται λίγο πιο ψηλά από τον συλλέκτη και έτσι εξασφαλίζεται η φυσική κυκλοφορία του νερού. Μέσα στο δοχείο τα ψυχρότερα τμήματα του νερού βρίσκονται «χαμηλά» ενώ τα θερμότερα «ψηλά».

¹ Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες ανοικτού κυκλώματος το ρευστό είναι το νερό



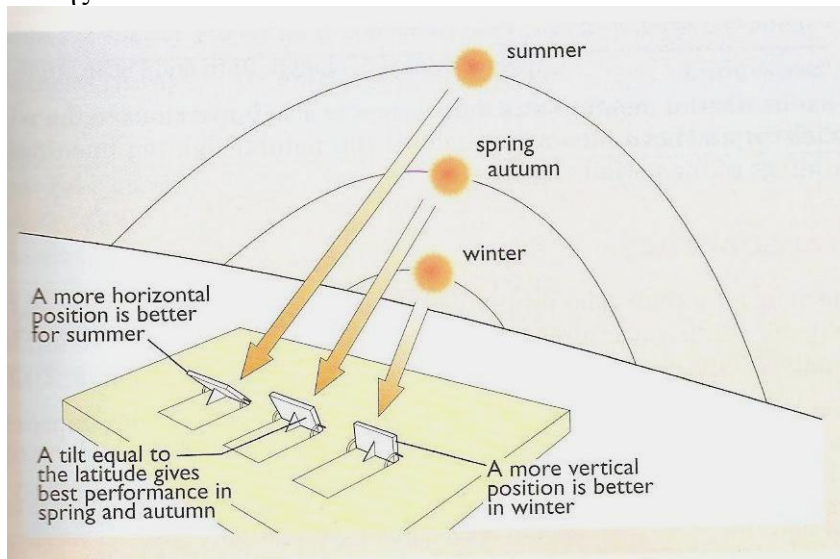
Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας ηλιακού θερμοσίφωνα

- 1: το ζεστό νερό από το «πάνω τμήμα» του δοχείου κατευθύνεται στην κατανάλωση
- 2: το τμήμα του δοχείου που περιέχει την μόνωση
- 3: το ζεστό νερό από το πάνω τμήμα του ηλιακού συλλέκτη εισέρχεται στο πάνω τμήμα του δοχείου
- 4: Το κρύο νερό που εισέρχεται στο κάτω τμήμα του ηλιακού συλλέκτη καθώς θερμαίνεται ανέρχεται προς τα πάνω.
- 5: Το κρύο νερό εισέρχεται από το κάτω τμήμα του δοχείου προς τον συλλέκτη και επίσης κρύο νερό από την παροχή του δικτύου γεμίζει το δοχείο (στο κάτω τμήμα του) όταν ζεστό νερό φεύγει από το δοχείο προς την «κατανάλωση» από το πάνω τμήμα του.

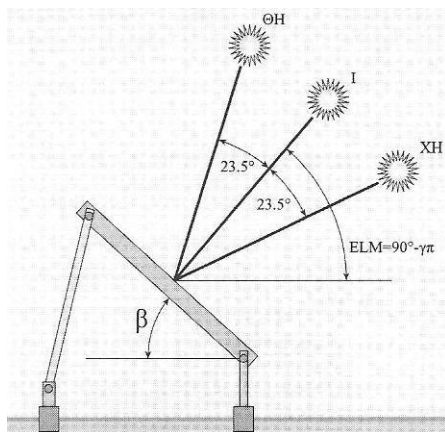
1.4 Προσανατολισμός του συλλέκτη

Οι ηλιακοί συλλέκτες προσανατολίζονται κατά κανόνα σε νότιο αζιμουθιακό προσανατολισμό και με γωνία κλίσης $+10^0$ περίπου πάνω από το γεωγραφικό πλάτος του

τόπου (για το βόρειο ημισφαίριο) για να έχουμε μέγιστη απόδοση καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου με ιδιαίτερη έμφαση στην απόδοση του συλλέκτη τον χειμώνα όπου η ηλιοφάνεια είναι μικρότερη (θυμίζουμε ότι οι τυπικές θέσεις ενός ηλιακού συλλέκτη είναι δύο: μια για το θερινό εξάμηνο 21 Μαρτίου-22 Σεπτεμβρίου με κλίση 10^0-15^0 μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και μια για το χειμερινό εξάμηνο 22 Σεπτεμβρίου-21 Μαρτίου με κλίση 10^0-15^0 μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου). Για την Κρήτη (με γεωγραφικό πλάτος $\sim 35^0$ Βόρειο) αυτό σημαίνει μια γωνία κλίσης $\sim 45^0$.



Θέσεις ήλιου και ηλιακού συλλέκτη σε τρεις διαφορετικές εποχές



Σχέση γωνίας κλίσης του συλλέκτη (β) και θέσης του ήλιου (ΘΗ:Θερινό Ηλιοστάσιο, ΧΗ: Χειμερινό Ηλιοστάσιο, Ι:Ισημερία)

2. Πειραματική Διαδικασία

Σκοπός του πειράματος είναι ο υπολογισμός της απόδοσης (ή του συντελεστή απόδοσης) ενός ηλιακού θερμοσίφωνα με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη.

2.1 Πειραματική διάταξη

- Ηλιακός θερμοσίφωνας ανοικτού τύπου με διαστάσεις ενεργής επιφάνειας 93,5cm X 94.5cm και δοχείο 60 L. Ο όγκος του εσωτερικού υδραυλικού κυκλώματος («υδροσκελετός») του ηλιακού συλλέκτη είναι περίπου 1L.
- Ψηφιακό θερμόμετρο ακριβείας
- Φορητό πυρανόμετρο
- Χρονόμετρο
- Πυξίδα
- Κλισιόμετρο



2.2 Εκτέλεση του πειράματος

- Προσανατολίζεται ο ηλιακός συλλέκτης με την βοήθεια της πυξίδας προς τον νότο ή σε προσανατολισμό προς την κατεύθυνση του ηλίου την χρονική περίοδο εκτέλεσης του πειράματος. Με το κλισιόμετρο ελέγχουμε την ορθή κλίση του συλλέκτη.
- Τοποθετούνται οι αισθητήρες του θερμομέτρου σε τρία διαφορετικά σημεία του ηλιακού θερμοσίφωνα για να μπορεί να μετρηθεί η θερμοκρασία εισόδου του

νερού στον συλλέκτη, η θερμοκρασία εξόδου από τον συλλέκτη και η θερμοκρασία του νερού στο εσωτερικό του δοχείου.

- Αρχίζει η διαδικασία λήψεων μετρήσεων με το πυρανόμετρο ανά χρονικό διάστημα $\Delta t_i = 1 \text{ min}$ (ή σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα) της πυκνότητας ηλιακής ισχύος που προσπίπτει στο επίπεδο του ηλιακού συλλέκτη. Οι μετρήσεις καταγράφονται στο φύλλο μετρήσεων.
- Στα ίδια χρονικά διαστήματα λαμβάνονται μετρήσεις για την θερμοκρασία εισόδου του νερού στον συλλέκτη, την θερμοκρασία εξόδου από τον συλλέκτη και την θερμοκρασία του νερού στο εσωτερικό του δοχείου.
- Μετά από ένα χρονικό διάστημα ($\Delta t = 1\text{h}$ ή σε λιγότερο ή περισσότερο χρονικό διάστημα που προσδιορίζει ο επιβλέπων καθηγητής) ολοκληρώνεται η καταγραφή των πειραματικών μετρήσεων.

2.3 Επεξεργασία των μετρήσεων

Ο (μέσος) συντελεστής απόδοσης του ηλιακού θερμοσίφωνα δίνεται από την σχέση $\eta = Q_{\text{coll}} / E_{\text{inp}}$

Q_{coll} : η ενέργεια που προσδίδει ο συλλέκτης στο νερό για να ανυψωθεί η θερμοκρασία του κατά $\Delta\theta$

E_{inp} : Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στο συλλέκτη στο χρονικό διάστημα Δt

Για τον υπολογισμό του E_{inp}

Η μαθηματική σχέση που δίνει την E_{inp} είναι $E_{\text{inp}} = \sum (G_i \cdot A \cdot \Delta t_i)$ (όπου G_i Πυκνότητα ηλιακής ισχύος στο επίπεδο του συλλέκτη σε Watt/m^2 κατά το χρονικό διάστημα Δt_i . Θεωρώντας ότι στο χρονικό διάστημα των $\Delta t_i = 1, 5$ ή 10 min ή άλλου χρονικού διαστήματος (ανάλογα με τον ρυθμό που λήφθηκαν οι μετρήσεις με το πυρανόμετρο στο φύλλο μετρήσεων) η πυκνότητα ηλιακής ισχύος είναι σταθερή, μπορεί να υπολογιστεί η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στον συλλέκτη για $1, 5$ ή 10 min και στην συνέχεια η ηλιακή ενέργεια για το χρονικό διάστημα Δt της μίας ώρας 1h (ή του χρονικού διαστήματος που μετρήσατε).

Οι υπολογισμοί θα γίνουν για το φύλλο μετρήσεων (1^ο σελ μετρήσεων) που χρησιμοποιήσατε εσείς και στην συνέχεια για το φύλλο μετρήσεων που σας δόθηκε (2^ο σελ μετρήσεων) και αφορούν στον ίδιο ηλιακό θερμοσίφωνα.

Για τον υπολογισμό του Q_{coll}

Η μαθηματική σχέση που δίνει το Q_{coll} είναι (κατά προσέγγιση) η «κλασική» εξίσωση της θερμιδομετρίας $Q_{\text{coll}} = mc\Delta\theta$ όπου

m: η μάζα του νερού που κυκλοφορεί στο κύκλωμα συλλέκτη –δοχείου (gr)

c : η ειδική θερμότητα του νερού ($1 \frac{cal}{gr^{\circ}C}$) = 4,18 J/gr $^{\circ}C$

$\Delta\theta$: η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού ($\Delta\theta = \theta_{2\delta\sigma\chi} - \theta_{1\delta\sigma\chi}$)

όπου $\theta_{1\delta\sigma\chi}$: η αρχική θερμοκρασία του νερού στο δοχείο

όπου $\theta_{2\delta\sigma\chi}$: η τελική θερμοκρασία του νερού στο δοχείο μετά από χρονικό διάστημα μιας ώρας 1h (ή του χρονικού διαστήματος που μετρήσατε)

1cal = 4,18 Joule

Πυκνότητα του νερού $d = \frac{m}{V} = 1 \frac{gr}{ml}$

Λάβετε υπόψη σας ότι ο σωλήνας που μεταφέρει νερό από το δοχείο στον συλλέκτη έχει εισαγωγή που βρίσκεται στο κάτω μέρος του συλλέκτη ενώ το σημείο μέτρησης της θερμοκρασίας του νερού στο δοχείο είναι περίπου στο μέσον του δοχείου αποθήκευσης.

Οι υπολογισμοί θα γίνουν επίσης για το φύλλο μετρήσεων (1^ο σετ μετρήσεων) που χρησιμοποιήσατε εσείς και στην συνέχεια για το φύλλο μετρήσεων που σας δόθηκε (2^ο σετ μετρήσεων) και αφορούν στον ίδιο ηλιακό θερμοσίφωνα.

2.4 Υπολογισμοί

Υπολογίστε την απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα καθώς και το εκτιμώμενο σφάλμα (και για τα δυο σετ μετρήσεων , για αυτό που πήρατε εσείς και αυτό που σας δόθηκε από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου). Παρουσιάστε τα αποτελέσματά σας με τον ενδεδειγμένο τρόπο. Συγκρίνετε τις δύο αποδόσεις και σχολιάστε τις τυχόν διαφορές τους.

3.Ερωτήσεις

1. Διατυπώστε τις πηγές απωλειών θερμότητας του ηλιακού θερμοσίφωνα (με βάση το πείραμα που εκτελέσατε καθώς και την θεωρία της εργαστηριακής άσκησης).
2. Εξηγείστε γιατί στην σχέση $\Delta\theta = \theta_{2\delta\sigma\chi} - \theta_{1\delta\sigma\chi}$ στον υπολογισμό του Q_{coll} χρησιμοποιούμε την θερμοκρασία $\theta_{\delta\sigma\chi}$ κι όχι τις θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του νερού από τον συλλέκτη.
3. Α)Δώστε πιθανές εξηγήσεις για το γεγονός ότι στο τέλος των μετρήσεων η θερμοκρασία στο εσωτερικό του δοχείου (όπως την μετράμε από την κυψελίδα

που βρίσκεται στο μέσον του δοχείου) είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία εισαγωγής του νερού στον ηλιακό συλλέκτη ενώ είναι μικρότερη από την θερμοκρασία εξόδου του νερού από τον ηλιακό συλλέκτη.

Β)Εξηγείστε επίσης γιατί ο σωλήνας που εξάγει το (ζεστό) νερό από το δοχείο προς την κατανάλωση έχει εισαγωγή που βρίσκεται στο άνω μέρος του δοχείου;

4. Δώστε πιθανούς λόγους που θα επιλέγατε θερμοσίφωνα κλειστού κυκλώματος αντί για ανοικτού. Σε ποιον από τους δυο είναι (θεωρητικά) μεγαλύτερη η απόδοση στην αρχική φάση της εγκατάστασης; Γιατί;
5. Γιατί στρέφουμε τον ηλιακό συλλέκτη σε κατεύθυνση νότια; Εξηγείστε.
6. Ποια πιστεύετε πρέπει να είναι η γωνία κλίσης του συλλέκτη στην Κρήτη σε μια κατοικία και σε ένα ξενοδοχείο που λειτουργεί τους καλοκαιρινούς μήνες; Εξηγείστε.
7. Εξηγείστε με συντομία πως είναι δυνατόν να μετράμε την θερμοκρασία του νερού ενώ δεν βυθίζουμε τον αισθητήρα του θερμομέτρου μέσα στο νερό.
8. Γιατί χρειάζεται να παίρνουμε μετρήσεις ανά 5 ή 10 min (ή συχνότερα) της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στον ηλιακό συλλέκτη κι όχι σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα;

Πηγές

Βιβλία

1. Τσούτσος Θ., Κανάκης Ι., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας-Τεχνολογίες & Περιβάλλον, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2013
2. Godfrey Boyle (ed)., *Renewable Energy : Power for a Sustainable Future*, 2nd edition, Oxford University Press, New York , 2004
3. Τσούτσος Θεοχάρης, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιβάλλον-σημειώσεις μαθήματος*, Χανιά, 2004