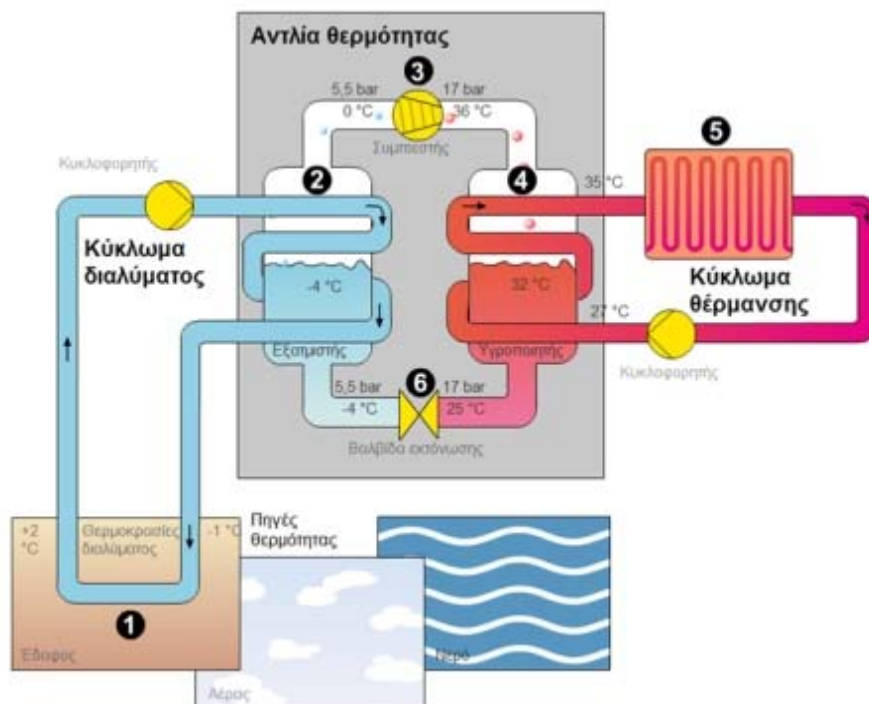


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αντλίες Θερμότητας



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: Σαββίδης Ελευθέριος
Μπαλτζής Θεοχάρης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:
Κλεΐδης Κωσταντίνος

ΣΕΡΡΕΣ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<u>Κεφάλαιο 1</u>	1
Αντλίες Θερμότητας - Ορισμός - Αρχή Λειτουργίας	1
Βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας	2
Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας στις δυο περιπτώσεις:	
Θερμάνσης και Ψύξης	3
Η ιδανική Αντλία Θερμότητας	5
Ο βαθμός απόδοσης – Κατηγορίες Αντλίων Θερμότητας	7
Οι πηγές θερμότητας	11
Εφαρμογές Αντλίων Θερμότητας	17
<u>Κεφάλαιο 2</u>	22
Ηλιακή ενέργεια- Εισαγωγή	22
Αξιοποίηση της Ηλιακής Ενέργειας	23
Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα	25
Παθητικά Ηλιακά Συστήματα	26
<u>Κεφάλαιο 3</u>	28
Ηλιακά Υποβοηθούμενες Αντλίες Θερμότητας –Μελέτες γυρώ από την Ενεργειακή Ανάλυση Ηλιακα Υποβοηθούμενων Αντλίων Θερμότητας- Η.Υ.Α.Θ. για θερμάνση ποσότητας νερού	29
Η.Υ.Α.Θ με εναποθήκευση για θερμάνση χώρου (συμβατικοί τύποι)	32

Η.Υ.Α.Θ με αμέση εκτόνωση για μελέτες θέρμανσης χώρου	36
Ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας με πηγή θερμότητας το εδαφος για θέρμανση θερμοκήπιου	38
<u>Κεφάλαιο 4</u>	41
Ανάλυση των επιμέρους στοιχείων Ηλιακά Υποβοηθουμένης Αντλία Θερμότητας – Εισαγωγή- Συμπιεστής	41
Συμπυκνωτής	47
Επίπεδος Ηλιακός Συλλέκτης (Ατμοποιητής)	56
Ψυκτικό Υγρό	60
Εκτονωτικές Διατάξεις(Στραγγαλιστικές Βαλβίδες)	65
Ενναλάκτης Θερμότητας	69
<u>Βιβλιογραφία</u>	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑ

Αντλίες θερμότητας

Ορισμός

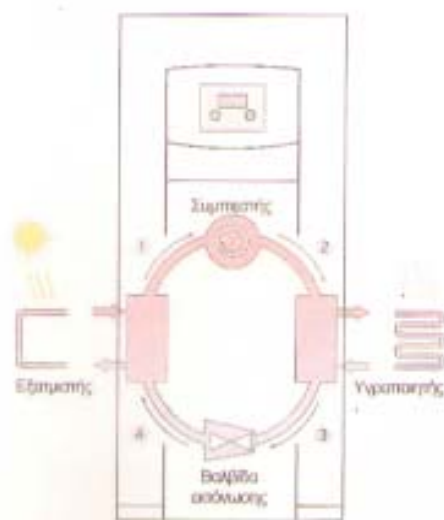
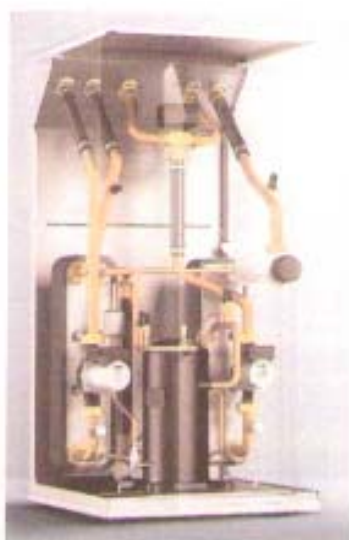
Η αντλία θερμότητας είναι συσκευή που έχει την δυνατότητα εναλλαγής λειτουργίας στον κύκλο ψύξης ενός συστήματος έτσι ώστε να δίνει άλλοτε ζεστό και άλλοτε κρύο αέρα ή άλλο μέσο μεταφοράς θερμότητας ή ψύχους, ανάλογα πάντα με τις κλιματιστικές ανάγκες του χώρου. Ως γνωστόν, η θερμότητα έχει φυσική ροή από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε αντίστοιχες χαμηλότερων. Το σύστημα αυτό όμως, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τη θερμότητα αντίθετα προς τη φυσική ροή, δηλαδή 'αντλεί' θερμότητα και για αυτό ονομάζεται έτσι. Συγκεκριμένα το καλοκαίρι αφαιρεί θερμότητα από έναν κλιματιζόμενο χώρο, ενώ το χειμώνα αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον και την αποβάλλει μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο και τον θερμαίνει. Η αντλία θερμότητας είναι ένα φθηνό σύστημα θέρμανσης συγκρινόμενη με τη θέρμανση που δίνουν οι ηλεκτρικοί θερμοσυσσωρευτές, τα αερόθερμα και γενικά τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα.

Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας της είναι η ίδια που εφαρμόζεται και στα ψυγεία ή τις κλιματιστικές συσκευές. Η αντλία θερμότητας έχει την ικανότητα με κατάλληλο χειρισμό να μεταφέρει θερμότητα από ένα χώρο Α προς ένα χώρο Β (ψύξη χώρου), ή αντίστροφα από το χώρο Β προς τον χώρο Α (Θέρμανση του χώρου Α).

Τα βασικά μέρη που αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι :

1. Το τμήμα συμπιεστή-συμπτηκνωτή, που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον
2. Το τμήμα ανεμιστήρα-ατμοποιητή, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο ή το περιβάλλον
3. Ο μηχανισμός αντιστροφής, που αποτελείται από μία τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε 'θερμαντικό' και αντίστροφα.
4. Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
5. Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.



Τυπική μορφή αντλίας θερμότητας

Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας στις δυο περιπτώσεις : Θέρμανσης και Ψύξης

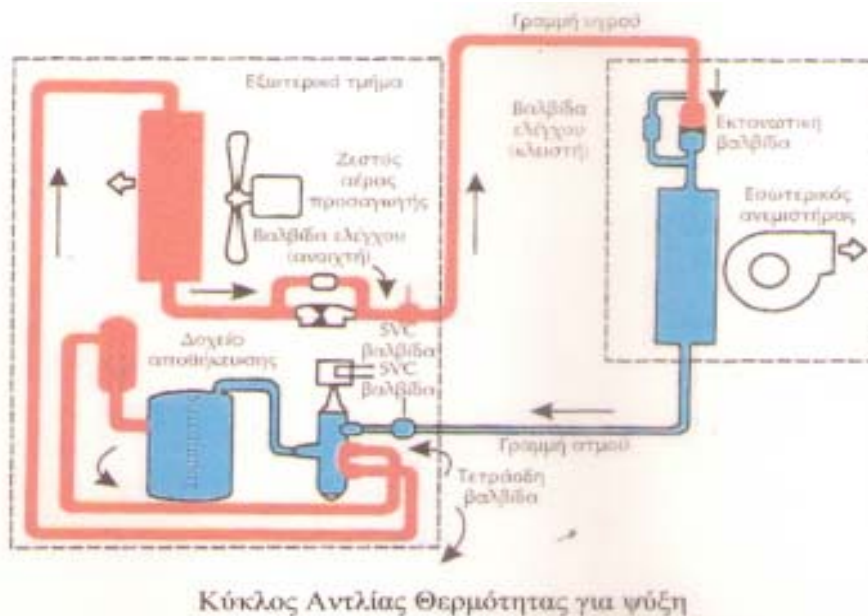
Μία αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό γιατί τέτοιος κύκλος δεν υφίσταται. Συχνά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αντλία θερμότητας 'αντιστρέφει' ή 'αναστρέφει' τον κύκλο του ψυκτικού ρευστού και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί 'ψυκτικό κύκλο' το καλοκαίρι ή 'θερμαντικό' τον χειμώνα. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του συμπυκνωτή με τον ρόλο του ατμοποιητή. Το καλοκαίρι ο ατμοποιητής είναι τοποθετημένος μέσα στον ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, και εφ' όσον αντλεί θερμότητα από αυτό. Αντί λοιπόν να μεταφέρονται οι συσκευές ατμοποιητής-συμπυκνωτής απο τον χώρο στο περιβάλλον, η ΑΘ με τη χρήση τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφει την ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικά τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου, για την συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου.

Κύκλος για ψύξη χώρου

Την μελέτη του κύκλου για ψύξη την ξεκινάμε από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον ατμοποιητή.

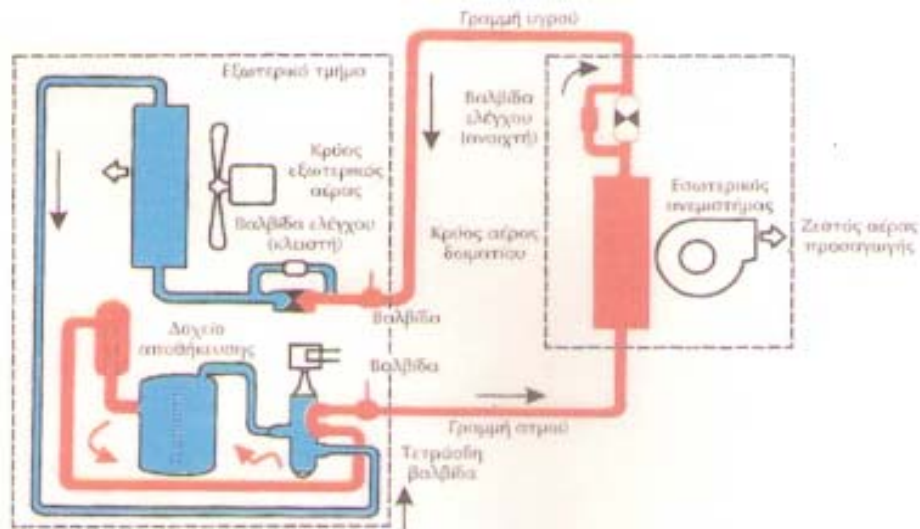
- Η είσοδος του ψυκτικού ρευστού στον ατμοποιητή ελέγχεται από την άεργη εκτονωτική-στραγγαλιστική διάταξη (βαλβίδα). Η διάταξη αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία. Κατά την ατμοποίηση, ποσά θερμότητας προσδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή.
- Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το συμπυκνωμένο αέριο υδροποιείται.

- Το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη.



Κύκλος για θέρμανση χώρου

Περιλαμβάνει τα ίδια στάδια με τον κύκλο ψύξης μόνο που σε αυτή την περίπτωση το στοιχείο που εκτελούσε την ατμοποίηση εδώ εκτελεί την συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η μετατροπή του ψυκτικού κύκλου σε κύκλο θέρμανσης γίνεται με τη βοήθεια της τετράοδης βαλβίδας, που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου-αέρα(ή νερού), ανάλογα με την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για θέρμανση

Η ιδανική Αντλία Θερμότητας

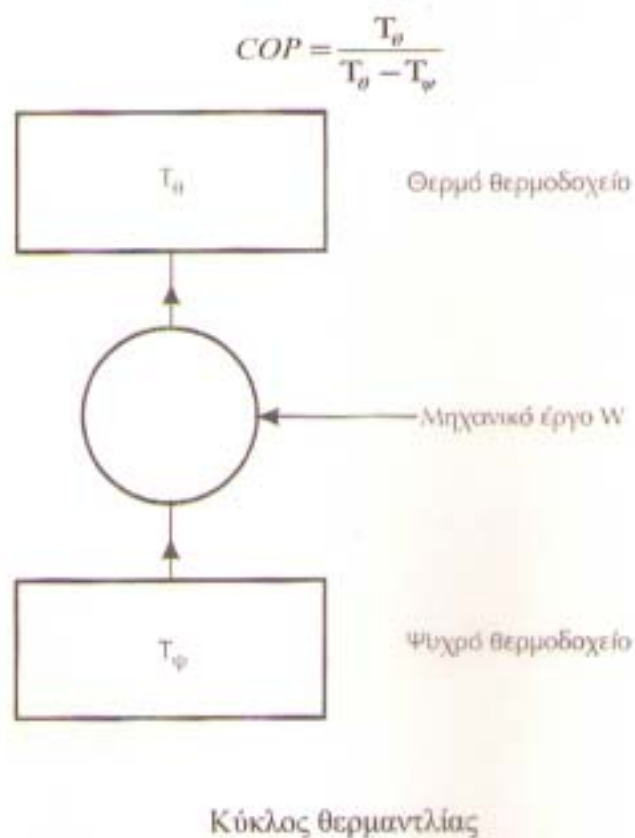
Η λειτουργία μιας Α.Θ βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot, που λειτουργεί όμως κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Η ποιότητα της αντλίας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς (επίδοσης) COP (= Coefficient of Performance).

Κατά την θέρμανση ενδιαφέρον παρουσιάζει το ποσό θερμότητας Q_2 ενώ κατά την ψύξη το Q_1 . Ο ενεργειακός ισολογισμός δίνει : $Q_2 = Q_1 + W$.

Ο COP δίνεται από την σχέση:

$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

Στην ιδανική περίπτωση τα ποσά θερμότητας δύνανται να αντικατασταθούν από τις θερμοκρασίες (βλ. Κύκλος Carnot) :



Παρατηρήσεις:

1. Για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά $T_{\theta}-T_{\psi}$ ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία T_{θ} .
2. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο COP.

Οι δύο αυτές παρατηρήσεις έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας λόγω των ειδικών κλιματολογικών συνθηκών. Έχουμε ήπιο καιρό το χειμώνα με υψηλές σχετικά θερμοκρασίες περιβάλλοντος, δυνατότητα χρήσης της ηλιακής ενέργειας βοηθητικά στην αντλία θερμότητας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και δυνατότητα σε ορισμένες περιπτώσεις της χρήσης της γεωθερμίας βοηθητικά στην ΑΘ.

Ο βαθμός απόδοσης

Η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος, διότι η ενθαλπία του αέρα είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του, επομένως στις χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα θα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας από την μία, και από την άλλη προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος, κατά τον χειμώνα.

Κατηγορίες Αντλιών Θερμότητας

Η κατηγοριοποίηση των αντλιών θερμότητας μπορεί να γίνει με βάση:

- Το μέσο από όπου αντλείται και το μέσο από όπου αποβάλλεται η θερμότητα.

Άρα διακρίνονται στις εξής:

Αέρα-Αέρα (A-A)

Αέρα-Νερού (A-N)

Νερού-Νερού (N-N)

Νερού-Αέρα (N-A)

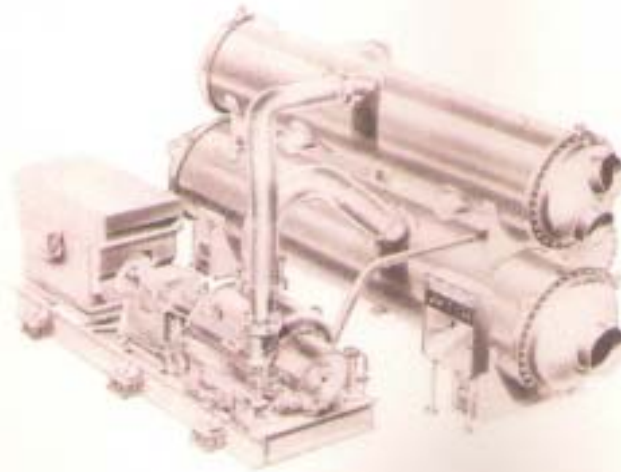
Εδάφους-Αέρα (E-A)

Εδάφους-Νερού(E-N)

- Το είδος της κινητήριας μηχανής:
 - A. Ηλεκτροκίνητοι συμπιεστές
 - B. Συμπιεστές κινούμενοι απο μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κλπ)
 - Γ. Συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (Θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).
- Τη θέση των διαφόρων μηχανισμών της:
 - A.Ενιαίες ή αυτόνομες (Compact). Όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος.
 - B. Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units). Ο ατμοποιητής (ή ο συμπηκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος.
- Τον τρόπο αναστροφής της λειτουργίας τους :
 - A. Σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η ροή του ψυκτικού μέσου διατηρείται σταθερή και αλλάζει η θέση των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας.
 - B. Μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου. Η αναστροφή της ροής του ψυκτικού μέσου γίνεται με χρήση της τετράοδης βαλβίδας.



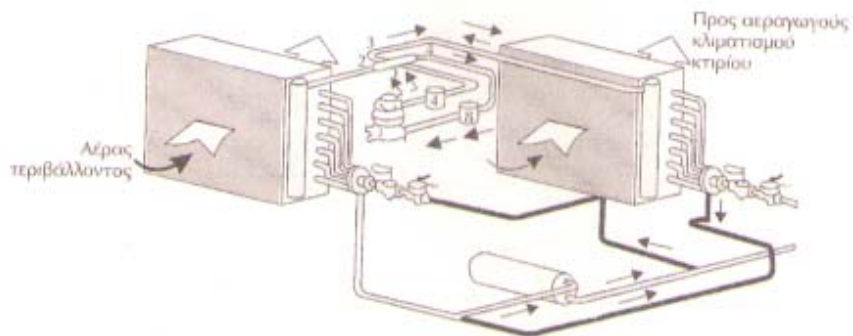
(α) Θερμαντλία αέρα-αέρα



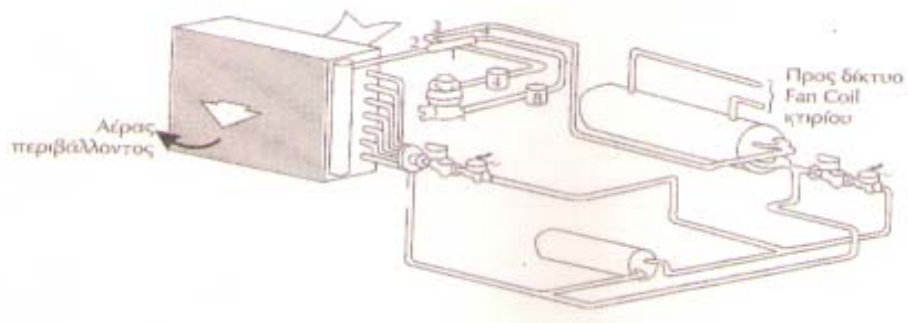
(β) Θερμαντλία νερού-νερού

Παρακάτω παρουσιάζονται φωτογραφίες από διάφορα είδη αντλιών θερμότητας.

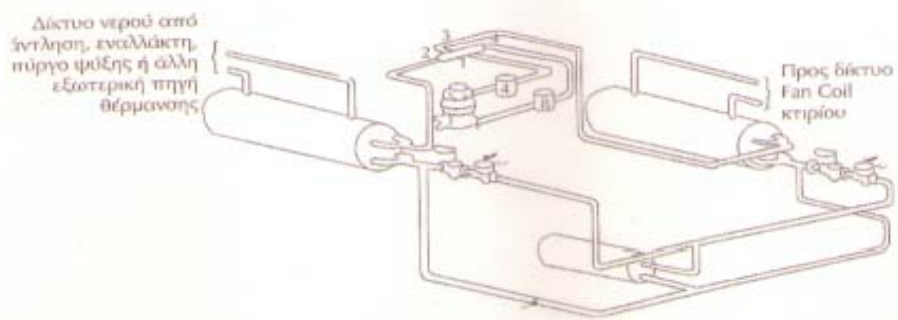
(α) Θερμαντλία αέρα-αέρα



(β) Θερμαντλία αέρα-νερού



(γ) Θερμαντλία νερού-νερού



Σχηματική απεικόνιση αντλιών θερμότητας

Οι πηγές θερμότητας

Ο αέρας

Βασικό πλεονέκτημα της πηγής αυτής είναι ότι βρίσκεται σε αφθονία μέσα στην φύση, αλλά παρουσιάζεται πρόβλημα όταν η εξωτερική θερμοκρασία το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή γιατί η θερμαντλία δεν έχει την δυνατότητα να αντλήσει θερμότητα από τον αέρα. Τότε χρησιμοποιείται εφεδρικό σύστημα για την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Το εφεδρικό σύστημα μπορεί να είναι ένας λέβητας πετρελαίου ή αερίου, νυχτερινή ή ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια, κλπ.

Σημαντικό πρόβλημα είναι το πάγωμα του ατμοποιητή, όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι μικρότερη από 0-2 οC οπότε επέρχεται στερεοποίηση της υγρασίας του αέρα. Όσο αυξάνει η ποσότητα του δημιουργούμενου πάγου, τόσο μειώνεται η παροχή του αέρα που διέρχεται από τον ατμοποιητή. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε αρχικά με την χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων που έλιωναν τον πάγο. Σήμερα πλέον η πιο γνωστή μέθοδος είναι η αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου. Με τον τρόπο αυτό όταν απαιτείται απόψυξη, η τετράοδη βαλβίδα ενεργοποιείται και μπαίνει σε λειτουργία ο ψυκτικός κύκλος, οπότε το ζεστό αέριο οδηγείται στον ατμοποιητή και λιώνει τον πάγο. Κατά την απόψυξη ο εξωτερικός ανεμιστήρας σταματά να παρέχει κρύο αέρα, με αποτέλεσμα ο συμπιεστής να αντιμετωπίζει μόνο τα φορτία του πάγου.

Το νερό

Λόγω του υψηλού κόστους χρήσης νερού από το δημόσιο δίκτυο, σε ανοιχτά κυκλώματα συχνά προτιμάται νερό από ιδιωτικές αντλήσεις. Είναι δυνατή επίσης η χρησιμοποίηση νερού λίμνης, ποταμού ή ακόμα και θάλασσας. Στην τελευταία περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ο τρόπος υδροληψίας γιατί οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να κλείσουν τις εισόδους των σωλήνων, καθώς επίσης και γιατί μπορεί να υπάρξει αναρρόφηση άμμου, η οποία προκαλεί προβλήματα φθοράς στις αντλίες και στους εναλλάκτες του συστήματος. Για να αποφευχθούν τα προβλήματα αυτά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ενδιάμεσο κλειστό κύκλωμα νερού σε θαλάσσιο εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης αυτός μπορεί να είναι πλαστικός σωλήνας ο οποίος τοποθετείται στην θάλασσα και εναλλάσει θερμότητα με το θαλασσινό νερό.

Το έδαφος

Το έδαφος ως πηγή θερμότητας παρουσιάζει δύο βασικά προβλήματα. Το πρώτο είναι η συντήρηση του στοιχείου και η αντιμετώπιση της διάβρωσης και των διαρροών. Το δεύτερο είναι η απαιτούμενη μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας στο έδαφος. Οι ερευνητές τα τελευταία χρόνια προσπαθούν να αξιοποιήσουν την μεγάλη θερμοχωρητικότητα που έχει το έδαφος και γενικά ο υπεδαφικός χώρος ο οποίος λειτουργεί παράλληλα και σαν φυσικός αποθηκευτικός χώρος θερμικής ενέργειας (κυρίως ηλιογενούς προέλευσης). Αυτό δύναται να δημιουργήσει σημαντική βελτίωση στον COP της αντλίας θερμότητας.

Ο ήλιος, η γεωθερμική ενέργεια, κ.α

Είναι δυνατή η εκμετάλλευση ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας για την λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας. Χρησιμοποιούνται κυρίως συσκευές αναρρόφησης ή προσρόφησης οι οποίες χρησιμοποιούν το θερμικό περιεχόμενο των παραπάνω πηγών ενέργειας για την παραγωγή ψύχους ή θέρμανσης. Τα συστήματα αυτά έχουν αρχίσει να διαδίδονται ευρύτατα κυρίως σε μεγάλες κεντρικές εγκαταστάσεις, ειδικά μετά την ενεργειακή κρίση και τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί τα τελευταία χρόνια.

Σύγκριση αντλιών θερμότητας με πηγή αέρα και έδαφος

Οι αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούν τον αέρα ως πηγή θερμότητας χρησιμοποιούνται πάρα πολλά χρόνια τόσο για ψύξη όσο και για θέρμανση, παρόλα αυτά η επάρκεια τους επηρεάζεται από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω.

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, δηλαδή οι αντλίες θερμότητας με χρήση του εδάφους ως πηγή θερμότητας, χρησιμοποιούνται χρόνια στις ανεπτυγμένες χώρες εξαιτίας της υψηλής ενεργειακής του απόδοσης σε σχέση με τα συμβατικά θερμικά και ψυκτικά συστήματα. Η ενεργειακή απόδοση τους εξαρτάται από τρεις κύριους παράγοντες. Πρώτων από την μηχανή της αντλίας θερμότητας, δεύτερων από τις κυκλοφοριακές αντλίες και τέλος από τα χαρακτηριστικά του εδαφικού κυκλώματος και του εδάφους. Οι γεωθερμικές αντλίες δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα με τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας, καθώς η θερμοκρασία του εδάφους παραμένει σταθερή σε μεγάλο βαθμό κατά την διάρκεια του χρόνου. Ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και την υγρασία του, το έδαφος παρουσιάζει λίγες ή και καθόλου μεταβολές κάτω από τα 10 μέτρα.

Οι γεωθερμικές αντλίες παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αντλίες που έχουν ως πηγή θερμότητας το νερό, τα εξής:

1. Απορροφούν λιγότερη ενέργεια κατά την λειτουργία τους
2. Το έδαφος, η γή είναι πιο σταθερό ενεργειακά από ότι ο αέρας
3. Δεν χρειάζονται πρόσθετη θερμότητα κατά την διάρκεια χαμηλών

περιβαλλοντικών θερμοκρασιών

4. Χρησιμοποιούν λιγότερο ψυκτικό
5. Έχουν πιο απλό σχέδιο και συνεπώς χρειάζονται λιγότερη συντήρηση
6. Δεν απαιτείται η μονάδα να είναι τοποθετημένη σε εξωτερικούς χώρους.

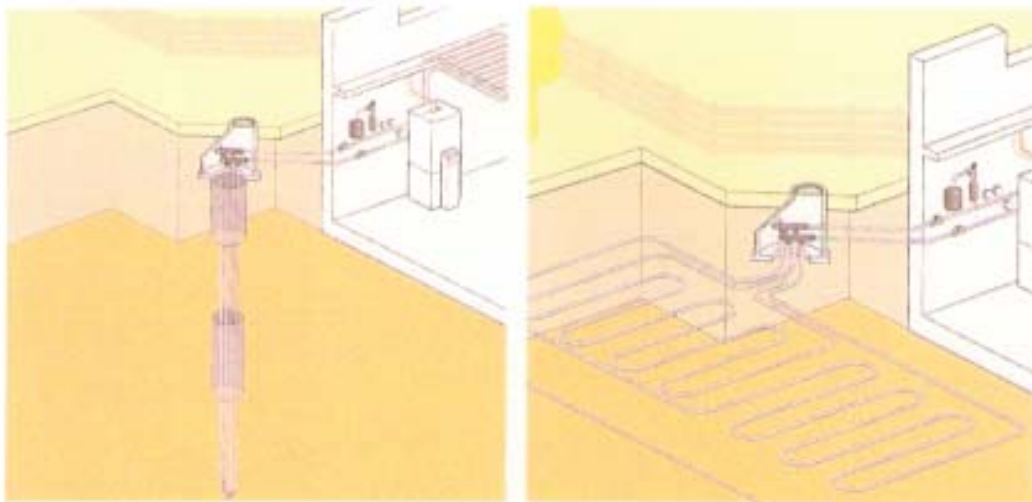
Το βασικό μειονέκτημα των γεωθερμικών αντλιών είναι το υψηλό αρχικό κόστος τους. Είναι 30-50% πιο ακριβές από τις αντλίες αέρα. Το επιπλέον αυτό κόστος προκύπτει από το 'θάψιμο' των εναλλακτών θερμότητας στο έδαφος.

Παρόλα αυτά, μόλις εγκατασταθούν, το ετήσιο κόστος είναι μικρότερο κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Η εξοικονόμηση αυτή του κόστους προκύπτει από τον συντελεστή συμπεριφοράς, COP ο οποίος είναι κατά μέσο όρο γύρω στο 3 για τις γεωθερμικές αντλίες και γύρω στο 2 για τις αντλίες που χρησιμοποιούν αέρα. Επίσης ένα άλλο μειονέκτημα είναι η χαμηλή ισχύς της αβαθούς γεωθερμικής ενέργειας.

Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Ένα από τα πρώτα βήματα, για την χρησιμοποίηση μιας γεωθερμικής αντλίας, είναι ο χαρακτηρισμός του τόπου από γεωλογική άποψη και από την διαθεσιμότητα νερού στο υπέδαφος. Σημαντικό ρόλο στην λειτουργία παίζουν επίσης οι πληροφορίες γύρω από τον υδροφόρο ορίζοντα που είναι διαθέσιμος στο συγκεκριμένο μέρος, η ικανότητα του να δώσει νερό, το βάθος που βρίσκεται το νερό, η γεωλογία, το βάθος του βραχώδους υποστρώματος και η φύση του εδάφους και πετρώματος. Αυτές οι πληροφορίες βοηθούν του σχεδιαστές για την σωστή επιλογή του συστήματος που θα χρησιμοποιηθεί.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συστημάτων με γεωθερμικές αντλίες: τα ground coupled (κλειστός βρόγχος) και τα συστήματα με πηγή το νερό (water-source, ανοιχτού κυκλώματος). Τα Ground coupled συστήματα χρησιμοποιούνται στη βόρεια Ευρώπη πολλά χρόνια, αλλά δεν χρησιμοποιούνταν σε εμπορική βάση στις Η.Π.Α μέχρι το 1980. Χρησιμοποιούνται σε μέρη όπου δεν είναι διαθέσιμο νερό πηγής, και όπου η δημιουργία πηγαδιού είναι ακριβή. Στου οριζοντίου τύπου ground coupled συστήματα, οι σωλήνες είναι θαμμένοι σε βάθος 1,2-1,8 μέτρα. Αυτό επιτρέπει την ύπαρξη της μικρότερης 'παρεμβολής' μεταξύ των σωλήνων. Παρόλα αυτά το σύστημα αυτό επηρεάζεται από την ηλιακή ακτινοβολία.



Εφαρμογές Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας

Χρήση των γεωθερμικών αντλιών

Οι γεωθερμικές αντλίες έχουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη από το 1995, σχεδόν 59 ή 9,7% ετησίως στις Η.Π.Α και την Ευρώπη. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 6850MW και ετησίως 26 χώρες καταναλώνουν 23,214TJ/χρόνο. Το ακριβές νούμερο των εγκατεστημένων μονάδων είναι περίπου 500.000 το 2000. Εκτιμάται επίσης ότι υπάρχουν πάνω από ένα εκατομμύριο εγκατεστημένες σήμερα..

Παγκοσμίως οι γεωθερμικές αντλίες ανέρχονται στο 12% της γεωθερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται απευθείας, υπολογίζοντας ότι φτάνουν τα 16.500TJ (4580GWh) ετησίως. Στην Ευρώπη και κυρίως στην Γερμανία, στην Αυστρία και την Ελβετία έχει αυξηθεί επίσης η χρήση των γεωθερμικών αντλιών.

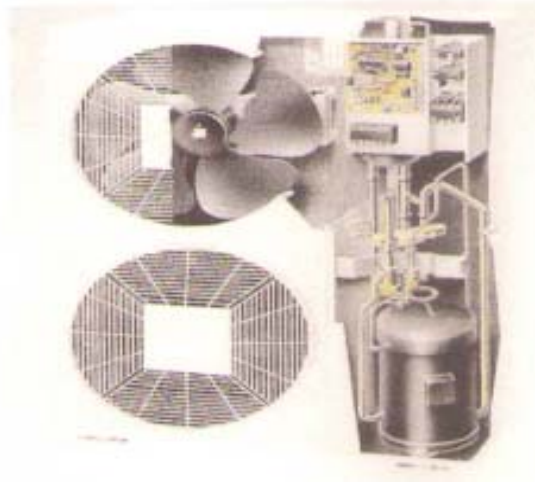
Εφαρμογές Αντλιών Θερμότητας

1. Διμερής μονάδα θερμαντλίας (split unit)

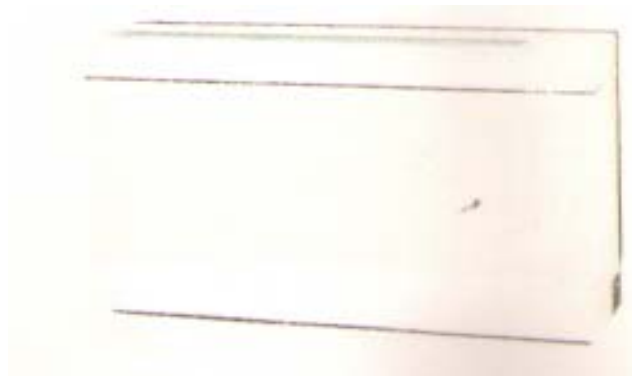
Στο σύστημα αυτό ο συμπηκνωτής και ο ατμοποιητής αποτελούν ξεχωριστές και ανεξάρτητες μονάδες, οι οποίες τοποθετούνται σε δυο διαφορετικούς χώρους που δεν επικοινωνούν.

Αν αυτή η αντλία θερμότητας λειτουργεί σε κύκλωμα ψύξης (το καλοκαίρι), ο συμπηκνωτής βρίσκεται στον εξωτερικό χώρο. Ο ατμοποιητής μπορεί να έχει δύο μορφές, την μορφή δαπέδου ή τη μορφή τοίχου. Ο χώρος που λειτουργούν αυτές οι δύο μορφές είναι ο ψυχόμενος χώρος. Οι δύο ανεξάρτητες μονάδες του Split Unit (δηλαδή ο συμπηκνωτής και ο ατμοποιητής) επικοινωνούν μέσω των σωλήνων κυκλοφορίας ψυκτικού μέσου καθώς και με τα καλώδια τροφοδοσίας ηλεκτρισμού και ελέγχου λειτουργίας.

Όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω το χειμώνα ο ρόλος αυτών των δύο μονάδων αντιστρέφεται και θερμαίνεται ο χώρος.



1.Εσωτερικό τμήμα θερμαντλίας διμερούς τύπου



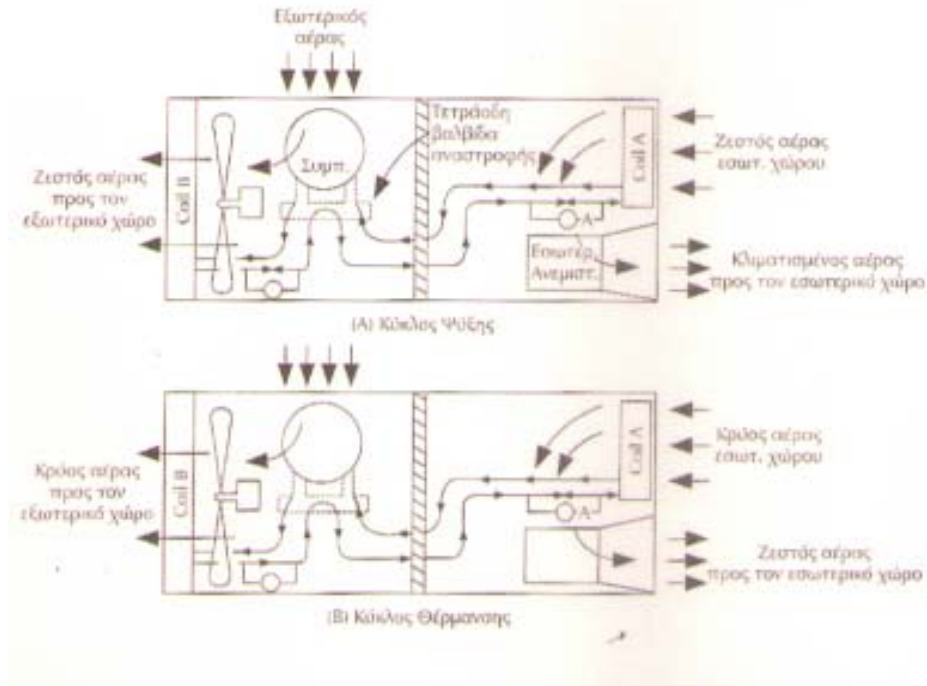
2. Εξωτερικό τμήμα θερμαντλίας διμερούς τύπου

2. Εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση Α.Θ

Παρουσιάζεται ένα παράδειγμα σύγκρισης μιας αντλίας θερμότητας με μια απλή ηλεκτρική θερμάστρα για να δούμε το μέγεθος της εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται μια θερμαντλία η οποία λειτουργεί με ψυκτικό μέσο R-22 και καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 763 Watt, απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον ίση με 2676 Watt και αποδίδει στον θερμαινόμενο χώρο, ενέργεια ίση με 3439 Watt. Η απόδοση της θερμικής ενέργειας στον εσωτερικό χώρο γίνεται με την βοήθεια του συμπηκνωτή.

Η ηλεκτρική ενέργεια, που καταναλώνεται από την Α.Θ, πενταπλασιάζεται όταν μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια με τη βοήθεια της θερμαντλίας. Η οικονομία ρεύματος είναι εμφανής, όταν συγκριθεί το σύστημα Α.Θ με μια απλή θερμάστρα, η οποία στην περίπτωση του παραδείγματος θα κατανάλωνε 3439 Watt.



Σχηματική παράσταση Αντλίας Θερμότητας ενιαίου τύπου

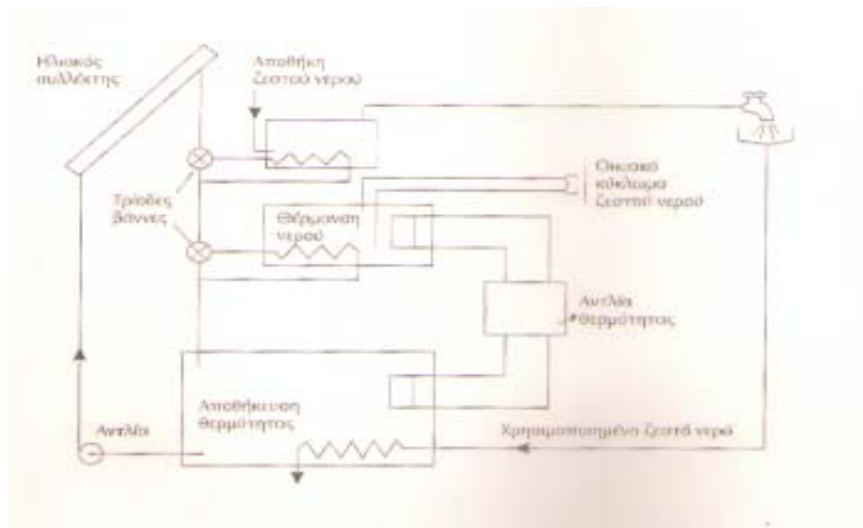
3. Ένταξη των αντλιών θερμότητας σε συστήματα ηλιακών συλλεκτών

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι συνδυασμού Α.Θ και ηλιακών συλλεκτών :

- Χρησιμοποίηση της αντλίας θερμότητας σαν τμήμα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια, όπου η αντλία λειτουργεί μόνο όταν η απόδοση των συλλεκτών δεν είναι επαρκής. Όταν η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη από τη

ζήτηση αποταμιεύεται ενέργεια (θέρμανση νερού σε ειδικές δεξαμενές).

- Ενίσχυση της αντλίας θερμότητας από σύστημα συλλογής και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας. Αντλείται θερμότητα από τον ήλιο και χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε θερμοκρασίες χρήσιμες για θέρμανση. Κατά την χρησιμοποίηση του ζεστού νερού, η θερμοκρασία του ελαττώνεται μέχρις ότου φτάσει σε σημείο που είναι άχρηστη για θέρμανση (κάτω των 35-40 οC), στο οποίο αρχίζει να λειτουργεί η αντλία θερμότητας νερού-νερού, η οποία κατεβάζει χαμηλότερα τη θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται στο δοχείο 5οC περίπου), αντλώντας τη θερμότητα που περιέχεται στο νερό. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και εξοικονομείται ενέργεια.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΥΟ

Ηλιακή ενέργεια

Εισαγωγή

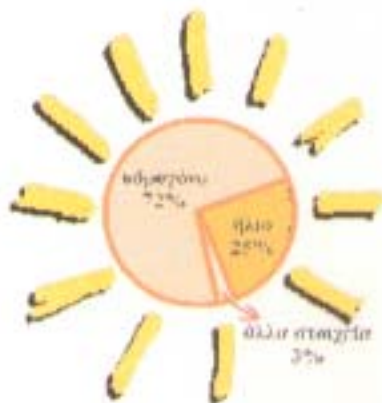
Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπίνων. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από 300\$ σε 4\$ το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γή δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητα της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές.

Ο Ήλιος

Όπως ξέρουμε ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Ο ήλιος είναι απλανής αστέρας μέσου μεγέθους που λόγω των

μεγάλων θερμοκρασιών των στοιχείων που τον συνθέτουν, μεταξύ των οποίων και το υδρογόνο, τα μόρια αλλά και τα άτομά τους βρίσκονται σε μια κατάσταση "νέφους" θετικών και αρνητικών φορτίων ή κατάσταση πλάσματος, όπως ονομάστηκε.

Σ' αυτές τις θερμοκρασίες, μερικών εκατομμυρίων οC, οι ταχύτατα κινούμενοι πυρήνες υδρογόνου (H) συσσωματώνονται, υπερνικώντας τις μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και δημιουργούν πυρήνες του στοιχείου ηλίου (He). Η πυρηνική αυτή αντίδραση -σύντηξη πυρήνων- είναι εξώθερμη και χαρακτηρίζεται από γνωστή μας έκλυση τεράστιων ποσοτήτων ενέργειας ή θερμότητας ή όπως συνηθίζεται να λέγεται, ηλιακής ενέργειας, που ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα, αν και αυτο συμβαίνει συνεχώς εδώ.



Αξιοποίηση της Ηλιακής Ενέργειας

Σήμερα αξιοποιούμε με πολλούς τρόπους την ευεργετική δράση της ηλιακής ακτινοβολίας :

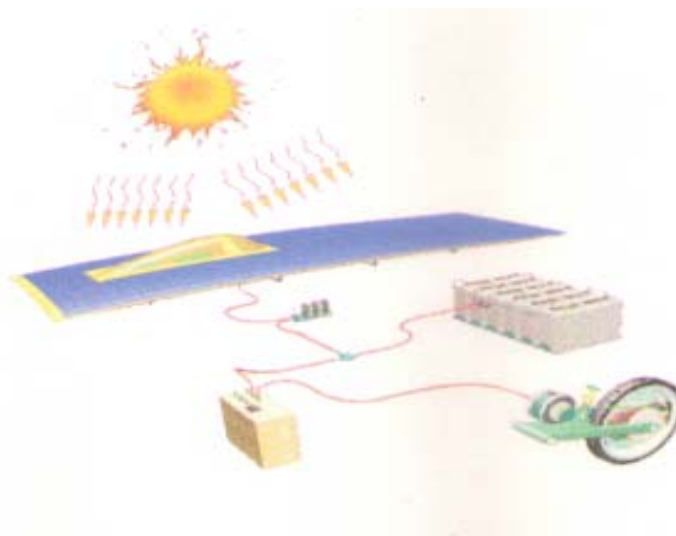
1. Με τη χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων που συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε θερμότητα σε κάποια θερμομονωμένη δεξαμενή, όπου την αποθηκεύουν και ονομάζονται ενεργητικά ηλιακά συστήματα.
2. Με τα παθητικά ηλιακά συστήματα, δηλαδή όλα τα κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα δομικά στοιχεία των

οικοδομικών κατασκευών (κτηρίων) που υποβοηθούν την καλύτερη άμεση ή έμμεση εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας είτε για τη θέρμανση των κτηρίων το χειμώνα είτε για το δρόσισμα τους το καλοκαίρι.



3. Με την κατευθείαν μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με τη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Θα αναπτύξουμε παρακάτω μόνο τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, καθώς σε αυτά ανήκει ο επίπεδος ηλιακός συλλέκτης που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε.



Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πλέον διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες.

Η επιφάνεια ηλιακών συστημάτων που βρίσκονται σε λειτουργία στη χώρα μας είναι περίπου 2.800.000 m² (στοιχεία 2001). Ήδη, περισσότερες από 1.000.000 ελληνικές οικογένειες καλύπτουν περίπου το 80% των ετήσιων αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης με ηλιακό θερμοσίφωνα. Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών και η ποιότητα τους γενικά έχουν βελτιωθεί τα τελευταία χρόνια. Η Ελλάδα είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας σε όλη την Ευρώπη και μάλιστα σε χώρες με ιδιαίτερη βιομηχανική παράδοση, όπως η Γερμανία.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, ένα δοχείο αποθήκευσης της θερμότητας και σωληνώσεις. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα μεταφέρεται στο δοχείο αποθήκευσης. Οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στην οροφή του κτηρίου, με νότιο προσανατολισμό και κλίση 30-60 ως τον ορίζοντα, ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της ακτινοβολίας που συλλέγεται ετησίως.

Πέρα από την οικιακή χρήση, η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη σήμερα, ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Έτσι, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζεται ως μία από τις πολλά υποσχόμενες προοπτικές, λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας ακριβώς την εποχή που απαιτούνται τα ψυκτικά

φορτία. Υπάρχουν ήδη μερικές επιτυχημένες εφαρμογές τέτοιων συστημάτων στη χώρα μας και αναμένεται να έχουν ταχεία ανάπτυξη.

Μια άλλη εφαρμογή που έχει εξαπλωθεί στην Ευρωπαϊκή αγορά είναι ο συνδυασμός παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων με ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Η χρήση των συστημάτων αυτών στις ελληνικές

κλιματικές συνθήκες για τη θέρμανση χώρων, θεωρείται τεχνικά αλλά και οικονομικά αποδοτική, αν συνδυαστεί με την κατάλληλη μελέτη/κατασκευή του κτιρίου (καλή μόνωση, εκμετάλλευση των παθητικών ηλιακών ωφελειών, κ.λπ) και τη συνεργασία του χρήστη. Μπορεί να εξοικονομήσει συμβατική ενέργεια σε νέα ή παλιά κτίρια, στα οποία έχουν ληφθεί όλα τα εφικτά μέτρα για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη μεγιστοποίηση της οικονομικότητας της εγκατάστασης. Είναι πάντως, πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης για την αποφυγή λανθασμένων επιλογών και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης.

Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι αναπόσπαστα κομμάτια – δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

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

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΑ

Ηλιακά Υποβοηθούμενες Αντλίες Θερμότητας

Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες από διάφορους ερευνητές με θέμα τον σχεδιασμό, και την λειτουργία των ηλιακά υποβοηθούμενων αντλιών θερμότητας ή όπως ονομάζονται στα αγγλικά Solar Assisted Heat Pump Systems (SAHPSs). Οι μελέτες που έγιναν κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω ομάδες:

- α) στις ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας για ζέσταμα νερού,
- β) στις ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας με αποθήκευση για θέρμανση χώρου (conventional type)
- γ) στις ΗΥΑΘ με άμεση διαστολή για θέρμανση χώρου και
- δ) στις ΗΥΑΘ που έχουν πηγή ενέργειας το έδαφος και χρησιμοποιείται για την θέρμανση θερμοκηπίου. Αυτές οι αντλίες θερμότητας είναι γνωστές και με το όνομα γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.

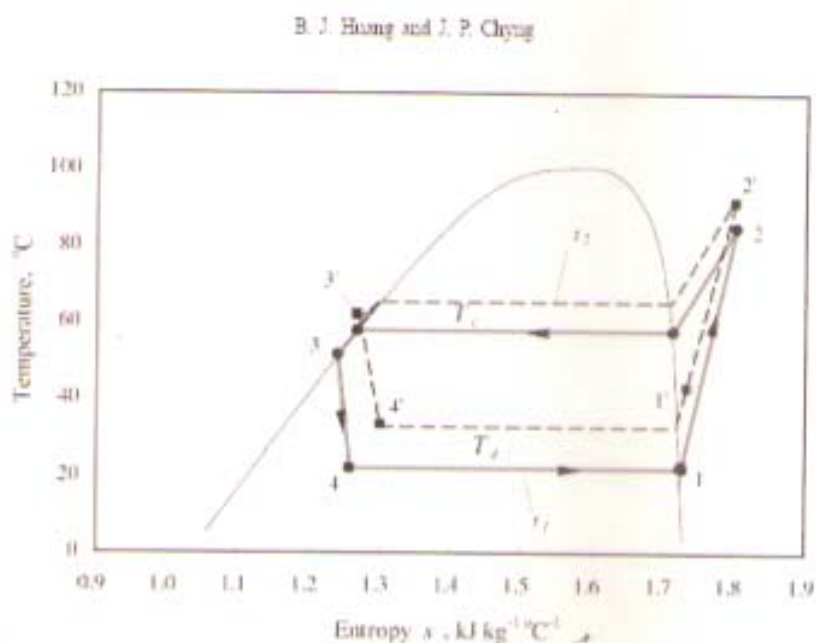
Μελέτες γύρω από την Ενεργειακή Ανάλυση Ηλιακά Υποβοηθούμενων Αντλιών Θερμότητας

Την τελευταία δεκαετία ένα μεγάλο μέρος μελετών έχει αφιερωθεί από μερικούς μελετητές στο σχεδιασμό και τη δοκιμή συστημάτων με Η.Υ.Α.Θ, και όπως αναφερθήκαμε παραπάνω οι μελέτες αυτές έγιναν για τις τέσσερις διαφορετικές ομάδες Η.Υ.Α.Θ

A) Η.Υ.Α.Θ για θέρμανση ποσότητας νερού

Ο **Chatuverdi** εξέτασε ηλιακά υποβοηθούμενες αντλίες θερμότητας άμεσης εκτόνωσης, οι οποίες παρέχουν ζεστό νερό για οικιακή χρήση. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη, ο οποίος δρα επίσης και ως ατμοποιητής. Τα πειραματικά αποτελέσματα που βρήκε ο Chatuverdi δείχνουν ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά μειώνοντας την ταχύτητα συμπίκνωσης καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος ανεβαίνει τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι **Huang** και **Chyng** μελέτησαν τα χαρακτηριστικά μιας εσωτερικού τύπου ηλιακά υποβοηθουμένης αντλίας θερμότητας –integral-type-assisted heat pump (ISAHP). Το σύστημα τους αποτελείται από ένα ψυκτικό κύκλο Rankine και ένα βρόγχο με θερμοσίφωνο (thermosyphone loop).



Η ηλιακή ενέργεια καθώς και η ενέργεια που προέρχεται από τον αέρα του περιβάλλοντος απορροφούνται από τον συλλέκτη/ατμοποιητή και αντλούνται στην αποθηκευτική δεξαμενή μέσω του ψυκτικού κύκλου Rankine και του εναλλακτή θερμότητας, δηλαδή του θερμοσίφωνου. Το νερό απορροφά θερμότητα από τον συμπυκνωμένο ατμό του ψυκτικού κύκλου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται φυσική κυκλοφορία μέσα στο θερμοσίφωνο.

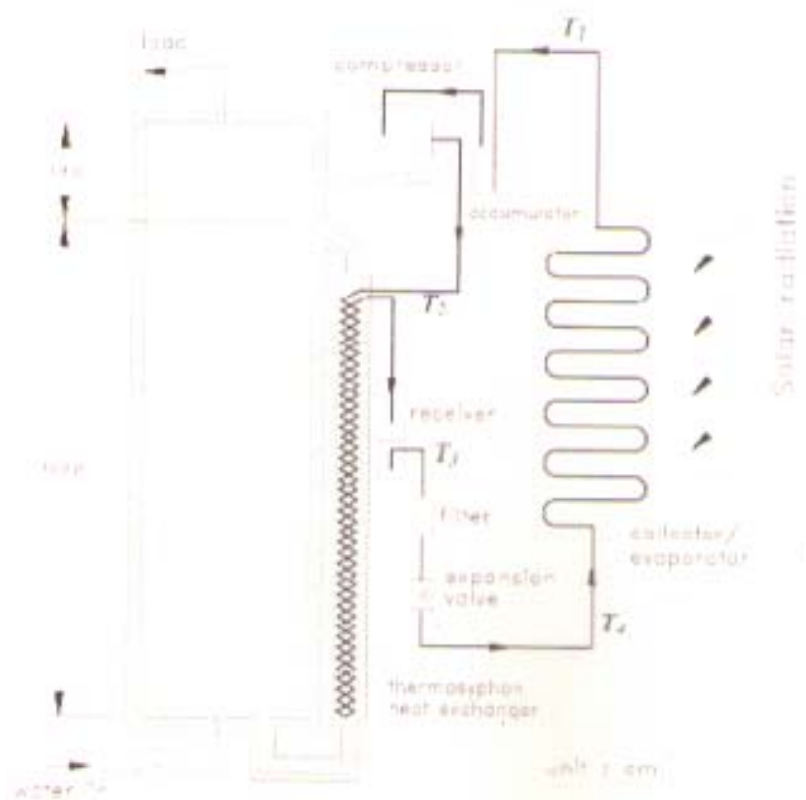


Fig. 5. Schematic diagram of integral-type solar assisted heat pump.

Οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν μια δεξαμενή 105 λίτρων, ένα <<γυμνό>> ηλιακό συλλέκτη και έναν ανταποδοτικού τύπου συμπυκνωτή με ψυκτικό μέσο το R 134a ισχύος 250 W. Από τα

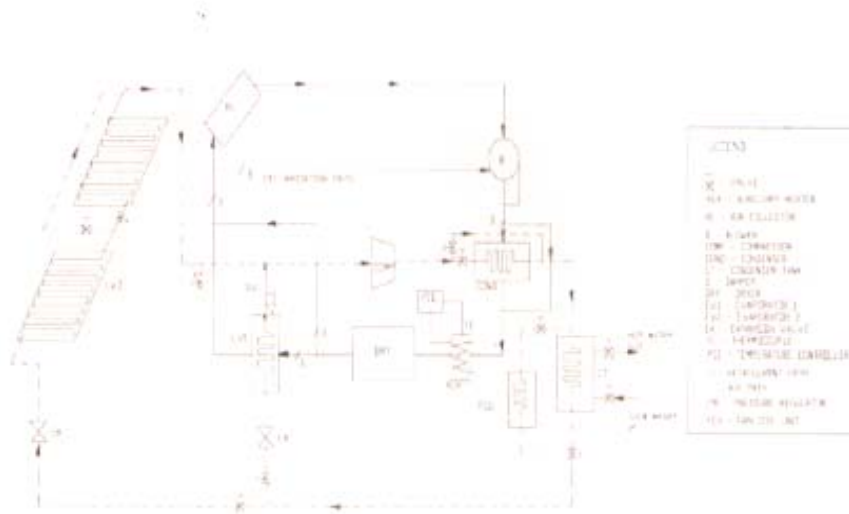
πειράματα βρήκαν ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι μεταξύ 2,5-3,7 ανάλογα με την θερμοκρασία του νερού. Ο μέγιστος COP ήταν 3,83.

Ο **Chyng** μελέτησε ένα μοντέλο προσομοίωσης μιας ISAHP. Στην προσομοίωση αυτή θεώρησε ο Chyng μια ημισταθερή διαδικασία για όλα τα στοιχεία του συστήματος εκτός από την δεξαμενή. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για ακαριαία απόδοση συμφωνούν πολύ καλά με αυτά του πειράματος. Η διαδικασία αυτή έγινε για να αναλυθεί η καθημερινή συμπεριφορά μιας ISAHP για ένα χρόνο. Φάνηκε ότι ο καθημερινός ολικός συντελεστής συμπεριφοράς ήταν μεταξύ 1,7-2,5, εξαρτώμενος από την εποχή και τις καιρικές συνθήκες. Οι τιμές του ήταν υψηλότερες από το 2,0 το περισσότερο μέρος του χρόνου και ο κατά μέσος χρόνος λειτουργίας την ημέρα ήταν 4 με 8 ώρες. Επίσης σε αυτή τη μελέτη εξετάστηκε και η γραμμική προσαρμογή της βαλβίδας διαστολής. Η ανάλυση έδειξε ότι οι εκτονωτικές συσκευές δεν χρειάζονται online έλεγχο.

Ο **Hyang** και ο **Lee** έκαναν ένα έλεγχο αξιοπιστίας για ένα μεγάλο διάστημα. Το πρωτότυπο που χρησιμοποίησαν δούλεψε συνεχόμενα πάνω από 13.000 ώρες και με συνολικό χρόνο λειτουργίας πάνω από 20.000 ώρες κατά την διάρκεια 5 χρόνων. Η μετρούμενη συνολική κατανάλωση ήταν 0,019 kWh/l ζεστού νερού στους 57°C, η οποία ήταν μικρότερη από την ηλεκτρική κατανάλωση ενός συμβατικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης.

Ο **Hawlander** σχεδίασε, κατασκεύασε και έλεγξε μια Η.Υ.Α.Θ. για θέρμανση και ξήρανση νερού. Μελέτησε μαζί με την ομάδα του την συμπεριφορά του συστήματος κάτω από διαφορές μετεωρολογικές συνθήκες στην Σιγκαπούρη. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα ανταποδοτικό συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας, έναν συλλέκτη-ατμοποιητή, μια δεξαμενή αποθήκευσης, έναν αερόψυκτο συμπυκνωτή, έναν βοηθητικό θερμαντή, έναν ξηραντήρα, έναν φυσερό(φουσητήρα), έναν αφυγραντή και ένα συλλέκτη αέρα. Το σύστημα ξήρανσης σχεδιάστηκε έτσι ώστε κάποια από τα στοιχεία του να μπορούν να απομονωθούν ανάλογα με τις συνθήκες του καιρού και τον τρόπο χρήσης του συστήματος. Το ξηραντικό μέσο που χρησιμοποίησε είναι ο αέρας και το ξηραντήριο σχεδιάστηκε έτσι

ώστε να μεταφέρει μια φουρνιά ξηρών κόκκων φαγητού. Επίσης δημιούργησαν και ένα πρόγραμμα προσομοίωσης με την χρήση της Fortran ως γλώσσα προγραμματισμού, για να εκτιμήσουν την απόδοση του συστήματος και την επίδραση των διαφόρων μεταβλητών στο σύστημα. Οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς που προήλθαν από το πείραμα και από την προσομοίωση ήταν 5 και 7 αντίστοιχα, ενώ οι τιμές του Solar Fraction(SF) ήταν 0,61 και 0,65 αντιστοίχως.



B) Η.Υ.Α.Θ με εναποθήκευση για θέρμανση χώρου (συμβατικοί τύποι)

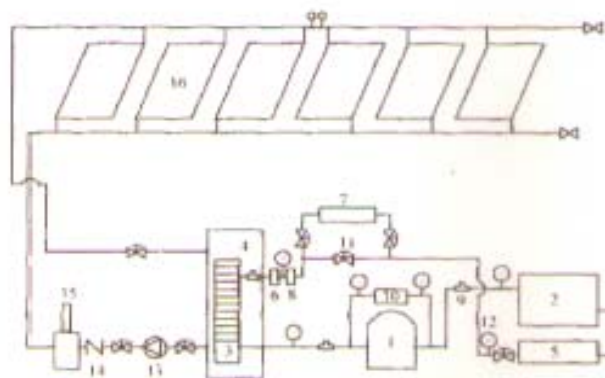
Ο **Badescu** μελέτησε ένα μοντέλο μιας μηχανής αποθήκευσης θερμικής ενέργειας ενσωματώνοντας την σε μια ηλιακή υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας για θέρμανση χώρου. Ανακάλυψε ότι ο συντελεστής συμπεριφοράς της αντλίας θερμότητας και η αποδοτικότητα της ενέργειας μειώνονται όταν αυξάνεται το μήκος της

μονάδας αποθήκευσης θερμικής ενέργειας. Επίσης, η μηνιαία θερμική ενέργεια που αποθηκευτεί από αυτή τη μονάδα και η μηνιαία ενεργεία που απαιτείται για να κινήσει τον συμπιεστή της αντλίας θερμότητας αυξάνονται όταν αυξάνεται το μήκος της μονάδας. Παρόλα αυτά, τα αρχικά του αποτελέσματα έδειχναν ότι η χρήση φωτοβολταϊκών κατόπτρων μπορεί να παρέχει όλη την ενέργεια που απαιτείται από τον συμπιεστή, αν δεν μπορεί να υπάρξει ένα ηλεκτρικό σύστημα.

Ο **Kaygusuz** εξέτασε τη συμπεριφορά ενός ηλιακά υποβοηθούμενου συστήματος αντλίας θερμότητας όπου η αποθήκευση ενέργειας γίνεται με υλικά αλλαγής φάσης (phase change material) στην περιοχή Trabzon της Τουρκίας. Τα αποτελέσματα συγκεντρώθηκαν τους μήνες Νοέμβριο μέχρι Μάρτιο για δυο θερμικά συστήματα. Από τα πειράματα του φαίνεται ότι το παράλληλο σύστημα θέρμανσης με αντλία θερμότητας κέρδισε περισσότερη ενεργεία σε σχέση με το εν σειρά σύστημα, διότι το πρώτο χρησιμοποιεί τον αέρα και τον ήλιο ως πηγή θερμότητας για τον ατμοποιητή ενώ το εν σειρά σύστημα χρησιμοποιεί μόνο την ηλιακή ενεργεία.

Οι **Yamankaradeniz** και **Horyz** ερεύνησαν τα χαρακτηριστικά μιας Η.Υ.Α.Θ. θεωρητικά και πειραματικά για <<καθαρές>> μέρες για 7 μήνες την χειμερινή περίοδο, στην Κωνσταντινούπολη. Δημιούργησαν ένα θεωρητικό μοντέλο και ένα πρόγραμμα. Η μέση καθημερινή αποδοτικότητα του συλλέκτη, η ηλιακή ακτινοβολία, η μέση μηνιαία μεταφορά θερμότητας στον συμπυκνωτή, η μέση μηνιαία ψυκτική ικανότητα και ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι οι παράγοντες που εξέτασαν.

Η πειραματική διάταξη παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα :



- | | | |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------|
| 1. Compressor | 6. Expansion valve | 11. By-pass line |
| 2. Condenser | 7. Drier | 12. Manometer |
| 3. Evaporator | 8. Solenoid valve | 13. Water pump |
| 4. Storage tank | 9. Thermocouple connection | 14. Check valve |
| 5. Receiver | 10. Low and high pressure regulator | 15. Rotameter |
| | | 16. Solar collector |

FIG. 1
Experimental setup

Ο Π. Αξαόπουλος, ο Π. Παναγάκης και ο Σ. Κυρίτσης συνέκριναν πειραματικά μια Η.Υ.Α.Θ. με ένα τυπικό ηλιακό σύστημα με θερμοσίφωνο ανοιχτού κυκλώματος. Οι πειραματικές τους μελέτες έγιναν από το 1993 μέχρι το 1997 κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα. Κατέληξαν στο εξής συμπέρασμα μέσα από τα πειράματα που έκαναν: είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθεί μόνο μια παράμετρος που χαρακτηρίζει την επίδοση του συστήματος, καθώς υπάρχουν διαφορετικές πηγές ενέργειας ανάλογα με την χρήση και επίσης καμία παράμετρος δεν θεωρείται περισσότερο ή λιγότερο σημαντική από κάποια άλλη. Επίσης ότι οι επιδόσεις του ηλιακού θερμοσιφωνικού συστήματος επηρεάζονται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες, ενώ το σύστημα της ηλιακά υποβοηθούμενης αντλίας θερμότητας μπορεί να λειτουργεί ικανοποιητικά σχεδόν με όλες τις καιρικές συνθήκες.

Στην Ελλάδα είναι γνωστό ότι για το ζεστό νερό οικιακής χρησιμοποίησης κυρίως ηλεκτροβόροι ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες και μικρό ποσοστό νοικοκυριών χρησιμοποιεί ηλιακούς θερμοσίφωνες και ένα άλλο μικρότερο ποσοστό χρησιμοποιεί δεξαμενή θερμότητας σε συνδυασμό με λέβητα πετρελαίου. Όλοι σχεδόν οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διαθέτουν ηλεκτρική αντίσταση μέσα στην δεξαμενή για τις ημέρες που η ηλιακή ακτινοβολία έχει χαμηλή ή μηδενική τιμή (πλήρης συννεφιά). Έτσι η παραγομένη ηλεκτρική ενέργεια, που ένα σημαντικό ποσοστό προέρχεται απ εισαγόμενο πετρέλαιο, στην περίπτωση μάλιστα των νησιών μας προέρχεται εξ ολοκλήρου από πετρέλαιο, υποβαθμίζεται μετατρεπόμενη σε θερμότητα. Επομένως για ένα ποσοστό του έτους, που εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες και γενικά οι ηλιακοί συλλέκτες δεν αποδίδουν θερμότητα, ελαττώνοντας έτσι την ετήσια παραγωγικότητα τους με μια αρνητική επίδραση στην οικονομική βιωσιμότητα του ηλιακού συστήματος.

Πρόσφατα αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών ένα σύστημα που χρησιμοποιεί αντλία θερμότητας σε συνδυασμό με ηλιακό συλλέκτη για παράγωγή ζεστού νερού χρήσης. Ο συνδυασμός αυτός έχει σκοπό να βελτιώσει τις επιδόσεις και των δυο τμημάτων αφού οι θερμοκρασίες λειτουργίας (5-40°C) είναι αφενός μεν χαμηλές για τον ηλιακό συλλέκτη αφ' έτερου δε υψηλές για την αντλία θερμότητας. Πράγματι οι χαμηλές θερμοκρασίες για τον ηλιακό συλλέκτη έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσης του, ενώ οι υψηλές θερμοκρασίες για την αντλία θερμότητας δίνουν καλύτερο COP.

Αντικείμενο της εργασίας τους ήταν η λήψη και επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων και από τα δυο συστήματα, χρησιμοποιώντας υπολογιστή, με σκοπό τη σύγκριση των πειραματικών τους αποδόσεων για διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

Η ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας αποτελείται, κυρίως από έναν ηλιακό απορροφητήρα χωρίς επικάλυψη και μόνωση, ένα μικρής ονομαστικής ισχύς συμπιεστή, μια μονωμένη δεξαμενή θερμότητας κατακόρυφη και ένα συμπυκνωτή. Ο απορροφητήρας είναι 2 m² και η δεξαμενή έχει χωρητικότητα 160 λίτρα.

Το ηλιακό θερμοσιφωνικό σύστημα είναι ένα ανοιχτού κυκλώματος εμπορικό προϊόν και αποτελείται από τρεις επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες παράλληλα συνδεδεμένους καθώς και μια μονωμένη δεξαμενή θερμότητας κατακόρυφη. Η συνολική επιφάνεια των ηλιακών είναι 4 m² και η δεξαμενή έχει χωρητικότητα 160 λίτρα.

Στο τέλος της κάθε μέρας κάνανε απομάστευση του θερμού νερού και από τις δυο δεξαμενές ενώ ταυτόχρονα γεμίζονταν με κρύο νερό έτσι ώστε με την έναρξη της επόμενης μέρας να έχουν την ίδια θερμοκρασία.

Ο **Kuang** και η δική του ομάδα μελέτησαν σε μια πειραματική διάταξη την επίδοση μιας Η.Υ.Α.Θ. και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δεξαμενή αποθήκευσης της θερμότητας είναι ένα πολύ σημαντικό συστατικό στα θερμικά ηλιακά συστήματα, το οποίο μπορεί να προσαρμόσει την απόκλιση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και του θερμικού φορτίου. Σε αυτό το σύστημα, η θερμοκρασία της δεξαμενής ήταν κοντά με αυτή του αέρα περιβάλλοντος χώρου με αποτέλεσμα οι θερμικές απώλειες προς το περιβάλλον να είναι πολύ μικρές. Σαν αποτέλεσμα, η καλή μόνωση της δεξαμενής νερού δεν είναι κρίσιμη. Μια βοηθητική πηγή ενέργειας είναι απαραίτητη για το σύστημα αυτό. Ύστερα από ανάλυση και επίδειξη, η χρήση βοηθητικής θέρμανσης μέσα στη δεξαμενή έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας εξαιτίας της μεγάλης απώλειας θερμότητας από την δεξαμενή και συνεπώς η βοηθητική ενεργειακή κατανάλωση είναι υψηλότερη. Η χρήση της βοηθητικής πηγής θερμότητας στο σημείο που έχουμε μέγιστο φορτίο είναι από οικονομικής πλευράς εφικτό.

Γ) Η.Υ.Α.Θ με άμεση εκτόνωση για μελέτες θέρμανσης χώρου

Οι **Torre- Reyes** και **Cervantes de Gortari** μελέτησαν θεωρητικά και πειραματικά μια Η.Υ.Α.Θ με άμεση εκτόνωση του ψυκτικού μέσου μέσα στον ηλιακό συλλέκτη και έκαναν μια θερμοδυναμική βελτίωση του. Η μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα, η όποια καθορίζεται ως ο λόγος της εξερχόμενης προς την εισερχόμενη ενεργειακή ροή για κάθε στοιχείο του θερμικού κύκλου της αντλίας, προσδιορίστηκε

λαμβάνοντας υπ' όψιν τις τυπικές παραμέτρους και τους συντελεστές συμπεριφοράς των επιμέρους στοιχείων του συστήματος.

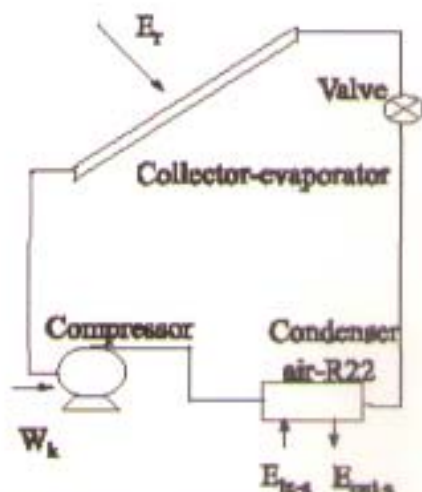


Fig. 1. Schematic diagram of the solar assisted heat pump.

Ο **Chatuverdi** και ο **Aziz** έκαναν μελέτες γύρω από τη θερμοδυναμική ανάλυση της διφασικής ροής στον ηλιακό συλλέκτη για εφαρμογή σε Η.Υ.Α.Θ άμεσης εκτόνωσης. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι οι αλλαγές στον ρυθμό της κύριας ροής και στην ροή της απορροφημένης ηλιακής θερμότητας έχουν σημαντική επίδραση στο μήκος του αγωγού του συλλέκτη και στον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του ψυκτικού μέσου. Μεταβολές στη εσωτερική διάμετρο του αγωγού και στην πίεση του συλλέκτη έχουν σημαντική επίδραση στο μέγεθος του συλλέκτη, αλλά σημαντική στον συντελεστή μεταφοράς θερμότητας του ψυκτικού μέσου. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη μπορεί εύκολα να επεκταθεί για την ενσωμάτωση του μεγέθους του συλλέκτη με την χωρητικότητα της θερμότητας που παράχθηκε από τον συμπιεστή.

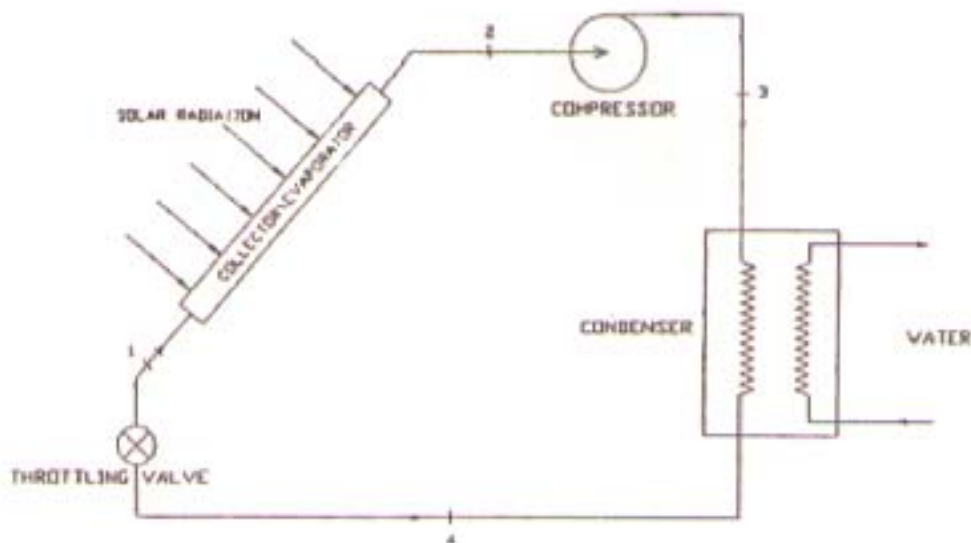
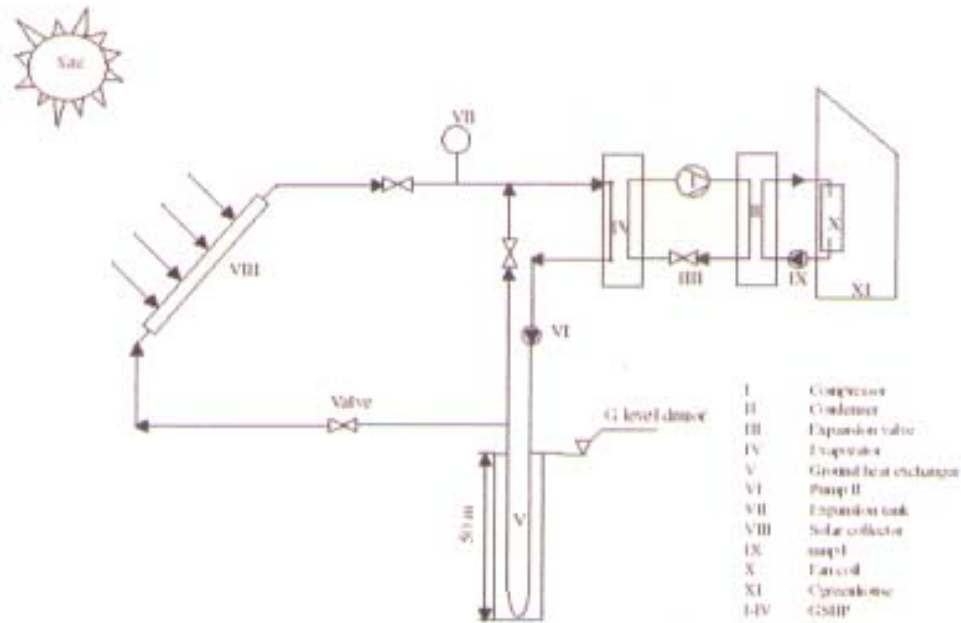


Fig. 1. Schematic diagram of a basic solar-assisted heat pump.

Δ) Ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας με πηγή θερμότητας το έδαφος για θέρμανση θερμοκηπίου

Οι **Onder Azgener** και **Arif Hepbasi** έκαναν μια μελέτη πάνω σε αυτές τις αντλίες θερμότητας. Εγκατέστησαν έναν επίπεδο ηλιακό συλλέκτη κατευθείαν στο κύκλωμα του εδάφους για να προσφέρουν πρόσθετη θερμότητα στην θερμότητα του υγρού. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να μειώσουν το απαιτούμενο μέγεθος του συστήματος και να αυξήσουν την επίδοση της αντλίας θερμότητας επειδή παρέχουν υψηλότερη θερμοκρασία στο μετακινούμενο υγρό. Στην μελέτη τους ασχολήθηκαν με την θέρμανση θερμοκηπίων ενώ οι παλαιότερες μελέτες ασχολούνταν μόνο με θέρμανση ποσότητας νερού και θέρμανση κατοικιών.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ένα σχηματικό διάγραμμα της πειραματικής διάταξης. Το σύστημα αποτελείται κυρίως από τρία ξεχωριστά κυκλώματα:



1. το κύκλωμα του εδάφους με τον ηλιακό συλλέκτη(κύκλωμα αλμυρού νερού ή νερό με αντιψυκτικό)
2. το ψυκτικό κύκλωμα(ή αντιστρεπτό κύκλωμα συμπίεσης με ατμό)
3. το κύκλωμα ανεμιστήρα- σπείρα για την θέρμανση του θερμοκηπίου.

Επίσης αποτελείται από ένα συμπιεστή 1,4 kW κινούμενο με ηλεκτρικό ρεύμα, έναν συμπυκνωτή 6,66 kW ,έναν ατμοποιητή 8,2 kW, μια συσκευή διαστολής, η οποία αποτελείται από τριχοειδή αγωγούς με μήκος 1,5 μέτρα και εσωτερική διάμετρο 1,5 χιλιοστό.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των επιμέρους στοιχείων του συστήματος παραθέτονται σε πίνακα παρακάτω, όπου οι αριθμοί στη παρένθεση αντιστοιχούν σε αυτούς της παραπάνω φωτογραφίες. Η μετατροπή από τον θερμικό κύκλο στον ψυκτικό κύκλο γίνεται με μια τετράοδη βαλβίδα. Για αποφυγή παγώματος του νερού του χειμώνα, χρησιμοποιείται ένα μίγμα με 10% αιθύλιο και γλυκόλη κατά βάρος.

Το ψυκτικό κύκλωμα κατασκευάστηκε σε κλειστό βρόγχο με χάλκινους αγωγούς.

Name of university (City)	Year built	Type of GSHP system	Heat pump capacity (kW)
Middle East Technical University (Ankara) [84]	1998	A single pipe-horizontal heat pump system for the heating only with R-12; 10 m of ground coil at 1.5 m depth with a spacing of 0.8 m; COP: 1.1–1.3.	0.95
Atatürk University (Erzurum) [85,86]	1999	A water-to-water geothermal heat pump system for the heating only with R-22; an actual COP value of 2.8; geothermal water inlet-outlet temp. 35–30 °C at a mass flow rate of about 0.3 kg/s.	7.02
Ege University (İzmir)	2000	A GSHP system for both heating and cooling with a vertical-single U-bend heat exchanger; 4½ in. of a bore diameter with a boring depth of 50 m; an actual COP value of 1.7.	5.20
Firat University (Elazığ) [72,73]	2002	A GSHP system with two horizontal heat exchangers (HHEs), for both heating and cooling with R-22; average COP values of the system with 2.86 and 2.81 for HHEs at 1 m and 2 m depths respectively.	2.55
Ege University (İzmir) [55–59]	2003	A SAGSHP/GHS for both heating and cooling with a vertical-single U-bend heat exchanger; 4½ in. of a bore diameter with a boring depth of 50 m; R-22; an actual heating COP value of 3.14. The energy actual heating COP value of 3.14. The energy efficiency values for the GSHP unit and the whole system on a product fuel basis are obtained to be 71.8 and 67.7%, respectively.	5.20

Το ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε είναι το R-22. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο Ηλιακό Ενεργειακό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου του Εγε στην Τουρκία. Τα ηλιακό θερμοκήπιο ήταν τοποθετημένο στην νότια κατεύθυνση. Ο συντελεστής συμπεριφοράς της αντλίας θερμότητας πηρέ τιμές από 2,00 έως 3,125.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΣΣΕΡΑ

Ανάλυση των επιμέρους στοιχείων Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας

Εισαγωγή

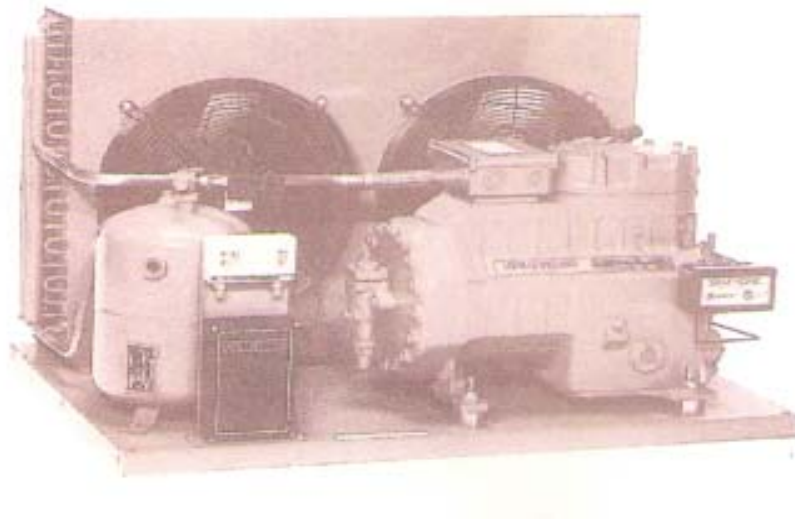
Τα κύρια μέρη που αποτελούν μια ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας, η οποία χρησιμοποιείται για θέρμανση ποσότητας νερού, είναι τα εξής:

1. ο συμπιεστής
2. ο συμπυκνωτής
3. ο ηλιακός συλλέκτης που λειτουργεί ως ατμοποιητής
4. το ψυκτικό υγρό
5. η εκτονωτική διάταξη
6. ένας ενναλάκτης θερμότητας μεταξύ του συμπυκνωτή και της δεξαμενής του νερού που θέλουμε να ζεστάνουμε.

Συμπιεστής

Ο συμπιεστής διατηρεί την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου στις σωληνώσεις και στις επιμέρους συσκευές των ψυκτικών διατάξεων υπερνικώντας τόσο τις τριβές για τη ροή του ψυκτικού μέσου όσο και τη διαφορά πίεσης που επικρατεί μεταξύ των στοιχείων συμπύκνωσης και των στοιχείων ατμοποίησης. Ο συμπιεστής κατά την λειτουργία του απορρόφα μηχανική ενέργεια η οποία δίνεται στην

άτρακτο περιστροφής του. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κίνηση του γίνεται με ηλεκτροκινητήρα, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις στις οποίες η κίνηση δίνεται με Μ.Ε.Κ ή άλλο τρόπο παράγωγης μηχανικής ενέργειας. Η μηχανική ενέργεια που δίνεται μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία αποβάλλεται συνεχώς για την αποφυγή υπερθέρμανσης. Ο χαρακτηρισμός της ποιότητας λειτουργίας ψυκτικής εγκατάστασης και του συμπιεστή γίνεται με τον συντελεστή συμπεριφοράς, ο οποίος παίρνει τιμές μεγαλύτερες από το μηδέν και συνήθως από ένα.



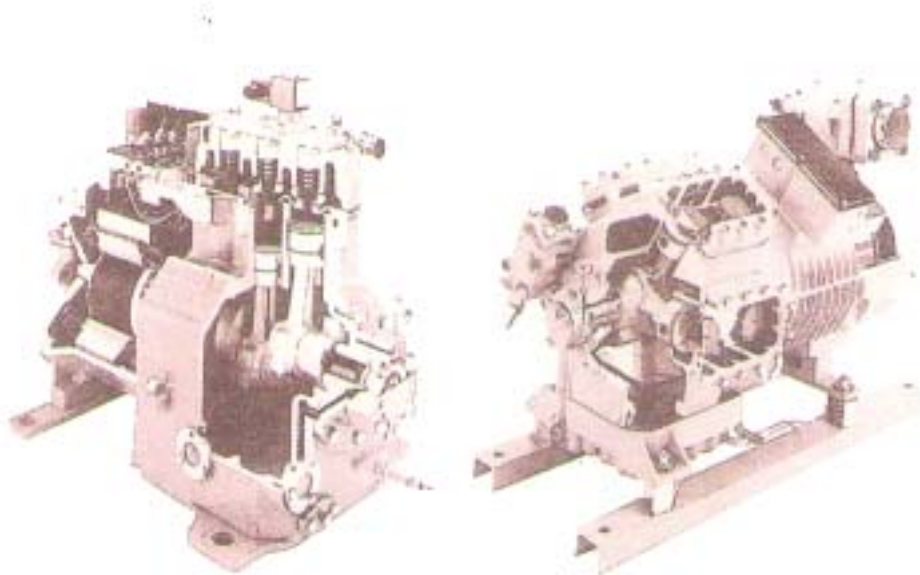
Συμπυκνωτική διάταξη

Διάκριση συμπιεστών

Διακρίνονται διάφοροι τύποι συμπιεστών, ανάλογα, με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση και τα λειτουργικά τους χαρακτηριστικά:

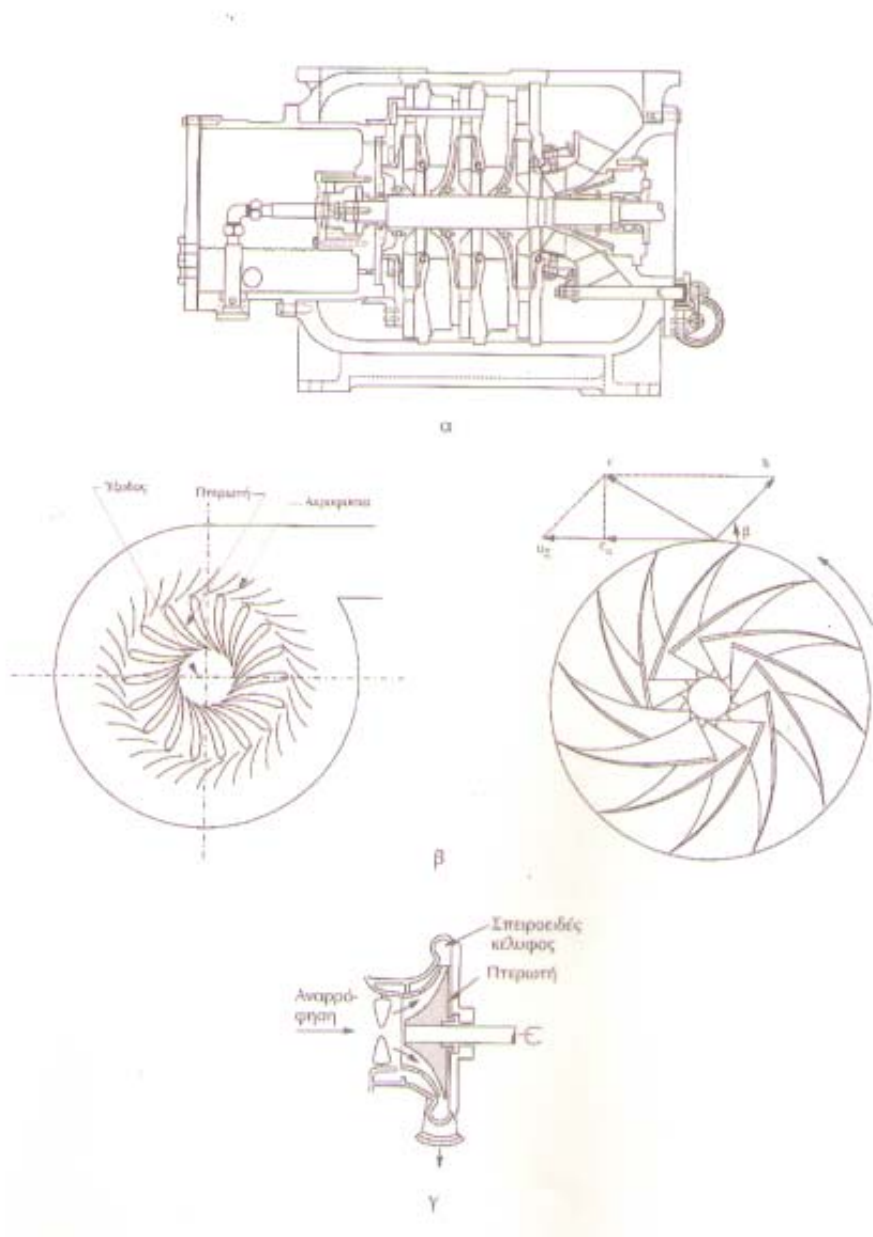
A. Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης.

1. Παλινδρομικοί εμβολοφόροι. Χρησιμοποιούνται για μικρά και μεσαία μεγέθη εγκαταστάσεων.



Τομή Εμβολοφόρου συμπιεστή

2. Φυγοκεντρικοί (ή τουρμπίνες). Έχουν χρήση σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Αποτελούνται από πτερωτή και σπειροειδές κέλυφος. Η πτερωτή περιστρέφεται με 100.000 rpm περίπου. Η φυγοκεντρική δύναμη που αναπτύσσεται προσδίδει στο αέριο ψυκτικό μέσο ταχύτητα, η οποία μετατρέπεται στο σπυρόειδες κέλυφός σε πίεση για την λειτουργία της συμπίεσης.



Φυγοκεντρικός συμπιεστής πολλών βαθμίδων και στροφέιο

3. Ογκομετρικοί περιστροφικοί ή τύποι τυμπάνου. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κλιματιστικά μηχανήματα τύπου δωματίου γιατί έχουν

αθόρυβη λειτουργία. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται, κυρίως, στην περιστροφή ενός ροτορα στο εσωτερικό ενός κυλίνδρου, με τρόπο όπου ο ρότορας να βρίσκεται πάντα εφραπτόμενος σε ένα σημείο του κυλίνδρου. Υπάρχουν δύο τύποι περιστροφικών συμπιεστών: οι συμπιεστές σταθερού πτερυγίου και οι συμπιεστές περιστροφικών πτερυγίων.



Ελικοειδούς μορφής συμπιεστής

B. Ανάλογα με την στεγανότητα

1. Ερμητικά κλειστοί ή κλειστού τύπου. Ο συμπιεστής και ο ηλεκτροκινητήρας τοποθετούνται στο ίδιο περίβλημα, που είναι ερμητικά σφραγισμένο με συγκόλληση.
2. Ημιερμητικοί ή ημίκλειστου τύπου. Σε αυτόν τον τύπο η κίνηση δίνεται από ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος, συνδέεται απ' ευθείας με τον άξονα του συμπιεστή. Τόσο ο ηλεκτροκινητήρας, όσο και τα διάφορα τμήματα του συμπιεστή βρίσκονται στο ίδιο περίβλημα με λυόμενες συνδέσεις, κατά τρόπο που να επιτρέπονται οι διάφορες επισκευές
3. Συμπιεστές ανοικτού τύπου. Οι συμπιεστές αυτοί οδηγούνται από εξωτερική ισχύ με ιμάντες ή κατευθείαν σύνδεση (κομπλάρισμα). Ο άξονας βρίσκεται έξω από τον συμπιεστή. Οι ανοικτού τύπου συμπιεστές λύνονται πολύ εύκολα για επιθεώρηση και επισκευές και μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα τα καταστραμμένα τους εξαρτήματα. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμεύει για την απόρριψη της θερμότητας που συγκεντρώνεται στη μάζα του ψυκτικού μέσου από τον ατμοποιητή και τον συμπιεστή στο περιβάλλον. Διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το περιβάλλον απόρριψης της θερμότητας:

4. Αερόψυκτοι
5. Υδροψυκτοι

Ειδική κατηγορία αερόψυκτων συμπυκνωτών είναι οι εξατμιζόμενου τύπου.

Σε ειδικές εγκαταστάσεις στις οποίες η απόρριψη είναι επιθυμητή σε μέσο διαφορετικό από το νερό ή τον αέρα οι εναλλάκτης αυτοί ψάχνονται με οποιοδήποτε μέσο είναι διαθέσιμο. Σε μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις ειδικού κλιματισμού ή απόρριψη της θερμότητας μπορεί να γίνει και σε στερεό περιβάλλον όπως για παράδειγμα στο έδαφος.

Τύποι συμπυκνωτή

Ο συμπυκνωτής είναι το τμήμα εκείνο της ψυκτικής εγκατάστασης στο οποίο συμπυκνώνεται (υγροποιείται) το ψυκτικό ρευστό. Η θερμότητα η οποία απορροφήθηκε από τον ατμοποιητή και η θερμότητα που προστέθηκε από τον συμπιεστή μεταφέρεται από το μέσο στον συμπυκνωτή για να αποδοθεί στο περιβάλλον.

Κάθε επιμέρους τύπος είναι ταξινομημένος σε δυο είδη.

6. Ψυχρού νερού :-τύπος διπλού σωλήνα
-τύπος κελύφους και σωλήνα
7. Ψυχρού αέρα :-τύπος διασταυρούμενου πτερυγίου-τυλίγματος
-τύπου πτερυγίου ανέμου

A. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Χρησιμοποιούνται σαν μέσο συμπύκνωσης τον αέρα περιβάλλοντος. Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές αποτελούνται από δέσμες παραλλήλων

σωλήνων, συνήθως χάλκινων 1-8 σειρών, οι όποιοι φέρνουν πτερύγια χαλκού ή αλουμινίου σε πυκνή διάταξη προς αύξηση της θερμικής τους απόδοσης. Στις πρώτες σειρές των σωλήνων αερόψυκτου συμπυκνωτή ο αέρας απορροφά το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στη συνέχεια όμως η απόδοση μειώνεται αισθητά λόγω της αύξησης θερμοκρασίας του αέρα.

Το ποσό της μεταφερόμενης θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στον περιβάλλοντα αέρα προσδιορίζεται με αρκετή ακρίβεια, προσεγγιστικά από τη σχέση:

$$Q_{\Sigma} = UA(\bar{T}_R - \bar{T}_{air}) \text{ Watt}$$

όπου:

U: ο συνολικός συντελεστής θερμικής αγωγής και συναγωγής

A: η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας (σωληνώσεων),

\bar{T}_R , \bar{T}_{air} : οι μέσες θερμοκρασίες του ψυκτικού μέσου και του αέρα αντίστοιχα που επικρατούν στον εναλλάκτη .

Κατά την επιλογή και τον προσδιορισμό του απαραίτητου εναλλάκτη για χρήση συμπυκνωτή, λαμβάνονται υπ' όψιν:

α.η θερμοκρασία συμπύκνωσης ψυκτικού μέσου(για κλιματισμό 60°C)

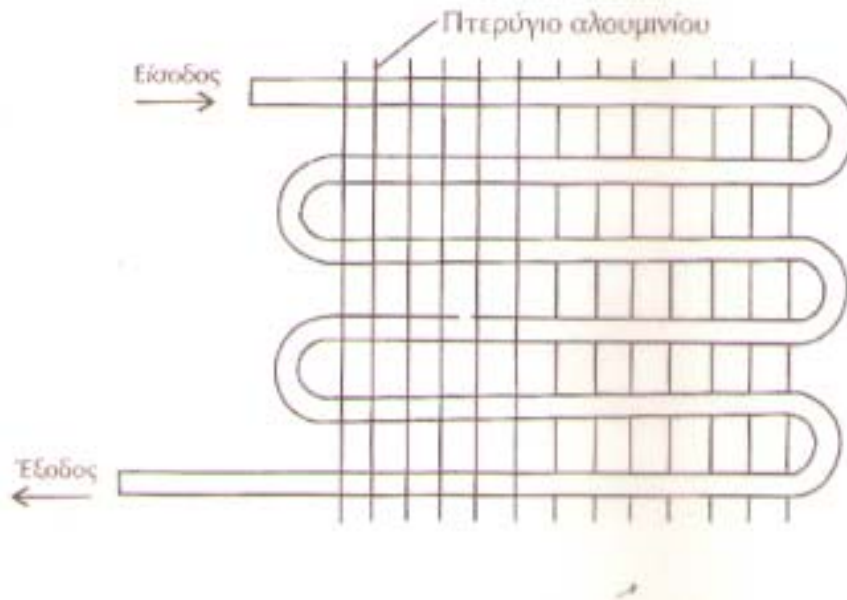
β.η θερμοκρασία ξηρού θερμόμετρου αέρα

γ.η ταχύτητα αέρα

Είδη αερόψυκτων συμπυκνωτών:

8. Τύπος πτερυγίου ανέμου. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σπανία σε διμερή συστήματα ψύξης

9. Τύπος διασταυρωμένου πτερυγίου-τυλίγματος.
Χρησιμοποιείται κυρίως σε κλιματιστικές μονάδες μικρού και μεσαίου μεγέθους και αυτό γιατί είναι χαμηλού κόστους και απλός στην κατασκευή του.



Τύπος διασταυρούμενου πτερυγίου-τυλίγματος

B. Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Καλούνται οι συμπυκνωτές που χρησιμοποιούν το νερό σαν μέσο θερμότητας για την συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το νερό χρησιμοποιείται μόνο μια φορά και οδηγείται στην αποχέτευση ή επαναχρησιμοποιείται εφόσον προηγούμενα επαναψυχθεί σε πύργο ψύξης ή με άλλη μέθοδο.

Ο τρόπος χρήσης του νερού εξαρτάται από την απαιτούμενη ποσότητα νερού και το κόστος του. Όταν η απαιτούμενη ποσότητα του νερού είναι περιορισμένη και το κόστος σχετικά χαμηλό εφαρμόζεται σύστημα ανοιχτού κυκλώματος στο οποίο το νερό μετά το συμπυκνωτή οδηγείται στην αποχέτευση.

Όταν η ποσότητα του νερού είναι μεγάλη, το συνήθως χρησιμοποιείται κλειστό κύκλωμα νερού. Η λειτουργία του υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι ανάλογη με αυτή του αερόψυκτου. Κάθε υδρόψυκτος συμπυκνωτής φέρει σχετική ρυθμιστική διάταξη για την ρύθμιση της απαιτούμενης ποσότητας νερού που πρέπει να κυκλοφορεί στον συμπυκνωτή για την υγροποίηση του ψυκτικού μέσου. Η απαραίτητη ποσότητα νερού ορίζεται σε 50-60 m³ νερό/KJ ή 185-225 kg νερού/kWh. Οι μικροί φέρουν αυτόματη βαλβίδα ρύθμισης της παροχής νερού.

$$Q_c = m C_w \Delta T_w = V \rho_{\text{water}} C_w \Delta T_w \quad \text{Watt}$$

Όπου :

\dot{V} : παροχή όγκου (m^3/s)

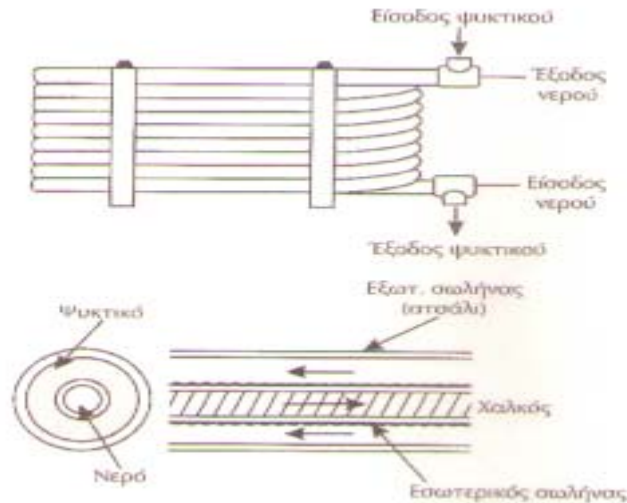
ΔT_w :θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ εισερχομένου και εξερχόμενου νερού (K) [5-6 K]

ρ_w : πυκνότητα νερού (kg/m^3) [$=1000kg/m^3$]

C_w : θερμοχωρητικότητα νερού (kJ/kgK)[$=4,187 kJ/kgK$]

Είδη υδρόψυκτων συμπυκνωτών

1. *Συμπυκνωτές διπλών σωληνώσεων.* Αποτελούνται από σωληνώσεις εκ των οποίων ο ένας σωλήνας είναι τοποθετημένος μέσα στον άλλο. Το νερό κυκλοφορεί στο εσωτερικό του σωλήνα και το ψυκτικό μέσο στο εξωτερικό. Είναι συνήθως αντιροής, ώστε να αυξάνεται ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας και το ψυκτικό μέσο να αποβάλλει τη θερμότητα στο νερό του συμπυκνωτή σε μικρότερο χρόνο και με σταθερό τρόπο. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται στα μικρά υδρόψυκτα μοντέλα.



Συμπυκνωτής διπλών σωληνώσεων

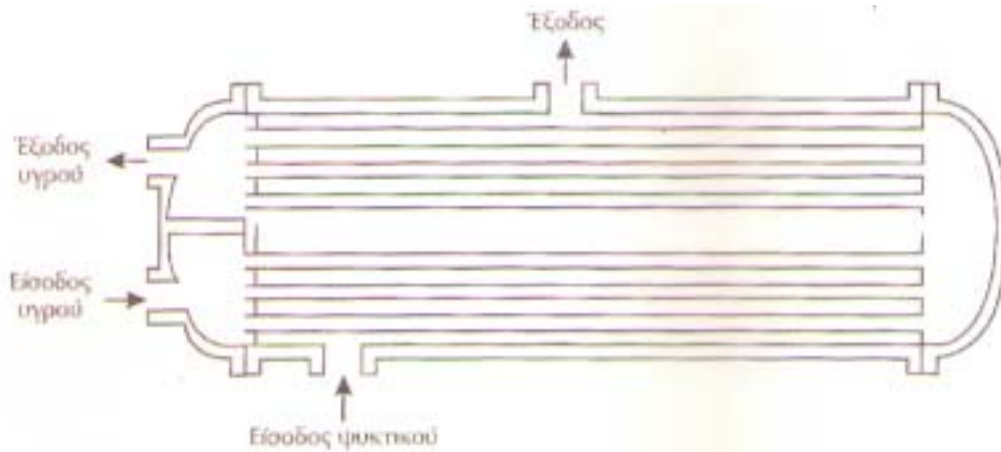
2. *Συμπυκνωτές κελύφους και στοιχείου.* Αποτελούνται από κυλινδρικό χαλύβδινο κέλυφος εντός του οποίου είναι τοποθετημένο ένα ή περισσότερα στοιχεία από σωληνώσεις μέσα στις οποίες κυκλοφορεί το νερό ψύξης. Το θερμό αέριο κυκλοφορεί γύρω από τους σωλήνες, εισέρχεται από το πάνω μέρος και συμπυκνούμενο εξέρχεται στο κάτω μέρος σε μορφή σταγόνων.



Συμπυκνωτής κελύφους-στοιχείου

3. *Συμπυκνωτές κελύφους και σωληνώσεων.* Αποτελούνται από κυλινδρικό χαλύβδινο κέλυφος εντός του οποίου είναι τοποθετημένο επιμήκεις και παράλληλοι σωλήνες μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το νερό ψύξης. Το θερμό αέριο

κυκλοφορεί γύρω από τους σωλήνες, εισέρχεται από το πάνω μέρος και συμπυκνούμενο εξέρχεται στο κάτω μέρος, σε μορφή σταγόνων. Εδώ η ροή είναι διασταυρούμενη. Αυτός ο τύπος χρησιμοποιείται για υδρόψυκτες μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις.

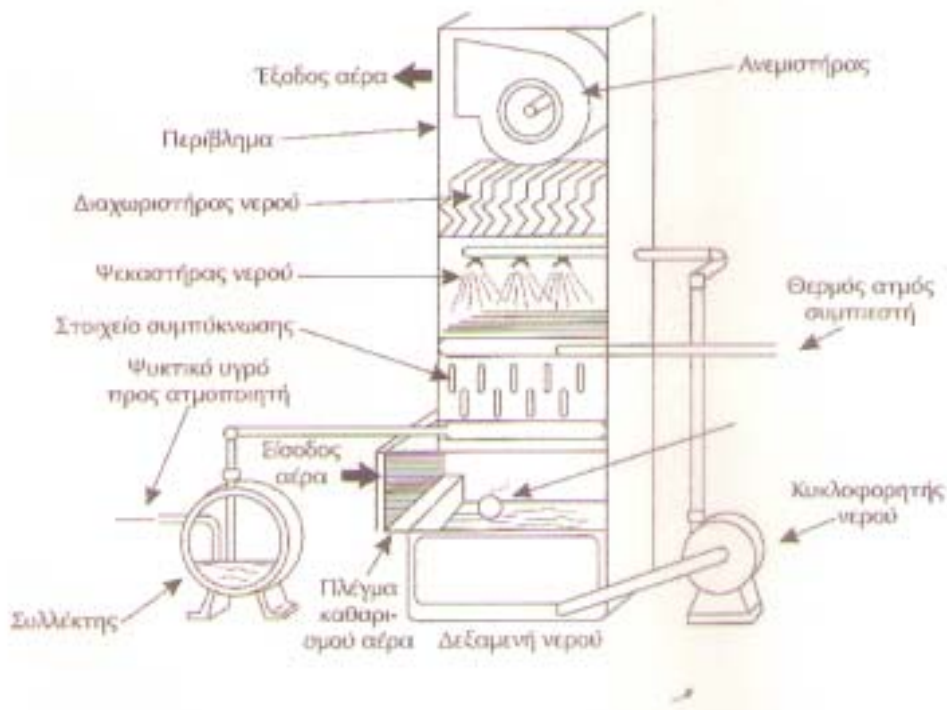


Συμπυκνωτής κελύφους-σωλήνων

4. Στερέωση με μεταλλικό κέλυφος
5. Πλακοειδείς..

Γ. Συμπυκνωτές εξαμιζόμενου τύπου

Αυτοί οι συμπυκνωτές χρησιμοποιούν σαν μέσο ψύξης ταυτόχρονα το νερό και τον αέρα. Το νερό αντλείται με την βοήθεια αντλίας νερού από την δεξαμενή νερού που βρίσκεται στο κατώτατο σημείο του συμπυκνωτή και τροφοδοτείται από το δίκτυο πόλης. Στη συνέχεια εισέρχεται από τη κεφαλή των ψεκαστήρων στο πάνω μέρος του συμπυκνωτή και εκτοξεύεται πάνω στις σωληνώσεις του συμπυκνωτή, όπου ψύχοντας τον, θερμαίνεται και κατέρχεται στη δεξαμενή για να ξαναρχίσει τον κύκλο. Ο αέρας εισέρχεται από το κάτω μέρος της δεξαμενής και με τη βοήθεια ανεμιστήρα και εφόσον ψύξει το ψυκτικό μέσο εξέρχεται από το πάνω μέρος παρασύροντας μαζί του την θερμότητα που απορρόφησε. Για να μη παρασύρει και τις σταγόνες νερού μαζί του, κατά τη διαδρομή του προς την έξοδο, τοποθετούνται ειδικοί διαχωριστήρες ακριβώς πάνω από τους ψεκαστήρες.



Συμπυκνωτής εξαμιζόμενου τύπου

Επίπεδος Ηλιακός Συλλέκτης(Ατμοποιητής)

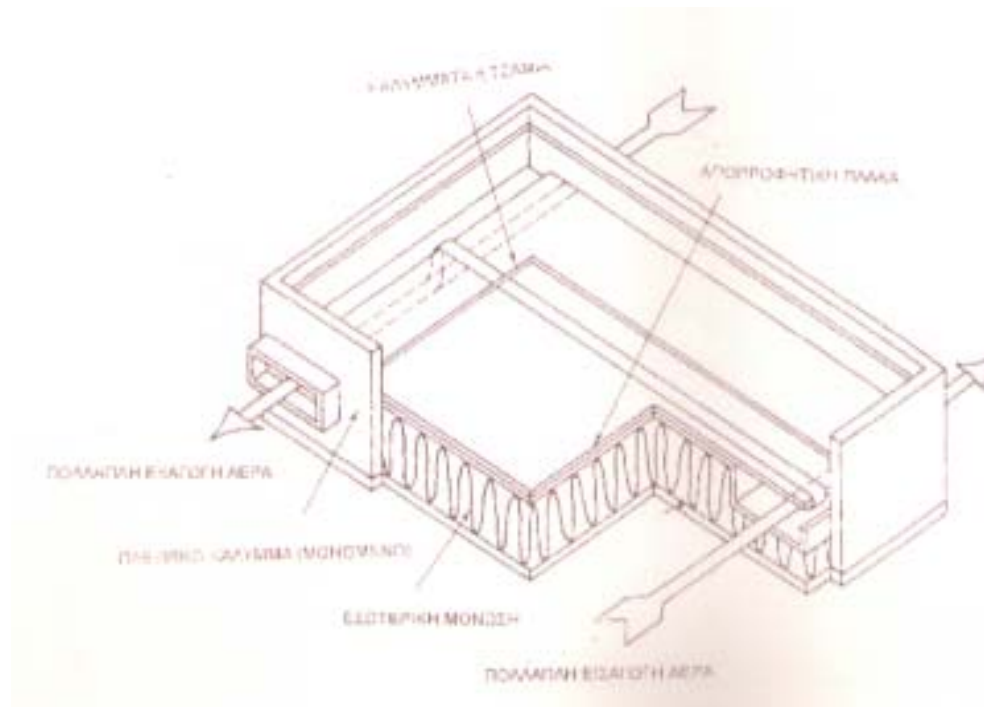
Στην διάταξη που μελετάμε τον ρόλο του ατμοποιητή τον παίζει ο ηλιακός συλλέκτης. Ο ατμοποιητής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμεύει για την απορρόφηση θερμότητας από το χώρο που προορίζεται για δημιουργία ψύχους. Η θερμότητα που προκαλεί την ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου λαμβάνεται από τον χώρο και τα ψυχωμένα προϊόντα που περιέχονται σ' αυτόν. Στην περίπτωση μας ο ηλιακός συλλέκτης είναι ο εναλλάκτης ο οποίος διαρρέεται από το ψυκτικό υγρό και με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται.

Γενική Περιγραφή

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας, την μετατροπή της σε θερμότητα και τη μεταβίβαση αυτής σε υγρό που περνά μέσα από αυτή. Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης είναι ο συλλέκτης, που έχει επιφάνεια απορρόφησης πρακτικά επίπεδη και δεν διαθέτει διατάξεις συγκέντρωσης της ηλιακής ενέργειας. Η λειτουργία του βασίζεται στο φυσικό <<φαινόμενο του θερμοκηπίου>>. Το μεγαλύτερο ποσοστό από τη ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στον συλλέκτη απορροφάται από μια επιφάνεια, που συμπεριφέρεται σαν <<μέλαν>> σώμα στην ηλιακή ακτινοβολία. Ένα μέρος από την ενέργεια που απορροφάται, μεταφέρεται σε κάποιο ρευστό, ενώ το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον. Η θερμότητα που απάγεται από το ρευστό, είναι το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος του συλλέκτη και ή αποθηκεύεται ή τροφοδοτεί απευθείας το φορτίο.

Τα κύρια μέρη του συλλέκτη είναι:

1. Το απορροφητικό έλασμα ή απορροφητήρας που είναι μέρος του συλλέκτη που δέχεται τη προσπίπτουσα ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατρέπει σε θερμική ενέργεια. Ο απορροφητήρας μπορεί να είναι επίπεδος, μέσα από τον οποίο μεταβιβάζεται ενέργεια στο υγρό μεταφοράς θερμότητας. Το ρόλο του απορροφητήρα, όμως, μπορεί να τον παίζει και το ίδιο το υγρό από μόνο του.
2. Το κάλυμμα του συλλέκτη που είναι το διαφανές υλικό που καλύπτει τον απορροφητήρα για να τον προστατεύει από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και να ελαττώνει τις θερμικές απώλειες.
3. Η θερμική μόνωση, η οποία είναι το μη θερμόαγωγο υλικό που τοποθετείται στη πίσω καθώς και στις παράπλευρες επιφάνειες του συλλέκτη για τη μείωση των θερμικών απωλειών(συνήθως πολυουρεθάνη ή υαλοβάμβακας). Τα διαφανή καλύμματα είναι συνήθως από γυαλί. Το γυαλί έχει εξαιρετική αντοχή στις καιρικές συνθήκες και καλές μηχανικές ιδιότητες, αν περιέχει μικρή ποσότητα οξειδίου του σιδήρου του σιδήρου και είναι σχετικά φθηνό. Τα μειονεκτήματα του γυαλιού είναι ότι είναι βαρύ και εύθραυστο. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ορισμένα πλαστικά, τα οποία είναι γενικά λιγότερο εύθραυστα, πιο ελαφρά και φθηνά, καθώς χρησιμοποιούνται σε πολύ λεπτά φύλλα. Όμως τα πλαστικά, γενικά, δεν έχουν την υψηλή αντοχή του γυαλιού στις καιρικές συνθήκες. Πολλά πλαστικά επίσης γηράσκουν και κιτρινίζουν με το χρόνο πράγμα που μειώνει τη διαπερατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και οδηγεί σε μείωση της μηχανικής αντοχής. Άλλο μειονέκτημα είναι, ότι το πλαστικό αντίθετα με το γυαλί είναι διαφανές για ένα μέρος της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, με αποτέλεσμα οι απώλειες ακτινοβολίας του συλλέκτη να είναι μεγαλύτερες.



Εσωτερική δομή ηλιακού συλλέκτη

Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται στραμμένοι προς τον ισημερινό και με κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο, β , τέτοια ώστε να μεγιστοποιείται η προσπίπτουσα ακτινοβολία κατά τη περίοδο του έτους που ενδιαφέρει η χρησιμοποίησή του.

Στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, η συμπεριφορά του συλλέκτη περιγράφεται από τη παρακάτω σχέση ισολογισμού ενέργειας που

εκφράζει τον καταμερισμό της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας σε ωφέλιμη ενέργεια, θερμικές απώλειες και οπτικές απώλειες:

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_{p,m} - T_a)]$$

όπου:

Q_u : η ωφέλιμη αποδιδόμενη ισχύς (W)

A_c : επιφάνεια του συλλέκτη (επιφάνεια του καλύμματος) (m^2)

S : απορροφουμένη ηλιακή ακτινοβολία (W/m^2)

U_L : συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, που εκφράζει τις θερμικές απώλειες από τον συλλέκτη στο περιβάλλον με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολίας ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

$T_{p,m}$: μέση θερμοκρασία του απορροφητήρα ($^\circ C$)

T_a : θερμοκρασία περιβάλλοντος ($^\circ C$)

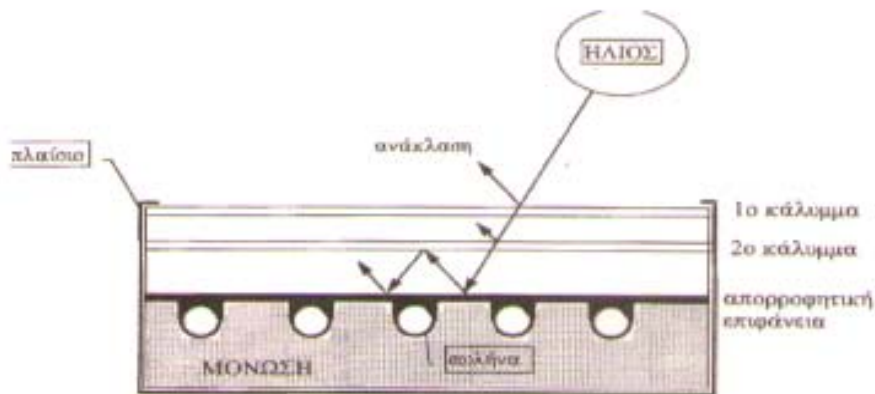
Η παραπάνω σχέση δεν είναι εύχρηστη για τον υπολογισμό της αποδιδόμενης ισχύς, Q_u , διότι περιέχει τη μέση θερμοκρασία του απορροφητήρα, η οποία, εξαρτώμενη από το τύπο του συλλέκτη, τη προσπίπτουσα ακτινοβολία και τις συνθήκες εισόδου του ρευστού, είναι δύσκολο να υπολογισθεί ή να μετρηθεί. Για αυτό το λόγο, η εξίσωση αυτή τροποποιείται έτσι ώστε αντί της μέσης θερμοκρασίας του απορροφητήρα, να εισαχθεί η θερμοκρασία εισόδου του ρευστού, η οποία συχνά είναι γνωστή. Η εξίσωση γίνεται:

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_{f,i} - T_a)]$$

Όπου :

F_R : παράγων θερμικής απολαβής. Το μέγεθος αυτό είναι ισοδύναμο με το βαθμό απόδοσης του συλλέκτη, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της πραγματικά μεταφερόμενης θερμότητας προς τη μέγιστη δυνατή.

$T_{f,i}$: θερμοκρασία του εισόδου του ρευστού



Ψυκτικό Υγρό

Ψυκτικό μέσο είναι το εργαζόμενο σώμα(ρευστό), των θερμοδυναμικών ψυκτικών κύκλων. Είναι ο φορέας που μεταφέρει τα ποσά θερμότητας από τους χώρους που βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασιακή στάθμη, όπου είναι ανεπιθύμητα και τα απορρίπτει σε χώρους που βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία και όπου είναι χρήσιμα ή αδιάφορα.

Κατά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υγρά όπως το θειικό οξύ (H_2SO_4), το διοξείδιο του θείου (SO_4) και διάφορα άλλα. Τα ψυκτικά αυτά μέσα έχουν πλέον εγκαταλειφθεί γιατί δεν πληρούν βασικές προδιαγραφές ασφαλείας, οι οποίες ισχύουν σήμερα καθώς επίσης και επειδή προκαλούν ταχεία φθορά στις εγκαταστάσεις. Τα πρώτα χρόνια η τεχνολογία αναγκάστηκε να τα χρησιμοποιήσει γιατί δεν υπήρχαν καταλληλότερα. Το μόνο ίσως ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιήθηκε από πολύ νωρίς και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα στη βιομηχανία είναι η αμμωνία.

Τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα κατασκευάστηκαν βιομηχανικά και χρησιμοποιήθηκαν στις Η.Π.Α στις αρχές της δεκαετίας του 1930. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά, είναι από χημική άποψη χλωριωμένοι ή φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα.

Η εκλογή του κατάλληλου ψυκτικού, σε μια εγκατάσταση, δε γίνεται μόνο με θερμοδυναμικά κριτήρια. Αποφασιστικό ρόλο, παίζουν και άλλες ιδιότητες του, όπως, η τοξικότητα, η αναφλεξιμότητα, το ιξώδες κ.α.

Ψυκτικά Ρευστά

Ψυκτικά ρευστά καλούνται οι ουσίες που εξατμιζόμενες σε χαμηλή θερμοκρασία απορροφούν θερμότητα από το χώρο εντος του οποίου εξατμίζονται. Κάθε ψυκτικό υγρό πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. Να απορροφά θερμότητα(εξατμιζόμενο) όταν βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του.
2. Να μπορεί να συμπιέζεται ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του και η πίεση του
3. Να συμπυκνώνεται όταν αποβάλλει θερμότητα.

Για να χρησιμοποιηθεί ένα ψυκτικό ρευστό πρέπει να έχει ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες, οι οποίες να εξασφαλίζουν την οικονομική και ασφαλή χρήση του. Είναι βέβαιο ότι δεν υπάρχει ψυκτικό ρευστό που να συγκεντρώνει όλες τις ιδιότητες, για αυτό υπάρχουν ποικιλίες ψυκτικών ρευστών με τις οποίες αντιμετωπίζονται οι απαιτήσεις κάθε συγκεκριμένης εφαρμογής ψύξης πχ το R-12 εξυπηρετεί περισσότερο την επαγγελματική ψύξη, το R-22 στον κλιματισμό και η αμμώνια στα πλοία ψυγεία και γενικά στις μεγάλες εγκαταστάσεις.

Τα ψυκτικά ρευστά διαιρούνται σε δυο βασικές κατηγορίες τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα. Πρωτεύοντα ψυκτικά ρευστά καλούνται εκείνα τα οποία προκειμένου να απορροφήσουν θερμότητα από ένα χώρο για να τον ψύξουν, ατμοποιούνται εντός αυτού πχ τα Freon, η αμμώνια κ.λπ. Δευτερεύοντα καλούνται αυτά που προκειμένου να αφαιρέσουν θερμότητα από ένα χώρο, δεν ατμοποιούνται εντός αυτού, άλλα ψύχονται σε άλλο χώρο και στη συνέχεια εισέρχονται στον χώρο τον οποίο πρέπει να ψύξουν, πχ άλμη, το νερό κ.λπ.

Τα πρωτεύοντα ψυκτικά ρευστά κατατάσσονται ανάλογα με το πόσο ασφαλή είναι στη χρήση τους, στις εξής κατηγορίες:

1. Ασφαλή ψυκτικά ρευστά. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα παρακάτω: το R-12, το R-11, το R-134a, το R-22, το R-500, το R-404a και το R-502 που αποτελούν αζεοτροπικά μίγματα ψυκτικών ρευστών.
2. Ψυκτικά ρευστά μέτριας ασφαλείας. Εδώ ανήκουν η αμμώνια (NH_3), το R-717, το χλωριούχο μεθύλιο (CH_3Cl), το διοξείδιο του θείου (SO_2).
3. Επικίνδυνα ψυκτικά ρευστά. Στην κατηγορία ανήκουν το αιθάνιο R-170, το προπάνιο R-290, το βουτάνιο R-600 και το ισοβουτάνιο R-600a.

Ιδιότητες Ψυκτικών Ρευστών

Για να χρησιμοποιηθεί ένα ψυκτικό ρευστό σε εγκαταστάσεις ψύξης πρέπει:

4. να έχει χαμηλό σημείο βρασμού σε θετικές πιέσεις
5. η πίεση αναρρόφησης να είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής, ώστε σε περίπτωση διαρροής να εξέρχεται το ψυκτικό ρευστό προς την ατμόσφαιρα και όχι να απορροφά αέρα από αυτή λόγω της υποπίεσής του

6. η διαφορά μεταξύ πίεσης αναρρόφησης και κατάθλιψης για ορισμένη θερμοκρασία ατμοποίησης του ψυκτικού ρευστού να κυμαίνεται σε 4-35 bar
7. να έχει χαμηλό σημείο συμπύκνωσης, δηλαδή, μικρή πίεση συμπύκνωσης
8. να έχει υψηλή λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης, δηλαδή, εξατμιζόμενο να απορροφά περισσότερη θερμότητα από το χώρο ψύξης
9. να έχει μικρό ειδικό όγκο. Η ιδιότητα αυτή μαζί με την υψηλή λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης παίζουν αποφασιστικό ρόλο, ως προς την απόδοση του συμπιεστή
10. να είναι εύκολη η ανίχνευση των διαρροών του, δηλαδή να εντοπίζεται γρήγορα η οποιαδήποτε διαρροή
11. να έχει σταθερή χημική σύνθεση υπό τις συνθήκες λειτουργίας του κύκλου ψύξης
12. να μη διασπά το ψυκτέλαιο και να μην αλλοιώνει τις λιπαντικές ικανότητες του κατά τη λειτουργία του συμπιεστή, με συνέπεια την καταστροφή του
13. να μην είναι τοξικό, γιατί σε περίπτωση διαρροής θα βρεθούν σε κίνδυνο τα ψυχωμένα προϊόντα και η υγεία των παρευρισκόμενων ανθρώπων μέσα στον ψυχωμένο χώρο
14. να μην είναι διαβρωτικό και οξειδωτικό, διότι τότε μειώνεται η διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων της ψυκτικής εγκατάστασης
15. να μην αναφλέγεται και εκρήγνυται. Θα αποτελούσε μεγάλο κίνδυνο για όσους βρίσκονταν μέσα σε χώρους, από όπου διέρχονται σωληνώσεις ψυκτικού ρευστού, όταν ένας σπινθήρας μπορούσε να προκαλέσει ανάφλεξη και έκρηξη από τυχόν διαρροή του.

Ψυκτικό μέσο R-134a

Όνομασία: Τετραφθοράνθρακας με χημικό τύπο CH_2FCF_3

Θερμοκρασία ατμοποίησης: -26°C

Κωδικό χρώμα: γαλάζιο ανοιχτό

Τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα, τα λεγόμενα CFC's περιέχουν χλώριο (Cl) το οποίο αποτελεί την κύρια αιτία της τρύπας του όζοντος. Με την υπογραφή του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, καταργήθηκε η παραγωγή των ψυκτικών ρευστών που περιέχουν Cl σε μεγάλες, όπως το R-11 και το R-12 από το 1996. Έτσι δημιουργήθηκε ένας αγώνας δρόμου για την αντικατάσταση των καταργούμενων ψυκτικών ρευστών με νέα, που να μην περιέχουν στη σύνθεσή τους χλώριο. Ένα από αυτά είναι το R-134a. Τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του, καθώς και οι φυσικές και χημικές ιδιότητες είναι παρόμοιες με αυτές του R-12.

Οι ιδιότητες του

Το R-134a είναι φιλικό προς το περιβάλλον ψυκτικό ρευστό. Δεν περιέχει στη σύνθεσή του χλώριο και δεν επηρεάζει το στρώμα του όζοντος. Είναι πολύ χαμηλής τοξικότητας και δεν είναι διαβρωτικό των μετάλλων και ιδιαίτερα του χαλκού υπό ομαλές συνθήκες λειτουργίας της εγκατάστασης.

Η διαλυτικότητα του νερού στο R-134a είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του R-12 με αποτέλεσμα να μην είναι όλα τα αφυγραντικά υλικά συμβατά προς το R-134a.

Δεν είναι καθόλου συμβατό με τα ψυκτέλαια (ορυκτέλαια) που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις με ψυκτικά CFC's. Για αυτό το λόγο, όταν σε μια εγκατάσταση γίνει αντικατάσταση του R-12 με R-

134a, πρέπει να αντικατασταθεί υποχρεωτικά και το ψυκτέλαιο του συμπιεστή το οποίο είναι συνήθως ορυκτό (ναυθανικό ή παραφινικό) με νέο αστερικό.

Λόγω της απουσίας των ατόμων του χλώριου στο μόριο του R-134a, έχει να αποδείξει καλή χημική και θερμική σταθερότητα η οποία είναι πολύ καλύτερη από αυτή του R-12. Έχει αποδειχθεί, ύστερα από εργαστηριακές δοκιμές, ότι έχει μεγάλη θερμική σταθερότητα.

Εκτονωτικές Διατάξεις (Στραγγαλιστικές Βαλβίδες)

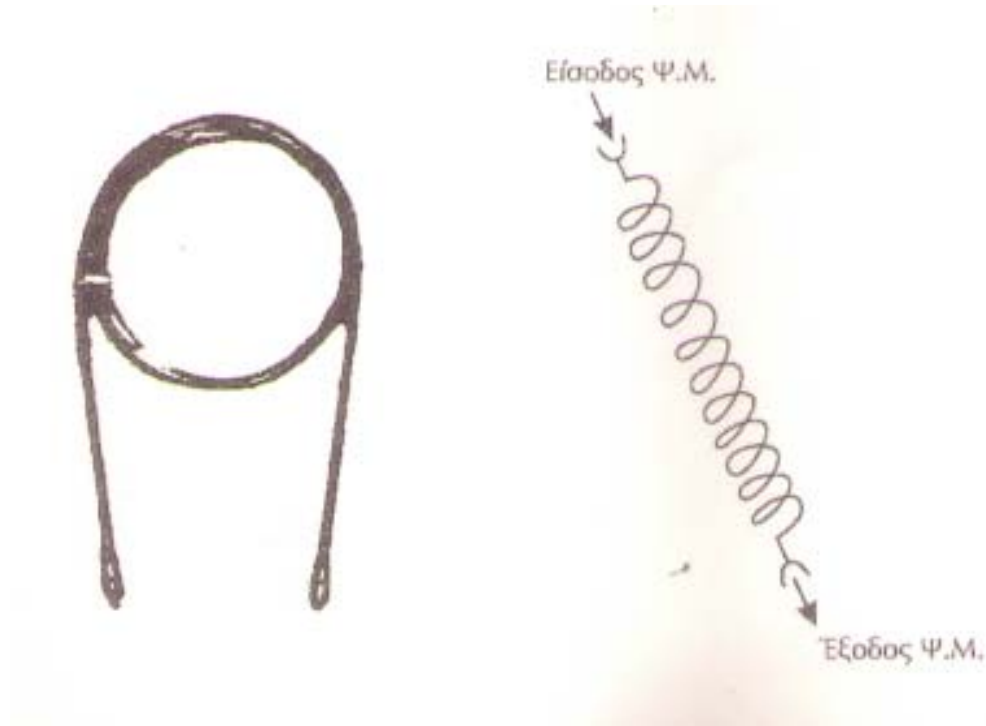
Εκτονωτική διάταξη που προορίζεται για να εκτελεί τις βασικότερες λειτουργίες του ψυκτικού συγκροτήματος, όπως:

1. Να ελέγχει την ακριβή ποσότητα του διερχόμενου ψυκτικού μέσου, ώστε ο ατμοποιητής να μην παρουσιάζει έλλειψη ή υπερχειλίση ψυκτικού. Με τον τρόπο αυτό η μονάδα εργάζεται με τη μέγιστη δυνατή απόδοση χωρίς να υπερφορτίζεται.
2. Να προκαλεί την ισενθαλπική εκτόνωση από την υψηλή πίεση του συμπιεστή στην χαμηλή πίεση του ατμοποιητή σε θερμοκρασία και πίεση ατμοποίησης.

Οι διαφορές εκτονωτικές διατάξεις λειτουργούν κατά διάφορο τρόπο και καλύπτουν ειδικές απαιτήσεις η κάθε μια. Τα κυριότερα είδη εκτονωτικών διατάξεων είναι:

16. Χειροκίνητη εκτονωτική διάταξη
17. Ο τριχοειδής σωλήνας. Είναι η απλούστερη στραγγαλιστική διάταξη. Κατασκευάζονται συνήθως από χαλκοσωλήνα με εσωτερική διάμετρο 0,4 ως 2 mm, μήκος μέχρι πλέον και 2 m, συνδέεται με την γραμμή αναρρόφησης με συγκόλληση, ώστε το υγρό ψυκτικό μέσο να μπορεί να αποψυχθεί διαμέσου εναλλαγής θερμότητας. Η εκτονωτική αυτή διάταξη χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις πολύ μικρές και παλιές ψυκτικές διατάξεις. Η λειτουργία του στηρίζεται στην απότομη

μεταβολή της διαμέτρου από την οποία διέρχεται το ψυκτικό υγρό και το μήκος που διατίθεται για την <<καταστροφή>> της πίεσης.



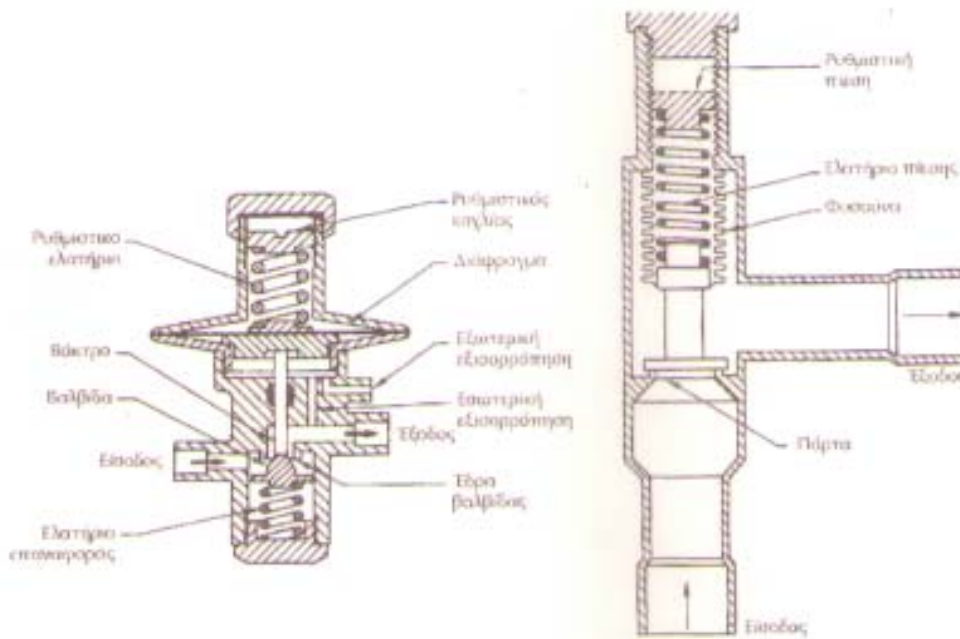
Στραγγαλιστική διάταξη τύπου τριχοειδή σωλήνα

- Η πιεζοστατική εκτονωτική (στραγγαλιστική) διάταξη. Σκοπός αυτής της διάταξης είναι η ρύθμιση της απαραίτητης ποσότητας ψυκτικού που οδηγείται στον ατμοποιείτε και η οποία πρέπει να είναι ανάλογη των εκαστοτε απαιτήσεων σε ψύξη (φορτίο) εφόσον προκαλεί την απαραίτητη εκτόνωση στο μέσο, στα επίπεδα της πίεση και της θερμοκρασίας ατμοποίησης.

Αποτελείται από:

1. Κυρίως σώμα
2. Διάφραγμα ή πτυσσόμενος ασκός.
3. Ρυθμιστικό ελατήριο και κοχλία ρύθμισης.

4. Βελόνη με την έδρα της.
5. Στόμιο εισόδου και εξόδου.
6. Φίλτρο συγκράτησης σωματιδίων και
7. Στυπιοθλίπτης.

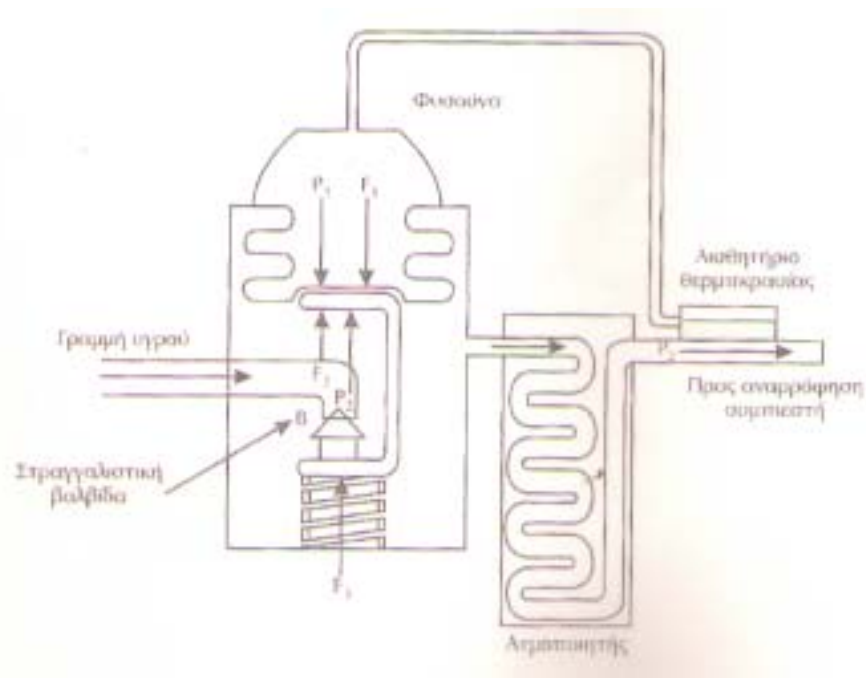


Πιεζοστατική εκτονωτική διάταξη

- Η θερμοστατική εκτονωτική διάταξη. Η διάταξη αυτή λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει έχει αντικαταστήσει την πιεζοστατική σε όλες τις μεγάλες εγκαταστάσεις. Τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι η διατήρηση σταθερής υπερθέρμανσης στον ατμοποιητή ανεξάρτητα από το φορτίο

στο οποίο αυτός είναι υποχρεωμένος να ανταποκριθεί. Αποτέλεσμα αυτής της λειτουργίας είναι ότι ο ατμοποιητής τροφοδοτείται πάντα με την ποσότητα του ψυκτικού που απαιτείται από το παρουσιαζόμενο ψυκτικό φορτίο. Η επιθυμητή θερμοκρασία στο ψυκτικό θάλαμο διατηρείται σταθερή χωρίς την χρήση θερμοστάτη. Η διάταξη αυτή λειτουργεί λαμβάνοντας υπόψη την θερμοκρασία του ατμοποιητή και όχι την πίεση του. Αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Κυρίως σώμα
2. Διάφραγμα (φουσητήρας)
3. Βελόνη με την έδρα της
4. Ελατήριο υπερθέρμανσης και ρυθμιστικός κοχλίας
5. Αισθητήριο θερμοκρασίας (βολβός)
6. Η εκτονωτική διάταξη με επίπλευση στα πλευρά χαμηλής
7. Η εκτονωτική διάταξη με επίπλευση στα πλευρά υψηλής.



Πιεζοστατική εκτονωτική διάταξη

Εναλλάκτης Θερμότητας

Οι εναλλάκτης θερμότητας είναι συσκευές που μεταφέρουν θερμική ενέργεια από ένα ρευστό στο άλλο. Στην περίπτωση που εξετάζουμε ο εναλλάκτης αυτός θα μεταφέρει θερμότητα από το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη του συμπυκνωτή στο νερό που επιθυμούμε να θερμάνουμε.

Τέτοιες συσκευές συναντώνται σε όλα τα επίπεδα τεχνολογίας, από ένα απλό θερμαντικό σώμα μέχρι τις μεγάλες μονάδες βιομηχανίας και των ατμολεβήτων. Αποτελούνται από επιφάνειες που χωρίζουν τα ρευστά που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία και μεταξύ τους συναλλάσσεται θερμότητα. Οι επιφάνειες αυτές ζεσταίνεται από ένα ρευστό και ψύχονται από το άλλο.

Η πιο απλή περίπτωση εναλλάκτης είναι αυτή όπου το ζεστό νερό και το κρύο μέσο ανακατεύονται, γνωστός ως εναλλάκτης ανάμιξης. Συνήθεις εναλλάκτες είναι αυτοί που τα ρευστά χωρίζονται μεταξύ τους με μια επιφάνεια, που αποτελεί τον εναλλάκτης θερμότητας.

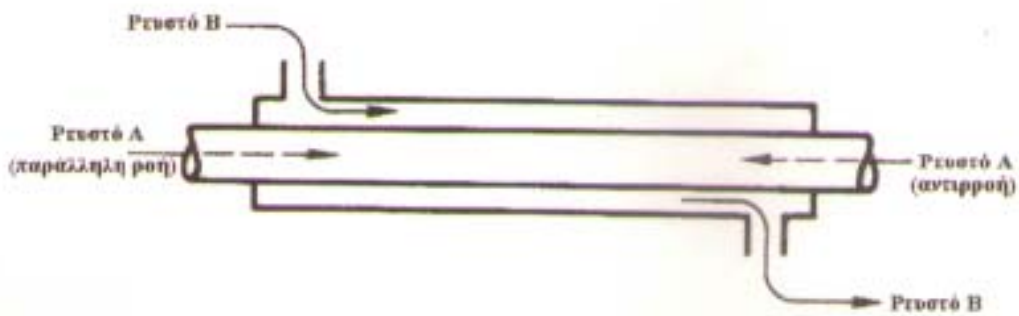


Εναλλάκτης θερμότητας σε τομή

Είδη εναλλακτών:

1. Εναλλάκτης επίπεδης επιφάνειας
2. Εναλλάκτης κυλινδρικής επιφάνειας
3. Εναλλάκτης διασταυρωμένης ροής

Αν τα ρευστά ρέουν προς την ίδια διεύθυνση, ομόρροπα ρεύματα, αναφέρονται σαν εναλλάκτης ομορροής, ενώ αν κινούνται σε αντίθετη διεύθυνση, τότε πρόκειται για εναλλάκτης αντιρροής, στην περίπτωση δε που τα ρευστά με τρόπο που η ροή τους διασταυρώνεται υπό ορθή γωνία, δημιουργούνται διασταυρούμενα ρεύματα και παρουσιάζεται ο εναλλάκτης διασταυρούμενης ροής.



Θερμική ανάλυση

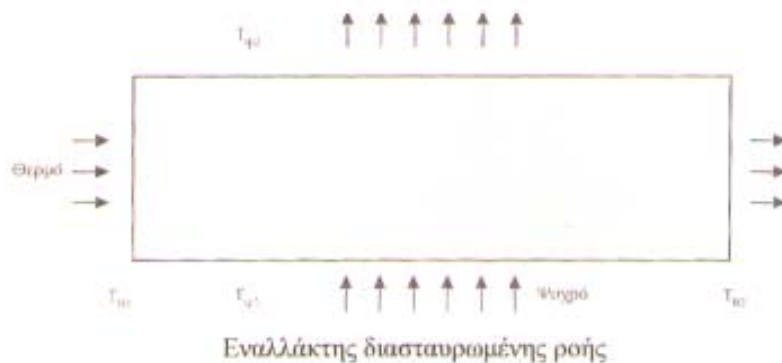
$$Q_{\theta} = Q_{\psi} + Q_{\alpha\alpha\tau} \quad (\text{Watt})$$

όπου:

Q_{θ} : το ποσό θερμότητας που προσφέρει το ζεστό ρευστό

Q_{ψ} : το ποσό θερμότητας που απορροφά το ψυχρό ρευστό

$Q_{\alpha\alpha\tau}$: το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται στο περιβάλλον



Σε θερμικά μονωμένους εναλλάκτες, όπου $\dot{Q}_{\text{ατ}} = 0$ η παραπάνω σχέση παίρνει τη μορφή:

$$\dot{Q}_\theta = \dot{Q}_\psi \quad (1)$$

Αν m_θ και m_ψ , οι παροχές μάζας του ζεστού και του ψυχρού ρευστού, $T_{\theta1}$, $T_{\theta2}$ και $T_{\psi1}$, $T_{\psi2}$ οι θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του ζεστού και του ψυχρού ρευστού αντίστοιχα και c_θ και c_ψ , οι θερμοχωρητικότητες τους τότε ισχύει:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_\theta &= m_\theta c_\theta (T_{\theta1} - T_{\theta2}) \\ \dot{Q}_\psi &= -m_\psi c_\psi (T_{\psi2} - T_{\psi1}) \end{aligned}$$

και με βάση τη σχέση (1), για θερμικά μονωμένους εναλλάκτες, προκύπτει:

$$\begin{aligned} m_\theta c_\theta (T_{\theta1} - T_{\theta2}) &= m_\psi c_\psi (T_{\psi1} - T_{\psi2}) \\ m_\theta c_\theta (\Delta T_\theta) &= m_\psi c_\psi (\Delta T_\psi) \end{aligned}$$

Αν $m_\theta c_\theta = m_\psi c_\psi = m c$ τότε η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο ρευστών παραμένει σταθερή σε όλο το μήκος του εναλλάκτη. Αυτές οι ιδανικές συνθήκες σπάνια συναντώνται στην πράξη, συνήθως επικρατούν περιπτώσεις που: $m_\theta c_\theta \neq m_\psi c_\psi$ με βάση αυτό, η διαφορά θερμοκρασίας των δύο ρευστών δεν παραμένει σταθερή ($\Delta T \neq c$)

Για τον υπολογισμό του συνηθισμένου εναλλάκτη ορίζεται μια μ θερμοκρασιακή διαφορά $\overline{(\Delta T)}$ που δίνει τα ίδια συνολικά αποτελέσματα με πραγματικές συνθήκες. Η θερμοκρασιακή διαφορά ονομάζεται μέση λογαριθμ θερμοκρασιακή διαφορά.

Για την επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας ισχύει η σχέση:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \overline{(\Delta T)} \quad \text{Watt}$$

όπου:

\dot{Q} : το ποσό θερμότητας που συναλλάσσεται (W)

U: ο συντελεστής θερμοπερατότητας (συνολικός, από αγωγή και συναγωγή), (m²K)

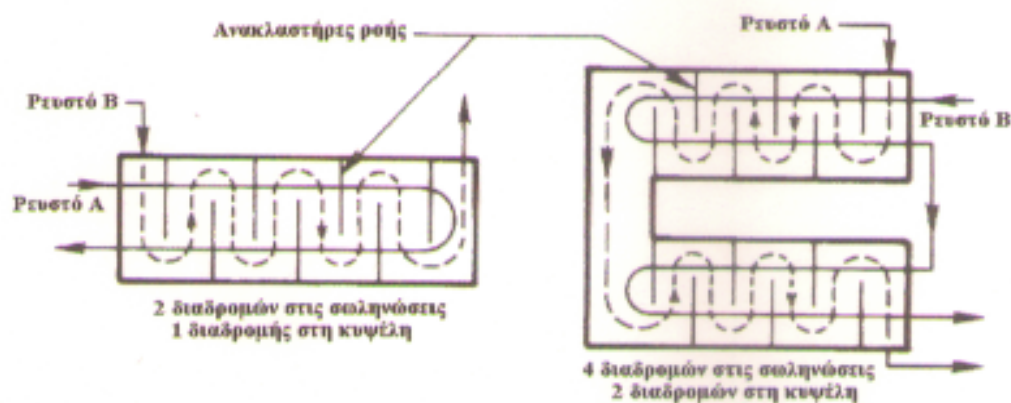
A: η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας (m²)

ΔT : η μέση , ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά ,(K).

Διάφοροι τύποι εναλλακτών:

α. Πτερυγιοφόροι εναλλάκτες

β. Πλακοειδείς εναλλάκτες



Υπολογισμός εναλλακτών θερμότητας

Ένας εναλλάκτης θερμότητας μπορεί να μελετηθεί μέσω των παρακάτω δυο διαφορετικών προσεγγίσεων.

α) Τη μέθοδο της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς

β) Τη μέθοδο της αποδοτικότητας του εναλλάκτη

Θα αναφερθούμε στη μέθοδο της αποδοτικότητας του εναλλάκτη διότι την χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό των μεθόδων του εναλλάκτη.

Μέθοδος της αποδοτικότητας εναλλάκτη θερμότητας

Η μέθοδος της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς απαιτεί για να εφαρμοστεί πλήρη γνώση των θερμοκρασιών εισόδου και εξόδου των δυο ρευστών από τον εναλλάκτη θερμότητας καθώς επίσης και τη γνώση της τιμής του ολικού συντελεστή μεταφοράς θερμότητας. Όλες αυτές οι πληροφορίες δεν είναι συνήθως γνωστές σε εμάς κατά τη φάση του σχεδιασμού του εναλλάκτη θερμότητας και για αυτό η εφαρμογή της μεθόδου της μέσης λογαριθμικής θερμοκρασιακής διαφοράς δεν είναι πάντοτε εφικτή για τη επίλυση ενός εναλλάκτη θερμότητας.

Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούμε να εφαρμόσουμε τη μέθοδο της αποδοτικότητας εναλλάκτη θερμότητας. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην εισαγωγή ενός νέου μεγέθους που ονομάζεται αποδοτικότητα (Effectiveness) εναλλάκτη θερμότητας (ϵ) και ορίζεται από την παρακάτω σχέση :

$$\varepsilon = \frac{C_b \cdot (T_{h,i} - T_{h,e})}{C_{\min} \cdot (T_{h,i} - T_{c,i})} = \frac{C_c \cdot (T_{c,e} - T_{c,i})}{C_{\min} \cdot (T_{h,i} - T_{c,i})}$$

όπου, το C_{\min} ταυτίζεται πάντα με το μικρότερο από τα C_b και C_c .

Πρακτικά, η αποδοτικότητα εναλλάκτη θερμότητας (ε) είναι πάντα το πηλίκο της ενέργειας που πραγματικά μεταφέρεται στον εναλλάκτη από το θερμό στο ψυχρό ρεύμα προς το μέγιστο πόσο ενέργειας που θα μπορούσε να μεταφερθεί από το ένα ρεύμα στο άλλο.

Με συνδυασμό των παραπάνω εξισώσεων προκύπτει η παρακάτω εξίσωση από τη οποία υπολογίζεται το ποσό ενέργειας που πραγματικά μεταφέρεται στον εναλλάκτη θερμότητας εάν είναι γνωστή η αποδοτικότητα του εναλλάκτη.

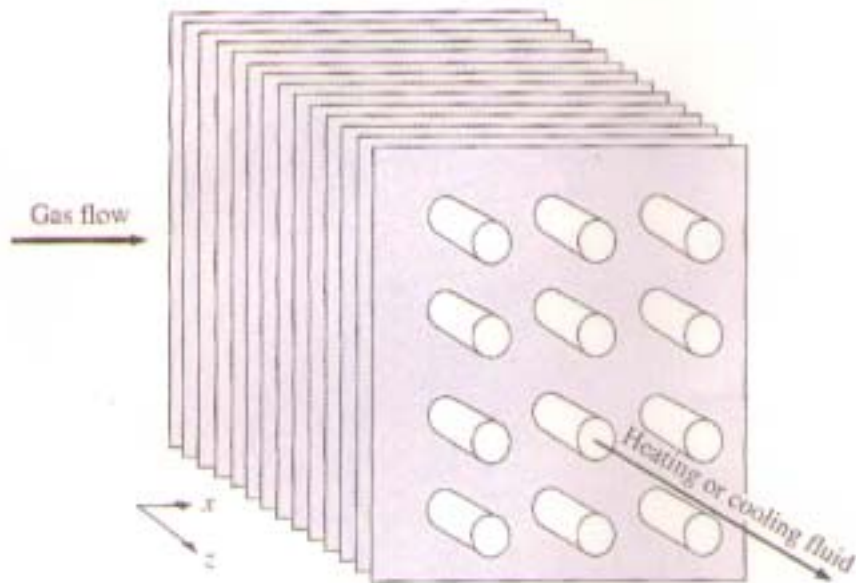
$$Q = \varepsilon \cdot C_{\min} \cdot (T_{h,i} - T_{c,i})$$

Η αποδοτικότητα εναλλάκτη θερμότητας (ε) έχει αποδειχθεί θεωρητικά ότι είναι συνάρτηση των παρακάτω δυο διαστατών αριθμών :

$$\varepsilon = f\left(\frac{C_{\min}}{C_{\max}}, NTU\right)$$

Όπου, ο αδιάστατος αριθμός NTU ονομάζεται αριθμός μονάδων μεταφοράς (Number of Transfer Units) και ορίζεται από την παρακάτω εξίσωση :

$$NTU = \frac{U \cdot A}{C_{\min}}$$



Εναλλάκτης διασταυρωμένης ροής

Βιβλιογραφία

1. Αντωνόπουλος Α. Κίμωνας : Θερμικά-Ηλιακά Συστήματα, Μέρος πρώτο, Αθήνα 2007.
2. Βραχόπουλος Γρ. Μιχάλης : Ψυκτικές Διατάξεις, Εκδόσεις "ΙΩΝ".
3. Ινστιτούτο ηλιακής τεχνικής : Πέμπτο εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας, Αθήνα 6-8 Νοεμβρίου 1996, Πρακτικά τόμος Α.
4. Αναστασιάδης Π. Σπύρος : Βιομηχανική ψύξη και κλιματισμός με ηλιακή ενέργεια, Αθήνα 1981.
5. Αναστασιάδης Π. Σπύρος : Υπολογισμός ψυκτικών μονάδων, εφαρμογές και συμπιεστές ψύξης, Αθήνα 1998, εκδόσεις 'Τεχνικών-Επιστημονικών βιβλίων'.
6. Μπελεσιώτης Β. Ανδρόνικος Π.Δ., Μπαρτζής Ι., Παπαθανασόπουλος Κ. : Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες-Αποτελέσματα θερμικής συμπεριφοράς επίπεδων συλλεκτών, Σεπτέμβριος 1986, Εκδόσεις ΕΚΕΦΕ <<ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ>>.
7. Ψειμαδάς Αρ. Βασίλειος : Διπλωματική εργασία 'Συμβολή στο σχεδιασμό συμπηκνωτών με ηλεκτρονικό υπολογιστή', Αθήνα 1999, βιβλιοθήκη εθνικού Μ. Πολυτεχνίου.
8. Αντωνόπουλος Α. Κίμωνας : Κλιματισμός, Πρώτο μέρος, Αθήνα 2007.
9. Χατζηδάκης Σ. : Σημειώσεις ψύξης Α' και Β' μέρος, Αθήνα 2003.
10. Whitman Lang, Tomczyk Johnson : Ψύξη & Κλιματισμός, εκδόσεις 'ΙΩΝ', επιμέλεια : Χαρακλιάς Κώστας.
11. Holman J.P : Heat transfer Ninth edition, Εκδόσεις McGrawHill.

