

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΗΛΙΑΚΑ &
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΕΣ**

1347

ΚΛΑΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Αντλίες θερμότητας.....	6
• 1.1 Ορισμός.....	6
• 1.2 Περιγραφή.....	6
• 1.3 Κύκλος για ψύξη χώρου.....	9
• 1.4 Κύκλος για θέρμανση χώρου.....	9
• 1.5 Η ιδανική αντλία θερμότητας.....	10
• 1.6 Αποδοτικότητα αντλίας θερμότητας.....	11
• 1.7 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.....	12
• 1.8 Επιπλέον διακρίσεις.....	14
• 1.9 Οι πηγές θερμότητας.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Παθητικά και ενεργειακά ηλιακά συστήματα.....	17
• 2.1 Ηλιακή ενέργεια.....	17
• 2.2 Οικιακή χρήση.....	22
• 2.3 Βιομηχανική χρήση.....	23
• 2.4 Συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας.....	23
• 2.5 Ηλιακή υποβοήθηση.....	26
• 2.6 Θερμικά ηλιακα συστήματα.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Γεωθερμία.....	32
• 3.1 Ορισμός.....	32
• 3.2 Η γεωθερμία στην Ελλάδα.....	33
• 3.3 Η χρήση της γεωθερμία παγκοσμίως.....	34
• 3.4 Προβλήματα και πλεονεκτήματα.....	35
• 3.5 Αβαθής γεωθερμία - τρόπος λειτουργίας.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ανάλυση των επιμέρους στοιχείων Ηλιακά Υποβοηθούμενης και Γεωθερμικά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας.....	40
• 4.1 Εισαγωγή.....	40
• 4.2 Συμπιεστές.....	40
• 4.2.1 Κατηγορίες συμπιεστών.....	41
• 4.2.2 Σπειροειδής Συμπιεστές (τύπου Scroll).....	42
• 4.2.3 Κύρια εξαρτήματα σπειροειδη συμπιεστή.....	43
• 4.2.4 Συμπιεστές ελικοειδής.....	44
• 4.3 Συμπυκνωτές.....	45
• 4.3.1 Γενικά.....	45
• 4.3.2 Κατάταξη συμπυκνωτών.....	46
• 4.3.3 Αερόψυκτοι συμπυκνωτές.....	46
• 4.3.4 Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές.....	46
• 4.3.5 Είδη υδρόψυκτων συμπυκνωτών.....	46
• 4.3.6 Συμπυκνωτές εξατμιζόμενου τύπου.....	47

• 4.4 Εκτονωτική διάταξη.....	57
• 4.4.1 Εκτονωτικές διατάξεις (στραγγαλιστικές βαλβίδες).....	58
• 4.4.2 Εκτονωτική Βαλβίδα Επίπλευσης Χαμηλής Πλευράς.....	60
• 4.4.3 Εκτονωτική Βαλβίδα Επίπλευσης Υψηλής Πλευράς.....	60
• 4.5 Εναλλάκτης θερμότητας.....	62
• 4.5.1 Γενικά.....	62
• 4.5.2 Εναλλάκτες συστήματος tankintank (μπόιλερ).....	62
• 4.5.3 Πλακοειδής εναλλάκτες.....	63
• 4.5.4 Λέβητες και εναλλάκτες σε ένα συγκρότημα.....	64
• 4.5.5 Εναλλάκτης σωληνοειδούς τύπου.....	65
• 4.5.6 Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα.....	65
• 4.5.7 Στιγμαίοι παρασευαστές.....	66
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u> Τεχνική μελέτη αντλίας θερμότητας Αέρος – Νερού.....	67
• 5.1 Πλεονεκτήματα συστημάτων πολλαπλών λειτουργιών.....	67
• 5.2 Οι κύριες λειτουργίες της μονάδας πολλαπλών λειτουργιών.....	68
• 5.3 Αποθήκευση Ζεστού Νερού Χρήσης.....	72
• 5.4 Ρύθμιση υγρασίας και θερμοκρασίας χώρου.....	76
• 5.5 Υπολογίζοντας τις απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήση.....	78
• 5.6 Υπολογίζοντας τη διαθέσιμη ενέργεια για τη θέρμανση.....	81
• 5.7 Χαρακτηριστικά και επιλογή για το δοχείο αποθήκευσης.....	86
• 5.8 Δυνατότητες μονάδας.....	88
• 5.9 Επιλέγοντας την πολυλειτουργική μονάδα.....	88
• 5.10 Το φαινόμενο αδράνειας στο σύστημα αποθήκευσης.....	91
• 5.11 Υπολογισμός δοχείου διαστολής.....	92
• 5.12 Το βακτήριδιο του λεγεωναρίου (legionella) στα συστήματα θέρμανσης.....	94
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u> Τεχνική μελέτη οριζόντιου συστήματος γεωθερμικής αντλίας Θερμότητας.....	95
• 6.1 Περίληψη.....	95
• 6.2 Εισαγωγή.....	95
• 6.3 ΓΑΘ κλειστού βρόχου.....	96
• 6.4 Οριζόντια συστήματα ΓΑΘ κλειστού βρόχου.....	97
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	102

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.

Η εν λόγω εργασία ασχολείται με την ανάλυση, των διαφόρων ειδών αντλιών θερμότητας και επιχειρεί να παρουσιάσει την εξέλιξή τους μέχρι σήμερα, τις εφαρμογές αλλά και την σημασία της εφαρμογής τους σε θέματα απόδοσης καθώς της οικονομίας και της φιλικότητάς τους προς το περιβάλλον.

Επίσης γίνεται παρουσίαση των διαφόρων μορφών αντλιών θερμότητας που υπάρχουν, της αρχής λειτουργίας τους, του ρόλου του κάθε μέρους της εγκατάστασης και τον πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων τους.

Αναλύονται επίσης οι συνδυαστικοί τρόποι υποβοήθησης αντλιών θερμότητας με την ηλιακή ενέργεια, η αξιοποίησή της, τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα και τα παθητικά ηλιακά συστήματα, όπως επίσης και υποβοηθούμενες από γεωθερμική ενέργεια και τα επιμέρους συστήματα που την απαρτίζουν.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η αντλία θερμότητας είναι η συσκευή που αντλεί θερμότητα από την πηγή της προς απόπτωση -συνήθως σε ψύκτρα- έχει δε ως σκοπό την αλλαγή θερμοκρασίας της πηγής. Η αντλία θερμότητας σχεδιάστηκε ώστε να μεταφέρει θερμότητα (θερμική ενέργεια) αντίθετα της φυσικής ροής της . Η λειτουργία της απαιτεί κατανάλωση ενέργειας . Το θεώρημα λειτουργίας της αντλίας θερμότητας εφαρμόζεται σε ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά και προσφάτως σε θέρμανσης νερού .

Στη μηχανή κλιματισμού που απαιτεί μηχανικό έργο (που με τη σειρά του απαιτεί συνήθως κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) για την συντήρηση του θερμοδυναμικού κύκλου, ο όρος αντλία θερμότητας αναφέρεται σε μηχανές που λειτουργούν με την χρήση συμπιεζόμενου αερίου ως μέσο μεταφοράς της ενέργειας ανάμεσα σε πηγή και ψύκτρα . Η μηχανή αυτή αποτελείται από κυκλοφορητή, συμπιεστή, βαλβίδα εκτόνωσης και εναλλάκτες θερμότητας ώστε η μεταφορά θερμότητας να είναι αντιστρέψιμη . Μπορεί λοιπόν να παράξει θέρμανση ή ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ζεστό νερό . Οι πιο κοινές πηγές άντλησης θερμότητας για τέτοιες μηχανές είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος . Ανάλογα με την φύση της πηγής και αντίστοιχα της ψύκτρας οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, εδάφους-αέρα και εδάφους-νερού .

ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

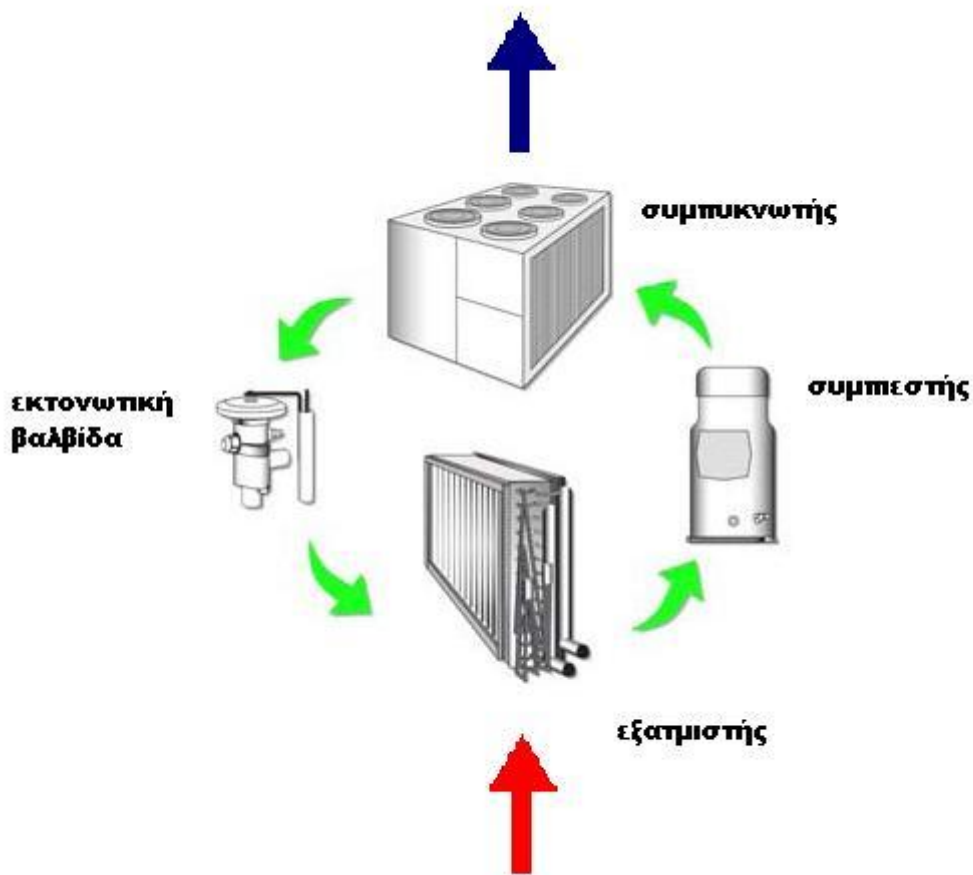
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1.1 Ορισμός.

Η αντλία θερμότητας ως συσκευή 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. 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 και την αποβάλλει στο περιβάλλον, οπότε ψύχεται ο κλιματιζόμενος χώρος, 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.

1.2 Περιγραφή.

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούνται από τα ίδια κατασκευαστικά στοιχεία και έχει τις ίδιες αρχές λειτουργίας με όλες τις υπόλοιπες συσκευές ψύξης. Τα βασικά στοιχεία είναι ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής, ο εξατμιστής και η εκτονωτική βαλβίδα.

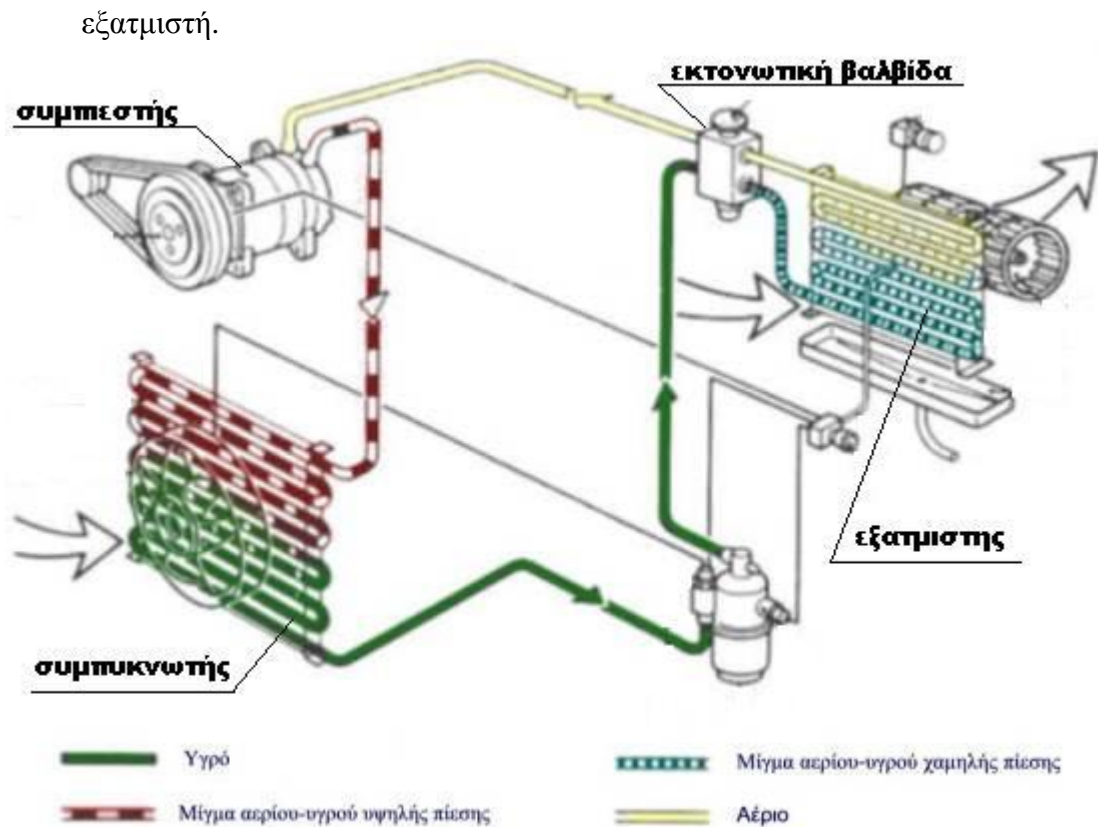


Εικ. 1.1 Κύκλος συμπίεσης.

Η λειτουργία των αντλιών θερμότητας στον κλιματισμό βασίζεται στον κύκλο συμπίεσης ατμών ενός ψυκτικού ρευστού.

Οι αντλίες που λειτουργούν σύμφωνα με τον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμών αποτελούνται από τα παρακάτω στοιχεία:

- **Τον εξατμιστή**, που είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που βρίσκεται στον χώρο που θέλουμε να ψύξουμε. Στον εξατμιστή, το ψυκτικό ρευστό που βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, απορροφά θερμότητα και εξατμίζεται.
- **Τον συμπιεστή**, που είναι μία συσκευή που αναρροφά τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού μετά την έξοδο του εξατμιστή, τους συμπιέζει, με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης και τη θερμοκρασίας τους.
- **Τον συμπυκνωτή**, που είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που βρίσκεται στο χώρο που θέλουμε να απορρίψουμε τη θερμότητα. Οι ατμοί ψύχονται και αποβάλλουν θερμότητα.
- **Την εκτονωτική βαλβίδα**, όπου μειώνεται η υψηλή πίεση που επικρατεί στον συμπυκνωτή μέχρι τη χαμηλή πίεση που επικρατεί στον



Εικ. 1.2 Στοιχεία αντλίας θερμότητας.

Εκτός των παραπάνω, οι αντλίες θερμότητας περιέχουν και άλλα εξαρτήματα, όργανα και συσκευές όπως βαλβίδες, όργανα διακοπής, φίλτρα, όργανα αυτοματισμού, καλωδιώσεις, σωληνώσεις κ.λ.π.

Στην πραγματικότητα η τεχνολογία της αντλίας θερμότητας είναι βασισμένη σε μια πολύ απλή και γνωστή αρχή.

Η λειτουργία της είναι παρόμοια με ένα οποιαδήποτε οικιακό ψυγείο, χρησιμοποιώντας έναν κύκλο συμπίεσης ατμού.

Τα κύρια μέρη μιας αντλίας θερμότητας είναι ο συμπιεστής, η βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένα εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή).

Ένας ανεμιστήρας ωθεί τον εξωτερικό αέρα στην αντλία θερμότητας όπου συναντά τον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας χτυπά το εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, το αέριο φτάνει σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού. Ταυτόχρονα, το ψυκτικό μέσο με τη βοήθεια του συμπυκνωτή επανέρχεται στην υγρή μορφή, έτοιμο να μετατραπεί σε αέριο για άλλη μια φορά και να συλλέξει νέα θερμότητα.

Ο συμπιεστής της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιεί έναν έλεγχο inverter, όπου το σύστημα μπορεί να παρέχει την ακριβή θερμική ισχύς που απαιτείται σε κάθε δεδομένη

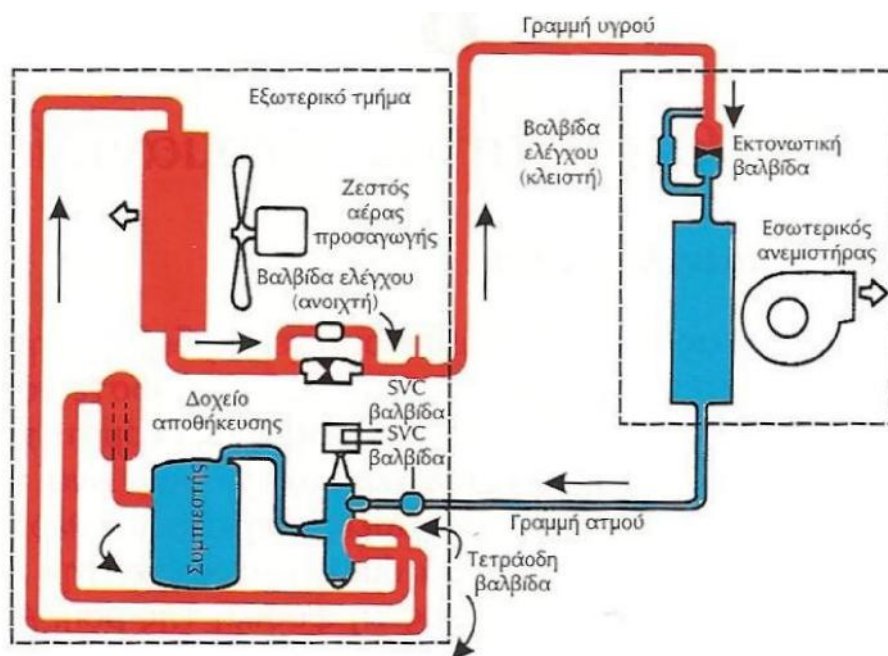
στιγμή. Αυτό σημαίνει ότι η αντλία θερμότητας θα καταναλώνει μόνο την συγκεκριμένη ενέργεια που απαιτείται, καθιστώντας το ιδιαίτερα αποδοτικό και οικονομικό.

Το καλοκαίρι, το κύκλωμα ψύξης είναι ικανό να λειτουργήσει αντίστροφα ώστε να παρέχει ψύξη για όσο του ζητηθεί.

1.3 Κύκλος για ψύξη χώρου.

Την μελέτη του κύκλου για ψύξη την ξεκινάμε από την 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 προδίδονται σε αέριο, το οποίο αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στον συμπιεστή.
- Το συμπιεσμένο αέριο φθάνει στον συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το συμπυκνωμένο αέριο υγροποιείται.
- Το ψυκτικό υγρό οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη.



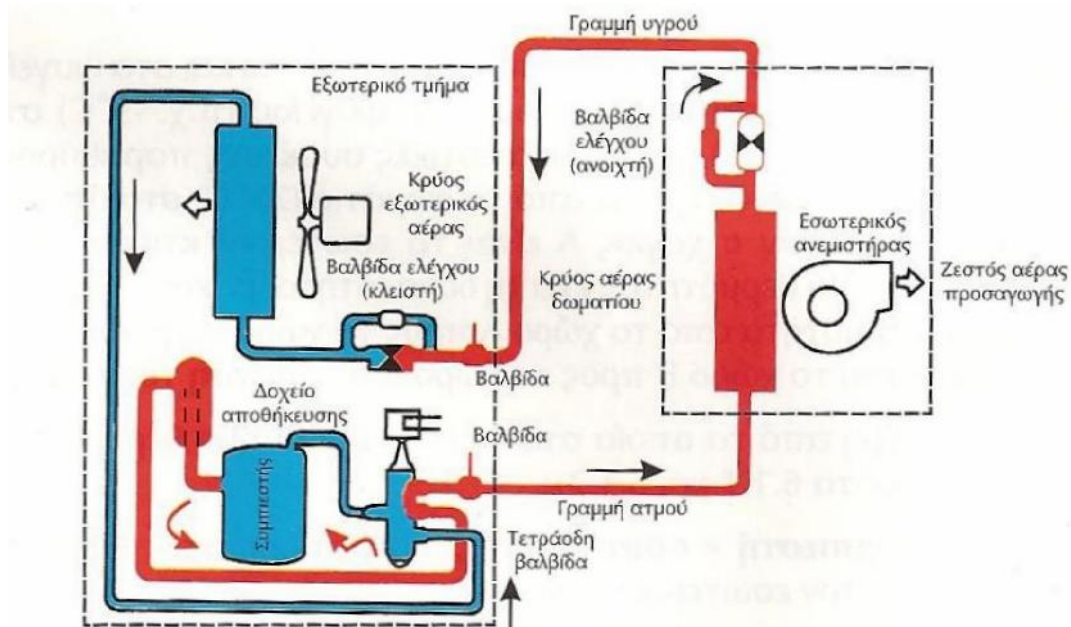
Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη

Εικ. 1.3 Κύκλος αντλίας θερμότητας.

1.4 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.



Εικ. 1.4 Κύκλος αντλίας θερμότητας για θέρμανση χώρου.

1.5 Η ιδανική Αντλία Θερμότητας.

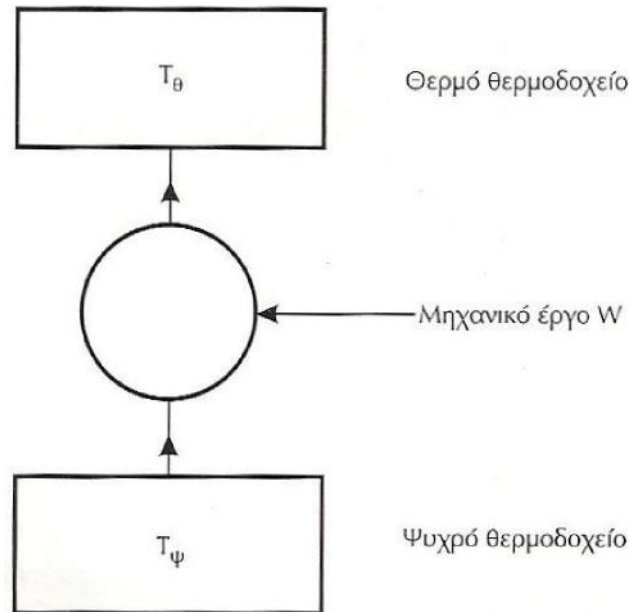
Η λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας βασίζεται στη λειτουργία της μηχανής Carnot, που λειτουργεί όμως κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Η ποιότητα της αντλίας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς(επίδοσης) COP (=Coefficient of Performance).

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 δύναται να αντικατασταθούν από τις θερμοκρασίες(βλ. κύκλος Carnot):

$$COP = \frac{T_q}{T_q - T_y}$$



Εικ. 1.5 Κύκλος θερμαντλίας.

Παρατηρήσεις:

- Για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά $T_{\theta} - T_{\psi}$ ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία T_{θ} .
- 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 την διάρκεια του χειμώνα και δυνατότητα σε ορισμένες περιπτώσεις της χρήσης της γεωθερμίας βοηθητικά στην αντλία θερμότητας.

1.6 Αποδοτικότητα αντλίας θερμότητας.

Η θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της αντλίας θερμότητας κι αυτό γιατί το ολικό ποσό θερμότητας που περιέχει το θερμοδυναμικό σύστημα του αέρα είναι ανάλογο της θερμοκρασίας του, άρα σε χαμηλή θερμοκρασία του αέρα έχουμε μικρά ποσά θερμότητας και πρόβλημα σωστής λειτουργίας του συστήματος.

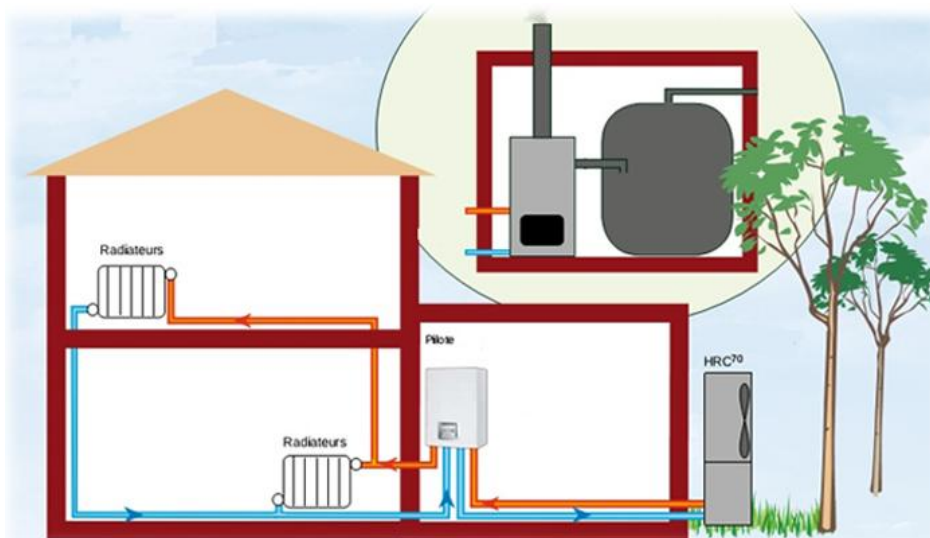
Παρόλα ταύτα η αποδοτικότητα των αντλιών θερμότητας μπορεί να φθάσει το 300%. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας κατά τη λειτουργία της, παράγονται τρεις ή περισσότερες μονάδες θερμότητας που χρησιμοποιούνται στο κτίριο.

Επειδή οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν αντλώντας τη διαθέσιμη θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος, είναι πολύ πιο αποδοτικές και από τα πλέον αποδοτικά συστήματα θέρμανσης ορυκτών καυσίμων. Οι δε αντλίες θερμότητας με τεχνολογία inverter είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για όλα τα είδη θέρμανσης εσωτερικού χώρου.

Οι ολοκληρωμένες λύσεις αντλίας θερμότητας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου έχουν ως επιπλέον πλεονέκτημα τη μικρότερη αρχική επένδυση, καθώς και την απλούστερη λειτουργία και συντήρηση.

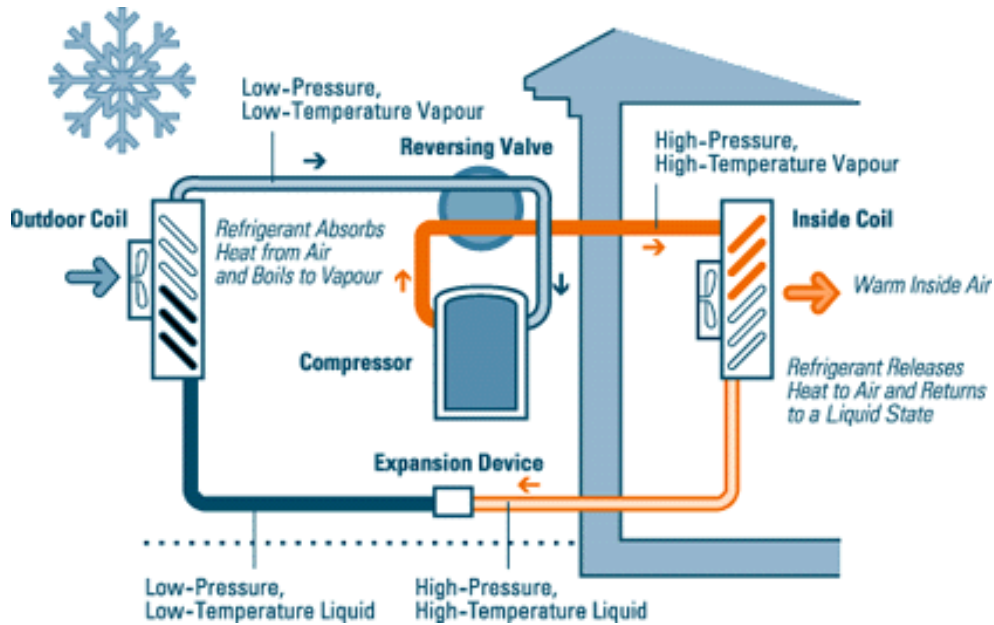
1.7 Κατηγορίες αντλιών θερμότητας.

- Αντλίες θερμότητας αέρος – νερού: Οι αντλίες αέρος – νερού εκμεταλλεύονται για την “άντληση” ενέργειας τον περιβάλλοντα αέρα. Το θερμικό μέσο, απόδοση ενέργειας αυτού του τύπου αντλίας είναι συνήθως το νερό που μπορεί να κυκλοφορεί στο δίκτυο θέρμανσης (ενδοδαπέδια, σώματα ακτινοβολίας πάνελ, φέτες, fancoils κ.α) ή σε κάποιο εναλλάκτη από θερμοδοχείο με ενσωματωμένη αντλία θερμότητας (ζεστού νερού χρήσης). Είναι ιδανικές για κάθε είδους κατοικία και λειτουργούν τόσο σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες όσο και σε θερμοκρασίες μέχρι -20°C .



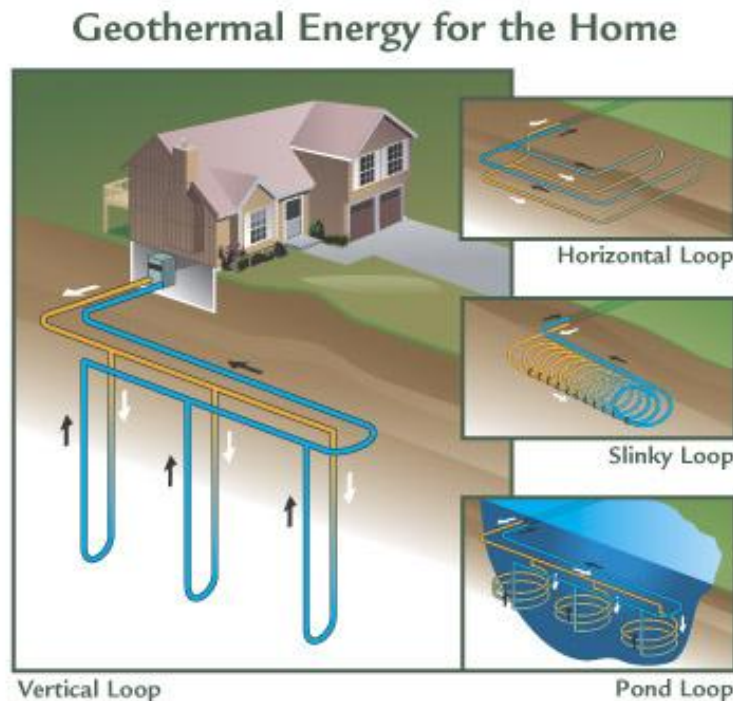
Εικ. 1.6 Αντλία θερμότητας αέρος - νερού.

- Αντλίες θερμότητας αέρος - αέρος: Οι αντλίες αέρος - αέρος έχουν και ως πηγή “άντλησης” ενέργειας αλλά και ως μέσο απόδοσης της ενέργειας τον αέρα. Στην πρώτη περίπτωση τον εξωτερικό αέρα (ως πηγή «άντλησης» ενέργειας) και στην δεύτερη τον εσωτερικό ή και ένα μέρος εξωτερικού για ταυτόχρονο εξαερισμό του χώρου.



Εικ. 1.7 Αντλία θερμότητας αέρος αέρος.

- Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία κλειστού κυκλώματος): Στην κατηγορία αυτή η πηγή “άντλησης” ενέργειας προέρχεται από το έδαφος με οριζόντιους ή κάθετους εναλλάκτες οι οποίοι μεταφέρουν την (θερμική) ενέργεια του υπεδάφους στην αντλία. Το θερμικό μέσο απόδοσης ενέργειας είναι και εδώ το νερό όπως και στην αέρος - νερού.

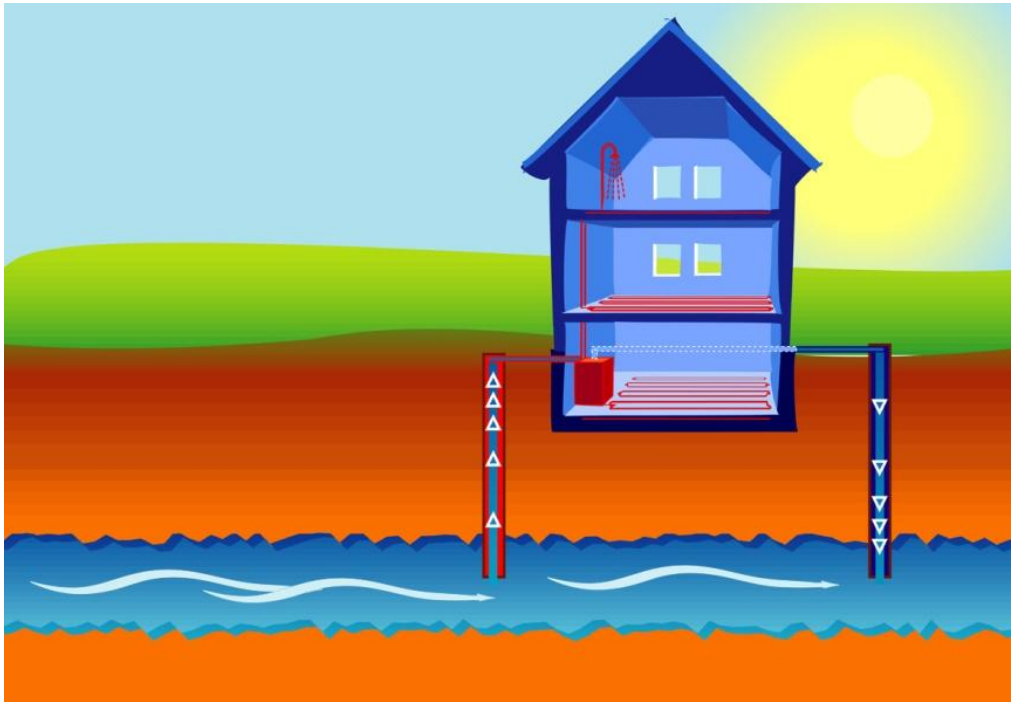


Εικ. 1.8 Αντλίες θερμότητας νερού – νερού.

- Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία ανοιχτού κυκλώματος): Στην περίπτωση αυτή εκμεταλλευόμαστε την θερμική ενέργεια των υπόγειων υδάτων με κατάλληλες γεωτρήσεις. Η αντλία θερμότητας είναι ίδια με την

παραπάνω περίπτωση μόνο που το υδραυλικό κομμάτι του πρωτεύοντος κυκλώματος είναι από υλικά κατάλληλα για ανοιχτό κύκλωμα. Το θερμικό μέσο απόδοσης ενέργειας είναι και εδώ το νερό όπως και παραπάνω.

Ανάλογα με την εφαρμογή επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος αντλίας θερμότητας (αέρος, εδάφους, νερού) έτσι ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία και ταυτόχρονα η απόδοση θέρμανσης - ψύξης να είναι η ψηλότερη δυνατή με το χαμηλότερο δυνατό κόστος λειτουργίας.



Εικ. 1.9 Αντλία θερμότητας νερού - νερού

1.8 Επιπλέον διακρίσεις και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας.

- Αντλίες θερμότητας οι οποίες εμπεριέχουν ολόκληρο τον εξοπλισμό τους σε μία συσκευή (χαρακτηρίζονται ως *monoblock* ή *compact*) και είναι κατασκευασμένες για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο, ώστε να “αντλούν” άμεσα ενέργεια από τον περιβάλλοντα ατμοσφαιρικό αέρα. Υπάρχουν βέβαια και κάποια μοντέλα τα οποία έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν με αεραγωγούς, ώστε να είναι εφικτό να εγκατασταθούν και σε εσωτερικό χώρο.
- Αντλίες θερμότητας διαιρούμενου τύπου (*split*), οι οποίες αποτελούνται από δύο συσκευές, το εσωτερικό και το εξωτερικό μηχάνημα. Σε αυτόν τον τύπο αντλίας θερμότητας το ψυκτικό συγκρότημα το οποίο είναι και αυτό που «αντλεί» ενέργεια από τον περιβάλλον ατμοσφαιρικό αέρα βρίσκεται στο εξωτερικό μηχάνημα, ενώ το υδραυλικό συγκρότημα όπου είναι και το κομμάτι το οποίο θα συνδεθεί με την υδραυλικές σωληνώσεις θέρμανσης, βρίσκεται στο εσωτερικό μηχάνημα (κυρίως θα το συναντήσουμε επίτοιχο).



Εικ. 1.10 Αντλία θερμότητας διαιρούμενου τύπου (Split).

Άλλη διάκριση των αντλιών θερμότητας είναι σε:

- Αντλίες θερμότητας με τεχνολογία DC inverter οι οποίες προσαρμόζονται αυτόματα στις απαιτήσεις του χώρου θέρμανσης ή ψύξης κάθε στιγμή, με αποτέλεσμα την ιδιαίτερα χαμηλή κατανάλωση κατά τη λειτουργία τους.
- Αντλίες θερμότητας on/off οι οποίες αποδίδουν το μέγιστο δυνατό χωρίς να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις του θερμαινόμενου χώρου, όπως στον προηγούμενο τύπο αντλίας θερμότητας.

1.9 Οι πηγές θερμότητας.

- Ο αέρας: Το βασικό «καύσιμο» παρέχεται δωρεάν απ' τη φύση, άφθονο και έτοιμο προς εκμετάλλευση χωρίς επιπλέον έξοδα. Είναι απολύτως ανανεώσιμη, αφού είναι πρακτικά ανεξάντλητη διότι προέρχεται από τον άνεμο. Βοηθά στην μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων αλλά παρουσιάζεται πρόβλημα. Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου το χειμώνα είναι πολύ χαμηλή η αντλία θερμότητας δεν έχει την δυνατότητα να αντλήσει θερμότητα από τον αέρα. Γι αυτό 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 C° γίνεται στερεοποίηση της υγρασίας του αέρα.

Όσο ο πάγος αυξάνεται, η παροχή αέρα που διέρχεται από τον ατμοποιητή μειώνεται. Αρχικά το πρόβλημα αυτό λύθηκε χρησιμοποιώντας ηλεκτρικές αντιστάσεις που έλιωναν τον πάγο. Σήμερα αυτή η διαδικασία έχει αλλάξει και γίνεται με την μέθοδο της

αντιστροφής 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.

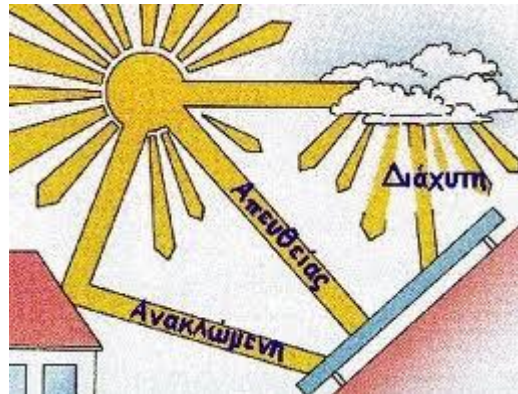
- Το νερό: Σε ανοιχτά κυκλώματα συχνά προτιμάται νερό από ιδιωτικές αντλήσεις λόγω του υψηλού κόστους χρήσης νερού από το δημόσιο δίκτυο. Είναι δυνατή επίσης η χρησιμοποίηση νερού λίμνης, ποταμού ή ακόμα και θάλασσας. Στην τελευταία περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ο τρόπος υδροληψίας γιατί οι θαλάσσιοι 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 εναλλάσσει 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 υπεδάφιος 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.: Για την λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας είναι δυνατή η εκμετάλλευση ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας. Κυρίως χρησιμοποιούνται συσκευές αναρρόφησης ή προσρόφησης οι οποίες για την παραγωγή ψύχους ή θέρμανσης χρησιμοποιούν το θερμικό περιεχόμενο των παραπάνω πηγών ενέργειας. 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.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Παθητικά και ενεργειακά ηλιακά συστήματα.

2.1 Ηλιακή ενέργεια.

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.



Εικ. 2.1 Ακτινοβολία ηλίου.

Η ακτινοβολία του ήλιου:

- μας δίνει φώς
- θερμαίνει τα αντικείμενα στα οποία προσπίπτει
- αλλάζει τις ιδιότητες των ημιαγωγών παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα

Συνεπώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε την ηλιακή ακτινοβολία για ενεργειακούς σκοπούς και συγκεκριμένα:

- για να πάρουμε θερμότητα από τον ήλιο
- για να παράγουμε ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο.

Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα ή ηλιοθερμικά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Ο άνθρωπος εκμεταλλεύεται την θερμότητα του ήλιου με την χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε θερμότητα. Την θερμότητα αυτή μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε

αμέσως ή να την αποθηκεύσουμε με τεχνητά μέσα και να την χρησιμοποιήσουμε όταν την χρειαστούμε. Τα ηλιακά συστήματα διακρίνονται σε παθητικά και ενεργητικά συστήματα.

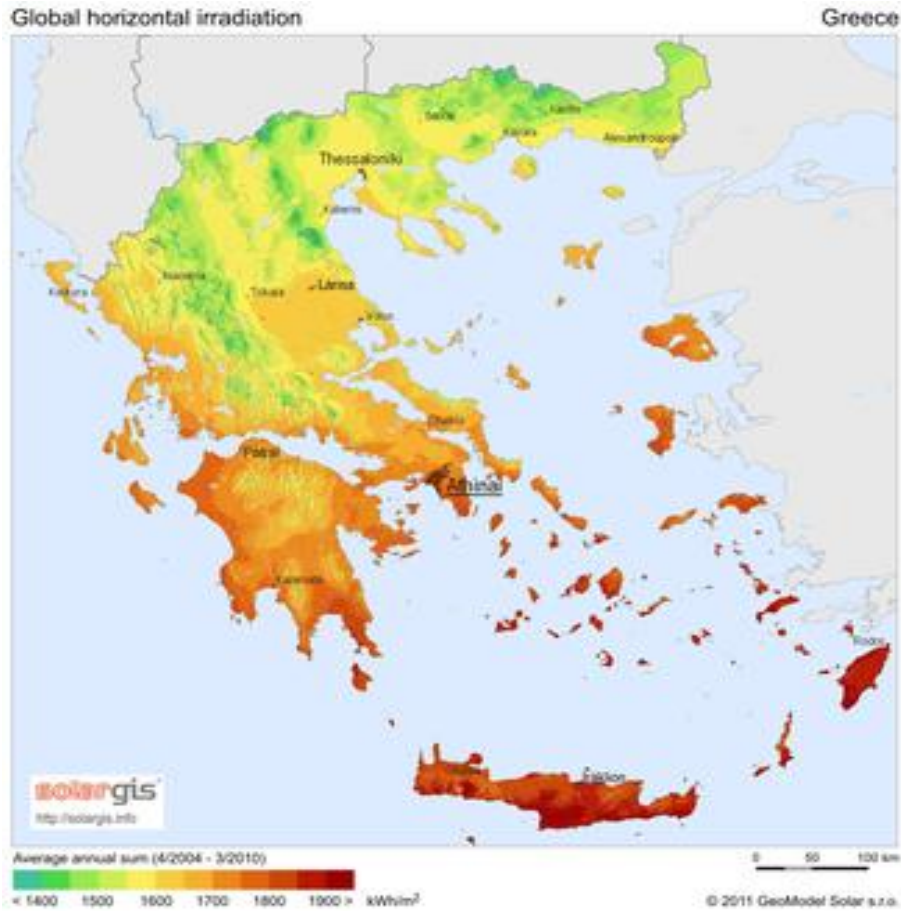
Η καρδιά ενός ενεργητικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στη μαύρη, μεταλλική συνήθως, επίπεδη επιφάνεια του ηλιακού συλλέκτη, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται. Πάνω από την απορροφητική επιφάνεια βρίσκεται ένα διαφανές κάλυμμα, από γυαλί ή πλαστικό, που αφήνει τις ακτίνες του ήλιου να περάσουν, αλλά εμποδίζει την θερμότητα να ξεφύγει. Αν τοποθετήσουμε σωληνώσεις με νερό σε επαφή με την απορροφητική επιφάνεια, μπορούμε να της αποσπάσουμε την πολύτιμη, συγκεντρωμένη ενέργεια. Αυτή την ενέργεια τη μεταφέρουμε, με τη μορφή ζεστού νερού, σε μια μονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης (boiler), απ' όπου θα την πάρουμε όταν τη χρειαστούμε.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του ίδιου του κτιρίου κατάλληλα σχεδιασμένα και συνδυασμένα μεταξύ τους που αξιοποιούν τους φυσικούς τρόπους μετάδοσης θερμότητας χωρίς να χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για να μεταφέρουν τη θερμότητα που συλλέγουν. Για την εφαρμογή των παθητικών ηλιακών συστημάτων σε ένα κτίριο θα πρέπει να έχει γίνει Βιοκλιματικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός από τον αρχιτέκτονα μηχανικό.

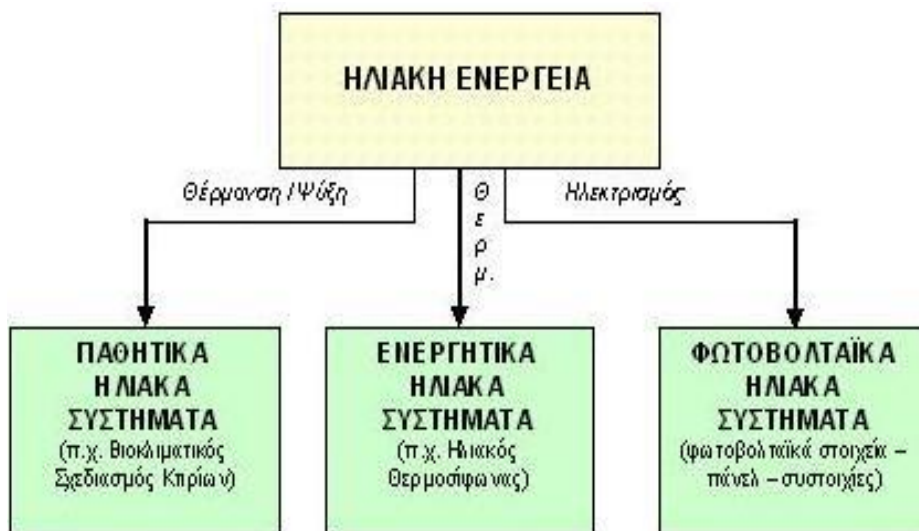
Με την βοήθεια του φωτοβολταϊκού φαινομένου που παρατηρείται σε ορισμένα υλικά ημιαγωγών μπορούμε να μετατρέψουμε άμεσα το προσπίπτον φως σε ηλεκτρικό ρεύμα (βλέπε φωτοβολταϊκά συστήματα).

Για να εκμεταλλευτούμε όσο γίνεται πιο αποδοτικά την ηλιακή ενέργεια, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας πως μεταβάλλεται η θέση του ήλιου στη διάρκεια της ημέρας, του μήνα και τού έτους. Για την Ελλάδα οι επιφάνειες που έχουν Νότιο προσανατολισμό δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τους άλλους προσανατολισμούς. Κατά το καλοκαίρι ο ήλιος είναι ψηλά σε σχέση με τον ορίζοντα, ενώ το χειμώνα είναι χαμηλά.

Η Ελλάδα είναι χώρα με μεγάλη ηλιοφάνεια και προσφέρεται για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας.



Εικ. 2.2 Ηλιακή ακτινοβολία χάρτη της Ελλάδα.



Τα ηλιοθερμικά συστήματα συλλέγουν ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέπουν σε θερμική ενέργεια που μετέπειτα μπορεί να παράξει ηλεκτρισμό. Υπάρχουν διάφορα είδη ηλιοθερμικών συστημάτων και η διαφορά τους έγκειται στο βαθμό θερμότητας που μπορούν να παράξουν δηλαδή ως χαμηλής, μέσης ή υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες.

Τα ηλιοθερμικά συστήματα υψηλής θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρισμού, είναι πιο αποδοτικά από τα φωτοβολταϊκά.

Η χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας συλλέκτες είναι επίπεδες πλάκες που παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου για να ζεστάνουν νερό μέσα στο πλαίσιο. Αυτά τα συστήματα δεν παράγουν ηλεκτρισμό αλλά ζεστό νερό για οικιακή ή βιομηχανική χρήση.

Οι συλλέκτες με σωλήνες κενού (vacuum tubes) παγιδεύουν την ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό του γυαλοσωλήνα κενού (το κενό αέρος έχει τον μικρότερο συντελεστή θερμικής απώλειας), με αποτέλεσμα να έχουμε χαμηλές ως μηδαμινές θερμικές απώλειες στο περιβάλλον. Πετυχαίνοντας έτσι υψηλότερες θερμοκρασίες από τους συμβατικούς συλλέκτες σε συνθήκες κρύου καιρού αλλά η απόδοσή τους είναι πιο μικρή σε συνθήκες πλήρους ηλιοφάνειας. Επιπρόσθετα οι συλλέκτες με σωλήνες κενού, έχουν ωφέλιμη ζωή πάνω από 25 χρόνια, σε αντίθεση με τους συμβατικούς συλλέκτες που η απόδοσή τους μειώνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Παγκόσμιες έρευνες έχουν αποδείξει ότι η απόδοσή τους σε σχέση με τους επίπεδους συλλέκτες είναι 30-40% μεγαλύτερη. Επίσης μετά από 10-15 χρόνια το μέγιστο που μπορούν να χάσουν σε απόδοση είναι 40% που σημαίνει ότι μετά από 15 χρόνια θα έχουν περίπου την ίδια απόδοση με τους επίπεδους συλλέκτες.



Εικ. 2.3 Χαμηλής θερμοκρασίας ηλιοθερμικό.

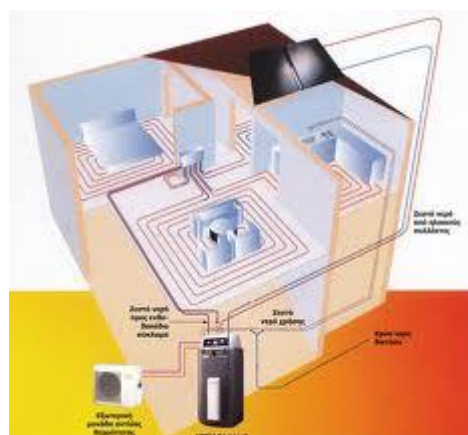


Εικ. 2.4 Χαμηλής θερμοκρασίας ηλιακός θερμοσίφοντας με σωλήνες κενού.

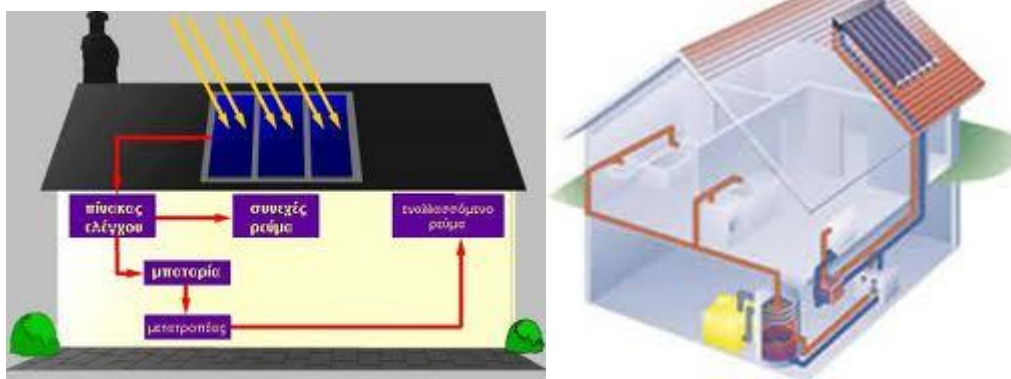
Αντίθετα, οι υψηλής θερμοκρασίας συλλέκτες συγκεντρώνουν την ηλιακή ενέργεια με κάτοπτρα ή φακούς σε ένα νεπόζιτο νερού μετατρέποντας το σε ατμό, ο οποίος στην συνέχεια κινεί ατμογεννήτρια παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Για να λειτουργήσουν αποδοτικά, τα ηλιοθερμικά συστήματα χρειάζονται άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες ή τα κάτοπτρα. Εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια η απόδοση τους μειώνεται αισθητά.

Η διαφορά των ηλιοθερμικών συστημάτων με τα φωτοβολταϊκά είναι ότι τα ηλιοθερμικά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια πρώτα σε θερμική και μετέπειτα σε ηλεκτρισμό, ενώ τα φωτοβολταϊκά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική. Άλλη μία σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο είναι πως τα φωτοβολταϊκά δεν χρειάζονται ηλιοφάνεια για να παράξουν ηλεκτρισμό.

Τα ηλιοθερμικά συστήματα χρησιμοποιούνται σε κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, αλλά και σε νοικοκυριά για την κάλυψη των καθημερινών αναγκών (ζεστό νερό, θέρμανση). Η απόδοση τους είναι ανάλογη με την ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην οριζόντια επιφάνεια του συλλέκτη. Στον Ελλαδικό χώρο η μεσαία ετήσια ηλιακή ακτινοβολία κυμαίνεται από 1450 στα βόρεια έως 1950 κιλοβατώρες ανά τετραγωνικό μέτρο, στην Κρήτη και την Κύπρο. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να μετρηθεί με όργανα όπως το πυρανόμετρο.



Εικ. 2.5 Ηλιοθερμικό σύστημα.



Εικ. 2.6 Ηλιοθερμικό σύστημα.



Εικ. 2.7 Ένα ηλιοθερμικό παραβολικό πιάτο με κάτοπτρα. Αυτός ο συλλέκτης είναι υψηλής θερμοκρασίας. Συγκεντρώνει τις ακτίνες του ηλίου στην δεξαμενή μιας μηχανής Stirling. Το πιάτο ακολουθεί τον ήλιο κατά την διάρκεια της μέρας.



Εικ. 2.8 Ένα ηλιοθερμικό Παραβολικού κοίλου ή γούρνα. Είναι κατασκευασμένο ως ένα μεγάλο παραβολικό κάτοπτρο (συνήθως έχει ασημένια επικάλυψη ή γυαλισμένο αλουμίνιο) με ένα σωλήνα Dewar που τρέχει κατά το μήκος του σε κομβικό σημείο. Το φως του ηλίου αντανακλάται από τον καθρέφτη και επικεντρώνεται στο σωλήνα Dewar, θερμαίνοντας υγρό το οποίο στην συνέχεια μετατρέπει κινητική ενέργεια σε ηλεκτρισμό. Η γούρνα συνήθως ευθυγραμμίζεται με άξονα βορρά-νότου, και περιστρέφεται έτσι ώστε να παρακολουθεί τον ήλιο στον ουρανό κάθε μέρα.

2.2 Οικιακή Χρήση.

Ο τρόπος λειτουργίας και η αρχιτεκτονική των οικιακών ηλιοθερμικών συστημάτων είναι αρκετά απλός. Αποτελούνται από έναν ηλιακό συλλέκτη, ένα ταμιευτήρα και ένα σύστημα σύνδεσης με το κεντρικό δίκτυο. Ο ηλιακός συλλέκτης απαρτίζεται από μία απορροφητική πλάκα, η οποία περιέχει αγωγούς από τους οποίους διέρχεται το προς θέρμανση ρευστό. Η απορροφητική πλάκα περιέχεται σε ένα αεροστεγές και αδιάβροχο πλαίσιο, το οποίο είναι καλυμμένο από την πλευρά του ηλίου με γυαλί η διαφανές ανθεκτικό πλαστικό και από την άλλη με θερμομονωτικό υλικό. Η απορροφητική πλάκα για να απορροφά το μέγιστο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι μαύρη και

ματ και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της προκύπτουν από ποικίλες τεχνικές (ηλεκτροχημικές κ.ά.), προκειμένου να αυξηθεί η απορροφητικότητα της πλάκας. Οι ηλιακοί συλλέκτες διακρίνονται σε επίπεδους συλλέκτες και σε συλλέκτες κενού.

Ο ταμιευτήρας κατασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο που κατασκευάζονται οι συμβατικοί θερμοσίφωνες. Δηλαδή αποτελείται από έναν μεταλλικό κύλινδρο, ο οποίος περιέχει θερμομονωτική επένδυση, για την διατήρηση της θερμοκρασίας του ρευστού.

2.3 Βιομηχανική Χρήση.



Ηλιακός συλλέκτης με κάτοπτρα στην Γαλλία. Ο συγκεκριμένος συλλέκτης μπορεί να φτάσει υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι και 3.800 βαθμών Κελσίου).

Εφαρμογή ηλιοθερμικών συστημάτων στην βιομηχανία.

Τα ηλιοθερμικά συστήματα που προορίζονται για κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας έχουν διαφορετική αρχιτεκτονική και κατασκευή. Αυτές οι μονάδες χρησιμοποιούνται για την θέρμανση χώρων, αφαλάτωση, παραγωγή ζεστού νερού για τη βιομηχανία, την τηλεθέρμανση οικισμών, τον ηλιακό κλιματισμό και κυρίως για την ηλιοθερμική παραγωγή ηλεκτρισμού.

Αξιοποιούνται σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, αθλητικά κέντρα, συγκροτήματα κατοικιών, μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλά όχι για οικιακή χρήση, καθώς οι απαιτήσεις σε χώρο και εξοπλισμό είναι πολύ μεγάλες. Για την λειτουργία τους αξιοποιούν ένα σύστημα κεντρικού ελέγχου θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες (ίδιους στη φιλοσοφία με τα οικιακά συστήματα, αλλά μεγαλύτερης έκτασης), ταμιευτήρες, καθώς και κυκλοφορητές του ρευστού.

Επίσης, επειδή λειτουργούν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τα φωτοβολταϊκά, μπορούν να αποθηκεύσουν ενέργεια με μορφή θερμότητας για την αδιάλειπτη παροχή ενέργειας. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση αλάτων που λιώνουν όταν υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας και αποδίδουν τη θερμική τους ενέργεια όταν υπάρχει ανάγκη.

2.4 Συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας.

Οι συλλέκτες υψηλής θερμοκρασίας, είναι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί βασισμένοι στα ηλιοθερμικά συστήματα. Χρησιμοποιούν θερμικές μηχανές για να μετατρέψουν την θερμότητα σε έργο, και από το έργο, ηλεκτρισμό. Ενδεικτικά το ΠΣ10 στην Ισπανία έχει σχεδιαστεί για να παράγει 23GWh, χρησιμοποιώντας 624 κάτοπτρα, τροφοδοτώντας 10 χιλιάδες άτομα με ηλεκτρισμό.

Εάν η ηλιακή ακτινοβολία είναι η πηγή ενέργειας και το νερό στο ντεπόζιτο είναι το μέσο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τότε η απόδοση των θερμικών μηχανών αυξάνεται αναλόγως με τη θερμοκρασία της πηγής, δηλαδή τη θερμοκρασία της ηλιακής ακτινοβολίας και την θερμοκρασία του μέσου (δηλαδή του ατμού). Ο ατμός διοχετεύεται με μεγάλη πίεση (ανάλογη της θερμοκρασίας του ατμού) στα μηχανικά μέρη της μηχανής που περιστρέφονται δημιουργώντας ηλεκτρισμό.



Εικ. 2.10 Ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός.

Ο ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός, PS10 στην Ισπανία χρησιμοποιεί κάτοπτρα για να συγκεντρώσει τις ακτίνες του ήλιου σε ένα κεντρικό πύργο



Εικ. 2.11 Ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός, PS10.



Εικ. 2.12 Ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός, PS10.



Εικ. 2.13 Ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός, PS10.

Ανάλογα με τις θερμοκρασίες του μέσου και της πηγής, διαφορετικές τεχνολογίες μετατροπής θερμότητας σε ηλεκτρισμό αποδίδουν διαφορετικά. Σε θερμοκρασίες μέχρι και 600°C , οι ατμοστρόβιλοι ή ατμολέβητες, σαν τυποποιημένη τεχνολογία, έχουν απόδοση έως και 41%. Όταν η θερμοκρασία του ατμού είναι πέραν των 600°C , οι αεριοστρόβιλοι είναι πιο αποδοτικοί.

Η μετατροπή μηχανικού έργου σε ηλεκτρισμό γίνεται δύσκολη σε πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες γιατί χρειάζονται διάφορα εξειδικευμένα υλικά και τεχνικές. Μια πρόταση για τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες είναι η χρήση αλάτων φθορίου σε υγρή μορφή ως μέσου λειτουργίας μεταξύ 700°C έως 800°C. Σε αυτές τις θερμοκρασίες γίνεται επιτακτική η χρήση στροβίλων πολλαπλών επιπέδων έτσι ώστε να επιτευχθεί απόδοση 50% ή και περισσότερο. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες κάνουν την αποθήκευση θερμότητας πιο αποτελεσματική, αφού αποθηκεύονται περισσότερες βατ-ώρες ανά μονάδα υγρού.

Ένας ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός που παράγει ηλεκτρισμό με ηλιοθερμικά συστήματα, παράγει πρωτίστως θερμότητα, την οποία μετατρέπει σε ηλεκτρισμό. Έτσι είναι πολύ σημαντικό να μπορεί να αποθηκεύσει τη θερμότητα πριν από τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. Με τη σημερινή τεχνολογία, η αποθήκευση της θερμότητας είναι πολύ φθηνότερη και πιο αποτελεσματική από την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αποθηκεύοντας την θερμότητα, ένας ηλιοθερμικός ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια ημέρα και νύχτα. Εάν η τοποθεσία του ηλιοθερμικού σταθμού έχει προβλέψιμη ηλιακή ακτινοβολία, τότε ο σταθμός γίνεται μια αξιόπιστη μονάδα παραγωγής ενέργειας. Η αξιοπιστία μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω με την εγκατάσταση ενός εφεδρικού συστήματος που θα χρησιμοποιεί ενέργεια από ορυκτά καύσιμα εάν δεν υπάρχει ηλιοφάνεια.

2.5 Ηλιακή υποβοήθηση.

Η ηλιακή υποβοήθηση θέρμανσης υπάρχει ως ιδέα από τότε που υπάρχουν οι ηλιακοί θερμοσίφωνες αλλά αναδείχτηκε και ερευνάται από τους καταναλωτές τα τελευταία χρόνια στην προσπάθεια μείωσης του κόστους ενέργειας για θέρμανση.

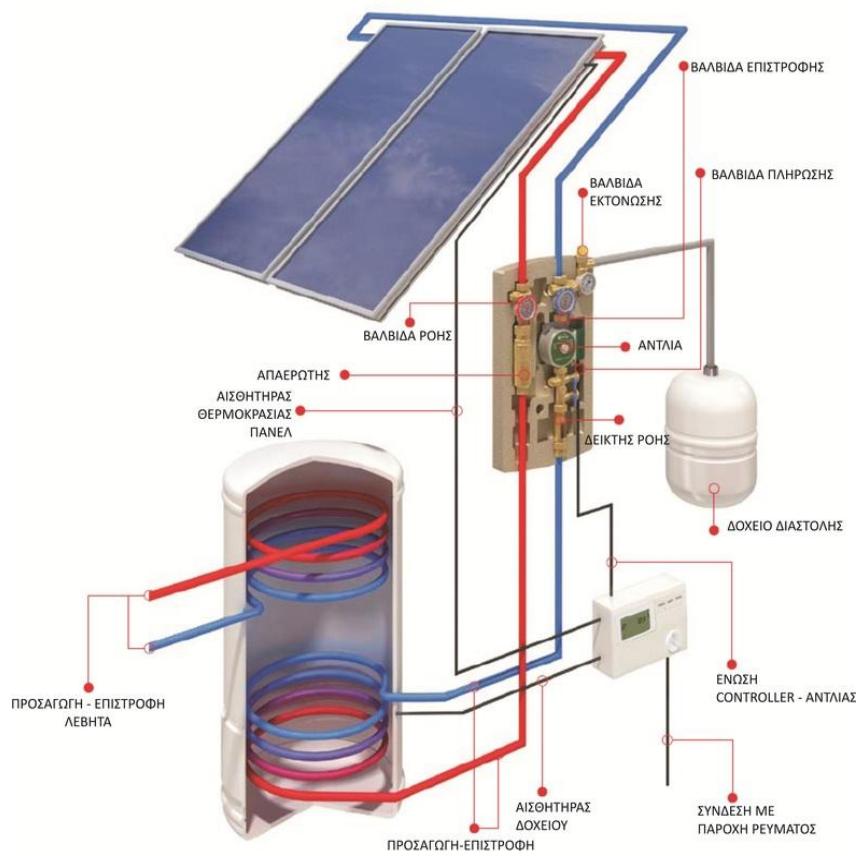
Η ηλιακή υποβοήθηση θέρμανσης βασίζεται σε ηλιακά πεδία που αποτελούνται από πολλούς ηλιακούς συλλέκτες συνδεδεμένους μεταξύ τους και ελέγχονται από ηλεκτρονικές διατάξεις και θερμοϋδραυλικά δίκτυα με σκοπό να μετατρέψουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμική και να την μεταφέρουν-αποθηκεύσουν σε δοχείο αδράνειας (buffer) με τη μορφή ζεστού νερού. Για τη διοχέτευση της θέρμανσης στο θερμαινόμενο χώρο ιδανικά χρησιμοποιείται η ενδοδαπέδια θέρμανση ή σώματα fan-coil.

Τα ηλιακά πεδία μπορούν να εγκατασταθούν σε δώματα με ελάχιστη κλίση σχεδόν οριζόντια για αποφυγή οπτικής ενόχλησης, σε παρακείμενους χώρους στην ύπαιθρο, σε στέγες βαμμένα σε χρώμα κεραμοσκεπής και σε παρκινγκ αυτοκινήτων προσφέροντας ταυτοχρόνως σκιά στα σταθμευμένα οχήματα.

Η προσδοκία της δωρεάν θέρμανσης από τον ήλιο είναι αδιαμφισβήτητα ελκυστική. Στην πράξη όμως πρέπει ο καταναλωτής να εκτιμήσει τα πραγματικά δεδομένα, ξεκινώντας από το χαρακτηρισμό ηλιακή υποβοήθηση θέρμανσης και όχι ηλιακή θέρμανση και συνεχίζοντας με τους αμείλικτους αριθμούς που αφορούν την απόδοση του ηλιακού πεδίου σε KW κατά την χειμερινή περίοδο, το κόστος αγοράς και εγκατάστασης, τον εκτιμώμενο χρόνο απόσβεσης και άλλα που παρακάτω αναφέρονται.



Εικ. 2.14 Ηλιοθερμική ενέργεια.



Εικ. 2.15 Σύστημα ηλιοθερμικής ενέργειας.

2.6 Θερμικά Ηλιακά Συστήματα.



Θερμικά Ηλιακά Συστήματα ονομάζονται τα συστήματα που εκμεταλλεύονται την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέποντάς την σε ωφέλιμη θερμική ενέργεια. Το μέσο το οποίο χρησιμοποιείται για να αντληθεί η θερμική ενέργεια, είναι είτε αέριο είτε υγρό και θερμαίνει άμεσα ή έμμεσα:

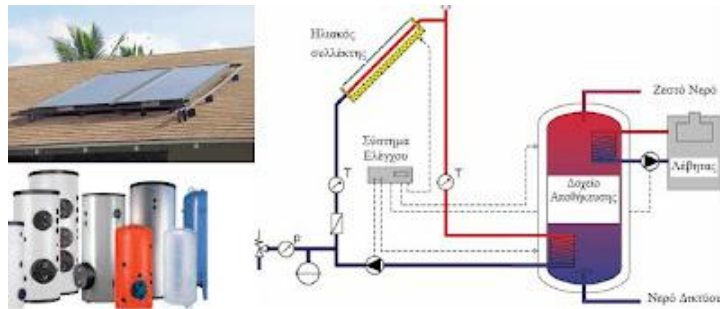
1. νερό ή αέρα για θέρμανση χώρων,
2. νερό για οικιακές εφαρμογές,
3. νερό ή αέρα για βιομηχανικές εφαρμογές,
4. αέρα σε εφαρμογές ψύξης

Τα συστήματα αυτά είναι από τα σημαντικότερα ηλιακά συστήματα και παρέχουν μακροπρόθεσμα «καθαρή θερμική ενέργεια», η οποία μπορεί να αντικαταστήσει το 20–80% των θερμικών απαιτήσεων που καλύπτονται από συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο).

Είναι οικονομικά με βάση την ανάλυση κύκλου ζωής τους (20-30 χρόνια), ενώ αποπληρώνονται σε 3 - 10 χρόνια.

Τέλος, ενδυναμώνουν την τοπική και εθνική αγορά τόσο σε ιδιωτικό όσο και σε δημόσιο επίπεδο, καθώς παρέχουν πολύ καλή ενεργειακή ασφάλεια. Ωστόσο, είναι πολύ σημαντικός ο σωστός σχεδιασμός του ηλιακού συστήματος και η προσεκτική εξέταση της οικονομικότητας της εγκατάστασης, προς αποφυγή λανθασμένων επιλογών και με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του.

Όσον αφορά στην Ελλάδα, προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσο όρο 4,3KWh ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειάς της, κατατάσσοντας τη χώρα μας στις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη. Στο μεγαλύτερο τμήμα της Ελλάδας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο (στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2.200 ως 2.300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή, σε όλη την ελληνική επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας για θερμικές εφαρμογές με χρήση Θ.Η.Σ., αλλά και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων.



Εικ. 2.16

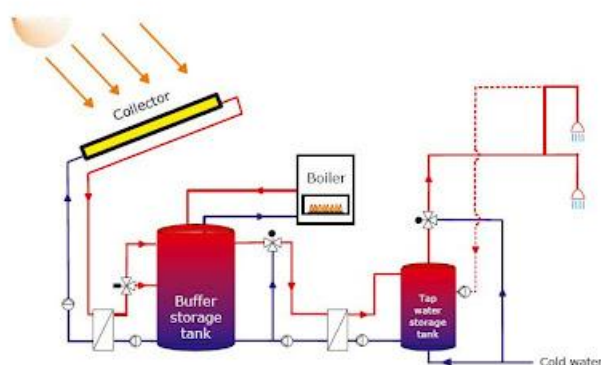
Διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους συστημάτων παραγωγής ζεστού νερού οικιακής χρήσης:

- Συστήματα φυσικής κυκλοφορίας (θερμοσιφωνικά). Στη χώρα μας ο ηλιακός θερμοσίφωνας φυσικής κυκλοφορίας είναι η πιο διαδεδομένη συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης.
- Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Κεντρικά). Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες.

Όπως φαίνεται και στο σχέδιο, το κλειστό κύκλωμα των συλλεκτών είναι συνδεδεμένο με τον εναλλάκτη του μπόϊλερ, με σωληνώσεις, συσκευές και όργανα απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Αν η θερμοκρασία του νερού στους συλλέκτες είναι μεγαλύτερη από αυτήν του νερού στο μπόϊλερ, αρχίζει να λειτουργεί ο κυκλοφορητής του κυκλώματος συλλεκτών – μπόϊλερ εντολοδοτούμενος από ένα διαφορικό θερμοστάτη. Όταν η θερμοκρασία του νερού στους συλλέκτες είναι μικρότερη από αυτή στο μπόϊλερ, τότε ο κυκλοφορητής δεν λειτουργεί.

Όταν ο κυκλοφορητής δεν λειτουργεί αναστρέφεται η ροή του κλειστού κυκλώματος και θερμές μάζες νερού φεύγουν από το μπόϊλερ προς τους συλλέκτες όπου ακτινοβολούν προς το περιβάλλον την θερμότητα που μεταφέρουν και επιστρέφουν στο μπόϊλερ με χαμηλή θερμοκρασία. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το θερμό νερό είναι ελαφρύτερο από το κρύο. Για να αποφευχθεί το δυσάρεστο αυτό φαινόμενο που έχει σαν αποτέλεσμα κατά τις νυκτερινές κυρίως ώρες, να κρυώνει το ζεστό νερό που έχει αποθηκευτεί στο μπόϊλερ είναι απαραίτητη η τοποθέτηση στο κύκλωμα μιας βαλβίδας αντεπιστροφής ή μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας νερού η οποία θα ανοίγει μαζί με τον κυκλοφορητή. Στο κλειστό κύκλωμα συλλεκτών πρέπει να συνδεθούν απαραίτητα αυτόματος πλήρωσης, βαλβίδα ασφαλείας, αυτόματο εξαεριστικό δικτύου στο υψηλότερο σημείο και δοχείο διαστολής. Το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών μπορεί να είναι και ανοικτού τύπου, με ανοικτό δοχείο διαστολής και φλοτεροδιακόπτη. Βέβαια στη περίπτωση αυτή θα έχουμε όλα τα αρνητικά των ανοικτών συστημάτων. Αν ο διαφορικός θερμοστάτης διαπιστώσει ότι η θερμοκρασία των ηλιακών συλλεκτών είναι κάτω από 4° C, τότε εντολοδοτεί το κυκλοφορητή του κυκλώματος μπόϊλερ - συλλεκτών, να εκκινήσει προς διατήρηση της θερμοκρασίας των συλλεκτών στο επίπεδο των 4 – 6° C για λόγους αντιπαγετικής προστασίας.

Buffer storage tank and storage tank loading system
with backup heating into the buffer storage tank



Εικ. 2.17 Θερμικό ηλιακό σύστημα.

Θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για υποβοήθηση θέρμανσης χώρου και παράλληλα για παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης.

Τα ηλιακά αυτά συστήματα, για τα οποία έχει επικρατήσει ο όρος “solar combi systems” ή απλά “combi”, παρότι δεν είναι ακόμη ιδιαίτερα γνωστά στη χώρα μας, αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αυστρία και η Γερμανία. Το έτος 2001 η συνολική επιφάνεια συλλεκτών που αφορούσε ηλιακά συστήματα combi σε οκτώ Ευρωπαϊκές χώρες (Γερμανία, Αυστρία, Γαλλία, Ολλανδία, Ελβετία, Σουηδία, Δανία και Νορβηγία) ήταν ίση με $340.000m^2$.

Γενικά, τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή ενέργειας), το θερμοδοχείο αδρανείας (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα βοηθητικής ενέργειας (ηλεκτρικός λέβητας, λέβητας πετρελαίου ή φυσικού αερίου, βιομάζας, αντλία θερμότητας), ένα σύστημα θέρμανσης (θερμαντικά σώματα, ενδοδαπέδια, fan coils) και ένα σύστημα ελέγχου.

Τα γενικά χαρακτηριστικά του, λοιπόν, είναι τα ίδια με αυτά ενός κοινού κεντρικού ηλιακού συστήματος. Βέβαια, στη συγκεκριμένη διάταξη χρησιμοποιούνται δύο δοχεία αποθήκευσης. Αυτό του ζεστού νερού χρήσης είναι εμβαπτισμένο στο μεγαλύτερο δοχείο, στο οποίο κυκλοφορεί το ίδιο υγρό (νερό) με αυτό του δικτύου θέρμανσης, δηλαδή των καλοριφέρ. Η ιδανική εφαρμογή, όμως, του συστήματος είναι για συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών (ενδοδαπέδια, fan coils), ενώ για θέρμανση με συμβατικά θερμαντικά σώματα αναμένεται μια μείωση της απόδοσης κατά 10–15% (αντιμετωπίζεται με υπερδιαστασιολόγηση της εγκατάστασης).

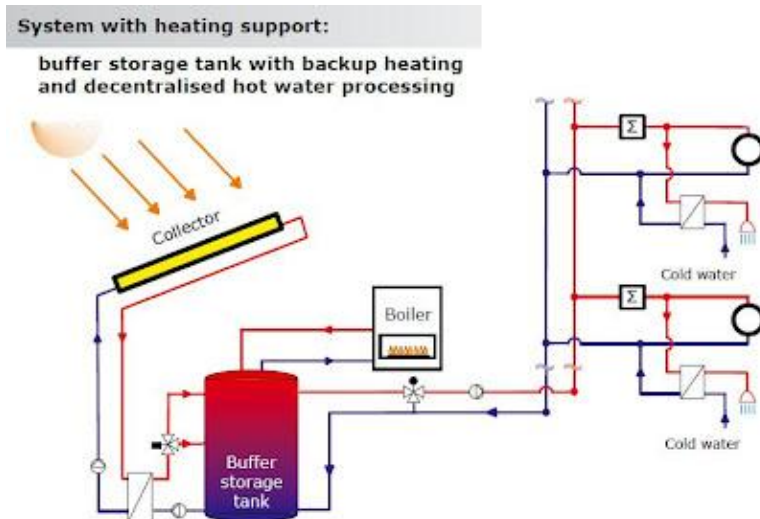
Το εφεδρικό σύστημα θέρμανσης, ωστόσο, θα πρέπει να είναι ικανό να παράσχει το 100% των απαιτήσεων θέρμανσης, δεδομένου ότι κατά τις περιόδους νεφελώδους καιρού το ηλιακό σύστημα μπορεί να έχει μηδενική ή πολύ μικρή συμβολή στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης.

Στην ενδοδαπέδια (ή επιτοίχια) θέρμανση χρησιμοποιείται δίκτυο πλαστικών σωλήνων που ενσωματώνονται στο δάπεδο (ή τον τοίχο) και λειτουργεί με νερό χαμηλής θερμοκρασίας, $30 - 45^{\circ}C$.

Η εμπειρία έχει δείξει πως μια λογική αντιμετώπιση του θέματος καταλήγει σε συλλεκτική επιφάνεια που δεν ξεπερνά το 20% με 25% της κατοικήσιμης επιφάνειας.

Προσανατολισμός συλλεκτών ανάλογα με την περιοχή, με βέλτιστη μια τιμή κοντά στις 55° και με νότιο προσανατολισμός

Όγκος δοχείου αποθήκευσης συνήθως επιλέγεται μια τιμή μεταξύ 50 με 100 λίτρα ανά τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη.



Εικ. 2.18 Θερμικό ηλιακό σύστημα.

Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα αποτελείται από κάποιες βασικές συνιστώσες, οι οποίες εξετάζονται στη συνέχεια:

1. **Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης.** Για τη μεγιστοποίηση της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος) και την ελαχιστοποίηση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (μεγάλου μήκους κύματος) χρησιμοποιούνται *επιλεκτικές συλλεκτικές επιφάνειες*. Έτσι, μία απορροφητική επιφάνεια καλείται *επιλεκτική*, όταν απορροφά μεγάλα ποσοστά της ηλιακής ακτινοβολίας, δηλαδή $\alpha \rightarrow 1$, ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιεί την εκπεμπόμενη ακτινοβολία, δηλαδή $\varepsilon \rightarrow 0$.
2. **Μονάδα ενεργειακής αποθήκευσης.** Η δεξαμενή αποθήκευσης είναι τις περισσότερες φορές ένα κυλινδρικό χαλύβδινο δοχείο, μονωμένο εξωτερικά για τη μείωση των θερμικών απωλειών. Υπάρχει ο τύπος για ορθή και ο τύπος για οριζόντια τοποθέτηση.
3. **Εναλλάκτες θερμότητας.** Οι θερμικοί εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers) είναι συσκευές που γενικά μεταφέρουν τη θερμότητα από ένα μέσο σε ένα άλλο. Σε κάθε εναλλάκτη κυκλοφορούν συνήθως δύο ρευστά, όπου το ένα προσδίδει και το άλλο προσλαμβάνει ενέργεια. Ο λόγος της ενέργειας που προσδίδεται στον εναλλάκτη από ένα ρευστό προς την ενέργεια που προσλαμβάνει από τον εναλλάκτη το άλλο, ονομάζεται συντελεστής αποτελεσματικότητας, ε , του θερμικού εναλλάκτη και έχει τιμή 0,95 περίπου για έναν καλό εναλλάκτη.
4. **Βοηθητική ενέργεια.** Η βοηθητική ενέργεια έχει ως σκοπό τη θέρμανση του ρευστού που βρίσκεται στη μονάδα αποθήκευσης, όταν δεν υπάρχει ή δεν επαρκεί η ηλιακή ενέργεια.
5. **Συστήματα ελέγχου.** Μία ηλιακή εγκατάσταση συνοδεύεται συνήθως από ένα πίνακα αυτοματισμών και κάποιους αισθητήρες, κυρίως θερμοκρασίας.
6. **Σωληνώσεις.** Οι σωληνώσεις που υπάρχουν σε κάθε θερμικό ηλιακό σύστημα συνεπάγονται επιπρόσθετες απώλειες. Οι απώλειες αυτές λαμβάνουν σημαντικές τιμές και θα πρέπει να συνυπολογίζονται κατά το σχεδιασμό της εγκατάστασης.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Γεωθερμία



Εικ. 3.1 Γεωθερμία.

3.1 Ορισμός.

Γεωθερμία ή γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της γής που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$

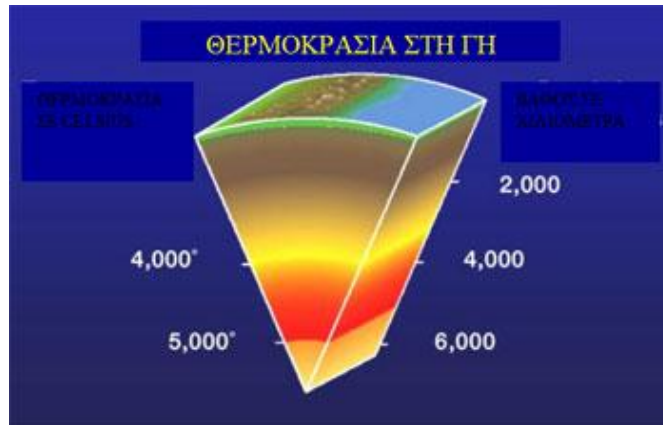
β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο έχει η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για την κάλυψη αναγκών του, καθώς είναι μια πρακτικά ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις.

Η Υψηλής Ενθαλπίας ($>150 \text{ }^\circ\text{C}$) χρησιμοποιείται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς τέτοιων εγκαταστάσεων το 1979 ήταν 1.916 MW με παραγόμενη ενέργεια $12 \times 10^6 \text{ kWh/yr}$.

Η Μέσης Ενθαλπίας ($80 \text{ έως } 150 \text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή και ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και μερικές φορές και για την παραγωγή ηλεκτρισμού (π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως).

Η Χαμηλής Ενθαλπίας ($25 \text{ έως } 80 \text{ }^\circ\text{C}$) που χρησιμοποιείται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες, για παραγωγή γλυκού νερού.



Εικ. 3.2

3.2 Η Γεωθερμία στην Ελλάδα.

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών η ΔΕΗ, σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές. Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.

Η αυξημένη ροή θερμότητας, λόγω της έντονης τεκτονικής και μαγματικής δραστηριότητας, δημιούργησε εκτεταμένες θερμικές ανωμαλίες, με μέγιστες τιμές γεωθερμικής βαθμίδας που πολλές φορές ξεπερνούν του $100^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες, η ενέργεια αυτή θερμαίνει «ρηχούς» υπόγειους ταμιευτήρες ρευστών σε θερμοκρασίες μέχρι 100°C . Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθόσον αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής (5 και 2 αντίστοιχα). Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325°C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350°C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι την τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα.

Στην Βόρεια Ελλάδα η γεωθερμία προσφέρεται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λ.π. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία Θερμών-Νιγρίτας, Λιθότροπου-Ηράκλειας, Θερμοπηγής-Σιδηρόκαστρου και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75°C , συνήθως αρτεσιανά και πολύ

καλής ποιότητας και παροχής. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο Μαγγάνων Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70 °C και σε πολύ οικονομικά βάθη παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Ν. Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82 °C.

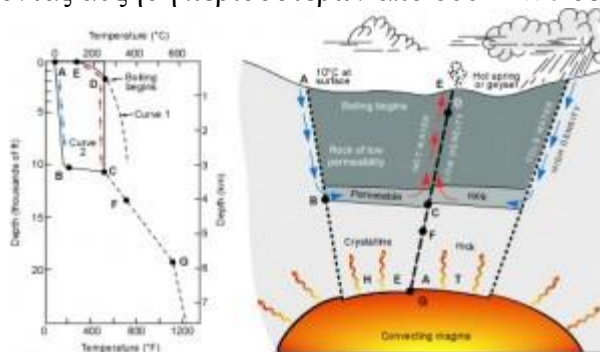
Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Στην Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία καθώς γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100 μ. συνάντησαν νερά της τάξης των 100° C.

3.3 Η χρήση της Γεωθεμίας παγκοσμίως.

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο Λαρνταρέλλο (Lardarello) της Ιταλίας, όπου από τα μέσα του 18ου αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ατμός για να εξατμίσει τα νερά που περιείχαν βορικό οξύ αλλά και να θερμάνει διάφορα κτήρια. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Σπουδαία είναι η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας από την Ισλανδία, όπου καλύπτεται πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.

Κατά το 2005, 72 χώρες έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το 1995, όταν είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες. Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας ανήλθε το 2007 στα 28268 MWt, παρουσιάζοντας αύξηση 75% σε σχέση με το 2000, με μέση ετήσια αύξηση 12%. Αντίστοιχα, η χρήση ενέργειας αυξήθηκε κατά 43% σε σχέση με το 2000 και ανήλθε στα 273.372 TJ (75.940 GWh/έτος).

Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με γεωθερμική ενέργεια το 2008 γινόταν σε 24 χώρες. Το 2007 η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στα 9735 MWe, σημειώνοντας αύξηση περισσότερων από 800 MWe σε σχέση με το 2005.



Εικ. 3.3 Εφαρμογές της Γεωθεμίας.

Οι εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ποικίλουν ανάλογα με τη θερμοκρασία και περιλαμβάνουν:

- ηλεκτροπαραγωγή ($\theta > 90$ °C), (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο)



Εικ. 3.4 Εφαρμογές της Γεωθερμίας.

- θέρμανση χώρων (με καλοριφέρ για $\theta > 60$ °C, με αερόθερμα για $\theta > 40$ °C, με ενδοδαπέδιο σύστημα ($\theta > 25$ °C)),
- ψύξη και κλιματισμό (με αντλίες θερμότητας απορρόφησης για $\theta > 60$ °C, ή με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας για $\theta < 30$ °C)
- θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών επειδή τα φυτά αναπτύσσονται γρηγορότερα και γίνονται μεγαλύτερα με τη θερμότητα ($\theta > 25$ °C), ή και για αντιπαγετική προστασία
- ιχθυοκαλλιέργειες ($\theta > 15$ °C) επειδή τα ψάρια χρειάζονται ορισμένη θερμοκρασία για την ανάπτυξή τους
- βιομηχανικές εφαρμογές όπως αφαλάτωση θαλασσινού νερού ($\theta > 60$ °C), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, κλπ
- θερμά λουτρά για $\theta = 25-40$ °C

3.4 Προβλήματα και πλεονεκτήματα.

Γενικά, η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας συναντά ορισμένα βασικά προβλήματα, τα οποία θα πρέπει να λυθούν ικανοποιητικά για την οικονομική εκμετάλλευση της εναλλακτικής αυτής μορφής ενέργειας. Οι τύποι αυτοί των προβλημάτων είναι ο σχηματισμός επικαθίσεων (ή όπως συχνά λέγεται οι καθαλατώσεις ή αποθέσεις) σε κάθε σχεδόν επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το γεωθερμικό ρευστό, η διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και ορισμένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις (διάθεση των ρευστών μετά τη χρήση τους, εκπομπές τοξικών αερίων, ιδίως του υδροθείου).

Όλα αυτά τα προβλήματα σχετίζονται άμεσα με την ιδιαίτερη χημική σύσταση των περισσότερων γεωθερμικών ρευστών. Τα γεωθερμικά ρευστά λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της παραμονής τους σε επαφή με διάφορα πετρώματα περιέχουν κατά κανόνα σημαντικές διαλυμένων αλάτων και αερίων. Η αλλαγή των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών των ρευστών στο στάδιο της εκμετάλλευσης μπορεί να δημιουργήσει συνθήκες ευνοϊκές τόσο για τη χημική προσβολή των μεταλλικών επιφανειών, όσο και για την απόθεση ορισμένων διαλυμένων ή αιωρούμενων στερεών και την απελευθέρωση στο περιβάλλον επιβλαβών ουσιών.

Ο σχηματισμός επικαθίσεων σε γεωθερμικές μονάδες μπορεί να ελεγχθεί σε κάποιο βαθμό, αν όχι ολοκληρωτικά, με μια πληθώρα τεχνικών και μεθόδων. Μερικές από τις πιο τυπικές πρακτικές είναι ο σωστός σχεδιασμός της μονάδας και η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών λειτουργίας της, η ρύθμιση του pH του ρευστού, η προσθήκη χημικών ουσιών (αναστολέων δημιουργίας επικαθίσεων) και, τέλος, η απομάκρυνση των

σχηματιζόμενων στερεών με χημικά ή φυσικά μέσα, στη διάρκεια προγραμματισμένων ή όχι διακοπών λειτουργίας της μονάδας.

Οι διάφορες δυνατότητες ελέγχου της διάβρωσης στις γεωθερμικές μονάδες επικεντρώνονται (α) στην επιλογή του κατάλληλου υλικού κατασκευής (π.χ. χρήση πολυμερικών υλικών, εναλλακτών θερμότητας από τιτάνιο, Hastelloy κτλ.), (β) στην επικάλυψη των μεταλλικών επιφανειών με ανθεκτικά στη διάβρωση στρώματα, (γ) στην προσθήκη αναστολέων διάβρωσης, και (δ) στον ορθό σχεδιασμό της μονάδας.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται ήπια μορφή ενέργειας, σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, χωρίς βέβαια οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευσή της να είναι συχνά αμελητέες. Η υψηλότερη περιεκτικότητα των γεωθερμικών ρευστών υψηλής ενθαλπίας σε διαλυμένα άλατα και αέρια σε σχέση με τα ρευστά χαμηλής ενθαλπίας επιβάλλουν το διαχωρισμό των επιπτώσεων από την αξιοποίηση της γεωθερμίας. Τα προβλήματα από τη διάθεση των νερών που χρησιμοποιούνται για άμεσες χρήσεις είναι κατά κανόνα ηπιότερα (και σχεδόν μηδενικά) από ότι των ρευστών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί από την αρχή ότι στην περίπτωση που εφαρμόζεται η άμεση επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον ταμιευτήρα, όπως στην περίπτωση των μονάδων με δυαδικό κύκλο, οι επιπτώσεις είναι ελάχιστες. Βεβαίως κατά τη φάση της έρευνας, της ανόρυξης των γεωτρήσεων, των δοκιμών και της κατασκευής της μονάδας μπορούν να υπάρξουν διαρροές και διάθεση γεωθερμικών νερών σε υδάτινους αποδέκτες, καθώς και αυξημένος θόρυβος.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ταξινομούνται σε συνάρτηση της αιτίας όπως τη χρήση γης, εκπομπές αερίων, τη διάθεση υγρών αποβλήτων, θόρυβο, δημιουργία μικροσεισμικότητας και καθιζήσεις. Η έκταση γης που απαιτείται για την αξιοποίηση της γεωθερμίας (π.χ. για την εγκατάσταση της μονάδας, το χώρο για τις γεωτρήσεις, τις σωληνώσεις μεταφοράς και τους δρόμους πρόσβασης) είναι γενικά μικρότερη από την έκταση της γης που απαιτούν άλλες μορφές ενέργειας (ατμοηλεκτρικοί σταθμοί άνθρακα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί κτλ.).

Το CO₂ που εκπέμπεται από γεωθερμικές μονάδες ποικίλλει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, καθώς και την τεχνολογία παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας, αν και οι εκπομπές του είναι κατά πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες εκπομπές ατμοηλεκτρικών μονάδων και συγκρίνονται ευνοϊκά και με τις εκπομπές (έμμεσες ή άμεσες) από άλλες ΑΠΕ. Το H₂S, λόγω της έντονης οσμής του και της σχετικής τοξικότητάς του, είναι υπεύθυνο τις περισσότερες φορές για τη προκατάληψη που εκδηλώνεται κατά της γεωθερμίας. Οι εκπομπές H₂S ποικίλλουν από <0,5 g/kWh μέχρι και 7 g/kWh. Οι εκπομπές του H₂S μπορούν να ελεγχθούν σχετικά εύκολα και να μειωθούν σε συγκεντρώσεις 1 ppb με μια πληθώρα μεθόδων, όπως με τη διεργασία Stredford, με την καύση και επανεισαγωγή, με την οξειδωτική μέθοδο Dow κτλ.

Η κύρια ανησυχία από την αξιοποίηση της γεωθερμίας υψηλής ενθαλπίας προέρχεται από τη διάθεση των γεωθερμικών νερών στους υδάτινους αποδέκτες. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της περιεκτικότητάς του σε διάφορα χημικά συστατικά, το γεωθερμικό ρευστό προτού διατεθεί σε υδάτινους αποδέκτες θα πρέπει να υποστεί κάποια επεξεργασία και να μειωθεί η θερμοκρασία του. Τονίζεται ξανά ότι η περιβαλλοντικά περισσότερο αποδεκτή μέθοδος διάθεσης των γεωθερμικών ρευστών είναι η επανεισαγωγή τους στον ταμιευτήρα.

Συγκρινόμενη με τις άλλες ΑΠΕ, η γεωθερμία δεν υστερεί σε περιβαλλοντικά οφέλη. Αυτό βέβαια έρχεται σε προφανή αντίθεση με την εντύπωση που κυριαρχεί ότι ορισμένες ΑΠΕ (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια) δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Η εντύπωση αυτή μεταβάλλεται όταν κανείς συνυπολογίσει τις επιπτώσεις οποιασδήποτε μορφής ενέργειας σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής μιας τεχνολογίας, αλλά και την επιβάρυνση στο περιβάλλον από την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη της γεωθερμίας μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Συνεχής παροχή ενέργειας, με υψηλό συντελεστή λειτουργίας (loadfactor), >90%.
- Μικρό λειτουργικό κόστος, αν και το κόστος παγίων είναι σημαντικά αυξημένο σε σχέση και με τις συμβατικές μορφές ενέργειας.* Μηδενικές ή μικρές εκπομπές αερίων στο περιβάλλον.
- Μικρή απαίτηση γης.
- Συμβολή στην επίτευξη των στόχων της Λευκής Βίβλου της Ε.Ε. και του Πρωτοκόλλου του Κιότο.
- Αποτελεί τοπική μορφή ενέργειας με συνέπεια την οικονομική ανάπτυξη της γεωθερμικής περιοχής.
- Συμβολή στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης μιας χώρας, με τον περιορισμό των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων.

3.5 Αβαθής Γεωθερμία - Τρόπος λειτουργίας.

Κάτω από τα πόδια σας βρίσκεται μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Ο ακάλυπτος χώρος σας μπορεί να γίνει η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για την άνετη θέρμανση και ψύξη. Τώρα μπορείτε να αποκτήσετε με ασφάλεια, αξιοπιστία και απόδοση, θέρμανση και ψύξη από μία μόνο συσκευή. Η γεωθερμική ενέργεια αντιπροσωπεύει την αιχμή της τεχνολογίας στη θέρμανση και ψύξη. Μεταφέρεται η θερμότητα από και προς το έδαφος για τον κλιματισμό των εσωτερικών χώρων. Συγκρινόμενη με τα συμβατικά συστήματα η γεωθερμία μπορεί να σας εξοικονομήσει 30% έως 70% από το λογαριασμό σας. Η γεωθερμία είναι το ασφαλέστερο, το καθαρότερο και το πιο αξιόπιστο σύστημα κλιματισμού που μπορείτε να αγοράσετε.

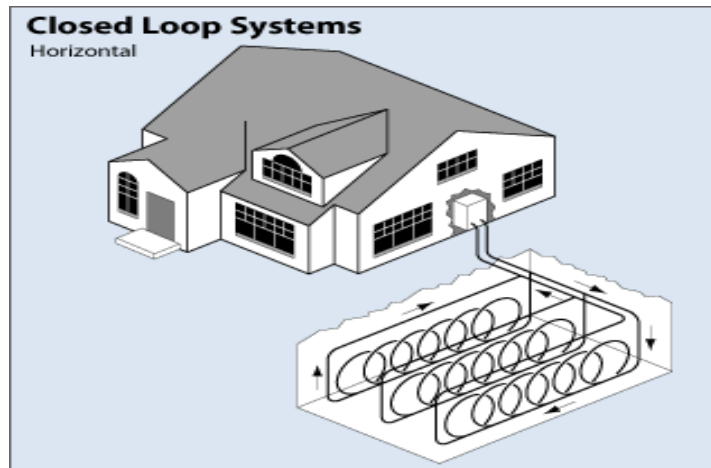
Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια απεριόριστη πηγή ενέργειας. Το έδαφος που περιβάλλει ένα κτίριο περιέχει ένα μεγάλο απόθεμα θερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας, πολλαπλάσιο της απαιτούμενης. Αυτή η πηγή συνεχώς επαναφορτίζεται από τον ήλιο, τις γειτονικές εδαφικές επιφάνειες, και από το θερμικό φορτίο που αποβάλλεται από το κτίριο κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κάνουν πράξη την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας.

Τέσσερις βασικοί τύποι άντλησης γεωθερμικής ενέργειας:

- Συστήματα κλειστού κυκλώματος:

1.Οριζόντιο

Αυτός ο τύπος της εγκατάστασης είναι γενικά πολύ ανταποδοτικός του κόστους για οικιακή εγκατάσταση, ιδιαίτερα για νέες κατασκευές όπου επαρκής έκταση γης είναι διαθέσιμη. Απαιτεί αυλάκια με τουλάχιστον 1 μέτρο βάθος. Οι πιο κοινές διατάξεις είτε χρησιμοποιούν δύο σωλήνες: ο ένας θαμμένος στα δύο μέτρα βάθος, και ο άλλος στο ένα μέτρο ή δύο σωλήνες τοποθετημένους δίπλα-δίπλα σε 1,5 μέτρο βάθος στο έδαφος μέσα σε αυλάκι φάρδους 50 εκατοστών. Η μέθοδος SlinkyT επιτρέπει μεγαλύτερο μήκος σωλήνα σε ρηχότερο αυλάκι, πράγμα που μειώνει το κόστος εγκατάστασης και καθιστά την οριζόντια εγκατάσταση δυνατή σε περιοχές όπου δεν θα ήταν δυνατές οι συνηθισμένες οριζόντιες εφαρμογές.

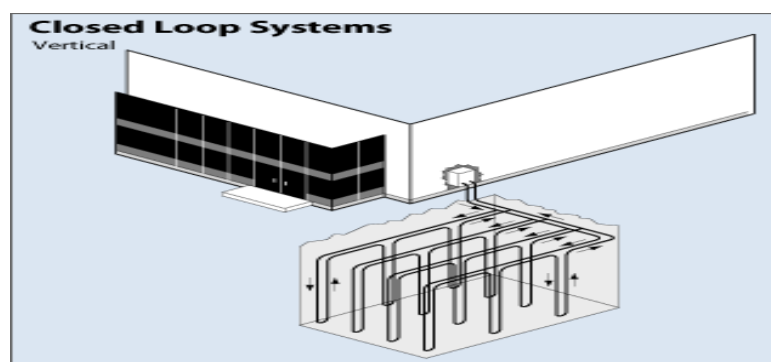


Εικ. 3.5 Οριζόντιο κλειστό σύστημα.

Εικόνα ενός οριζοντίου κλειστού συστήματος γείωσης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από το σπίτι και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να διακλαδώνονται σε τρεις σειρές μέσα στο έδαφος, με κάθε σειρά να αποτελείται από έξι αλληλεπικαλυπτόμενα κάθετα συστήματα-βρόγχοι σωληνώσεων. Στο τέλος των σειρών, οι σωλήνες κατευθύνονται πάλι προς την αρχή των σειρών και συνδυάζονται ώστε να αποτελέσουν έναν σωλήνα ο οποίος οδηγείται πίσω στο σπίτι.

2.Κάθετο

Μεγάλα εμπορικά κτήρια και σχολεία συχνά χρησιμοποιούν κάθετα συστήματα διότι η έκταση γης που απαιτείται για οριζόντια συστήματα θα ήταν απαγορευτικός παράγοντας. Τα κάθετα συστήματα χρησιμοποιούνται επίσης όπου το έδαφος είναι πάρα πολύ ρηχό για αυλάκια, και τα συστήματα αυτά ελαχιστοποιούν την αναστάτωση στο υπάρχον διαμορφωμένο τοπίο. Για ένα κάθετο σύστημα, τρύπες (με διάμετρο περίπου 15 εκ.) ανοίγονται σε απόσταση περίπου 6 μ. η μία από την άλλη και σε βάθος 30 έως 100 μέτρα. Μέσα σε αυτές τις τρύπες εισέρχονται δύο σωλήνες οι οποίοι συνδέονται στο κάτω μέρος με οριζόντιο σωλήνα που τοποθετείται σε αυλάκια και συνδέεται με την αντλία θερμότητας που βρίσκεται μέσα στο κτήριο.



Εικ. 3.6 Κάθετο κλειστό σύστημα.

Εικόνα ενός κάθετου κλειστού συστήματος γείωσης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από ένα κτήριο και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να διακλαδώνονται σε τέσσερις σειρές μέσα στο έδαφος. Σε κάθε σειρά, το σύστημα των σωλήνων παραμένει οριζόντιο

με εξαίρεση ότι εκτρέπεται σε τρεις βαθείς κάθετους σχηματισμούς-βρόγχοι. Στο τέλος της σειράς, η σωλήνωση κάνει καμπύλη και επιστρέφει στην αρχή της σειράς και μετατρέπεται σε έναν σωλήνα που οδηγεί πίσω στο κτήριο.

3.Δεξαμενής/Λίμνης

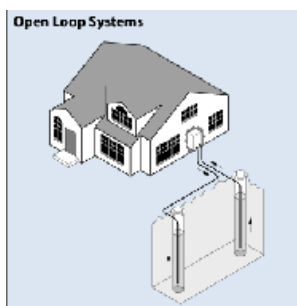
Αν η περιοχή έχει επαρκή όγκο νερού, αυτή ίσως είναι η επιλογή με το χαμηλότερο κόστος. Ένας σωλήνας παροχής τοποθετείται μέσα στο έδαφος, από το κτήριο έως το νερό και τυλίγεται σε σπείρες σε βάθος τουλάχιστον οκτώ ποδών κάτω από το έδαφος έτσι ώστε να αποφεύγεται το πάγωμα. Οι σπείρες θα πρέπει να τοποθετηθούν μόνον σε περιοχή νερού η οποία πληροί τα κριτήρια για τον ελάχιστο επιτρεπτό όγκο, βάθος και ποιότητα νερού.

Εικόνα ενός κλειστού κυκλώματος τύπου Δεξαμενής/Λίμνης δείχνει τους σωλήνες να ξεκινούν από το σπίτι και να εισέρχονται στο έδαφος, έπειτα να εκτείνονται έως τη λιμνούλα ή λίμνη. Η σωλήνωση βυθίζεται μέσα στη λιμνούλα ή τη λίμνη και έπειτα σχηματίζει οριζόντια συστήματα-βρόγχους αποτελούμενα από επτά μεγάλες αλληλεπικαλυπτόμενες βρόγχους, έπειτα επιστρέφει στην άκρη της υδάτινης περιοχής, εκτείνεται προς τα πάνω, κοντά στην επιφάνεια και επιστρέφει στο σπίτι.

- Ανοιχτού κυκλώματος

4.Ανοιχτού

Αυτός ο τύπος του συστήματος χρησιμοποιεί πηγαδίσιο νερό ή νερό επιφανείας ως το υγρό ανταλλαγής θερμότητας το οποίο κυκλοφορεί κατ' ευθείαν μέσω του GHP συστήματος. Άπαξ και έχει κυκλοφορήσει μέσα στο σύστημα, το νερό επιστρέφει στο έδαφος μέσω του πηγαδιού, μέσω ενός πηγαδιού αναφόρτισης ή μέσω εκροής στο έδαφος. Αυτή η επιλογή είναι εμφανώς πρακτική μόνον όπου υπάρχει επαρκής παροχή σχετικά καθαρού νερού, και τηρούνται όλοι οι τοπικοί κώδικες και οι κανονισμοί που αφορούν την εκροή του νερού του εδάφους.



Εικ. 3.7 Ανοιχτό κύκλωμα, δείχνει έναν σωλήνα να μεταφέρει νερό από το σπίτι προς τα έξω, μέσα στο έδαφος, και από κει σε ένα πηγάδι, όπου αδειάζεται στο νερό του εδάφους. Ένας ξεχωριστός σωλήνας μέσα σε πηγάδι λίγο πιο πέρα αντλεί νερό από το πηγάδι και το επιστρέφει στο σπίτι.

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ανάλυση των επιμέρους στοιχείων Ηλιακά Υποβοηθούμενης και Γεωθερμικά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας.

4.1 Εισαγωγή.

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

- ο συμπιεστής
- ο συμπυκνωτής
- το ψυκτικό υγρό
- η εκτονωτική διάταξη
- ένας εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του συμπυκνωτή και της δεξαμενής του νερού που θέλουμε να ζεστάνουμε.

4.2 Συμπιεστές.

Το σπουδαιότερο τμήμα του ψυκτικού συγκροτήματος με την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση είναι ο συμπιεστής. Οι συμπιεστές είναι μηχανικές διατάξεις που αντλούν τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή, αυξάνοντας την πίεση του και κινούν το ψυκτικό μέσο στο κύκλωμα. Η αύξηση της πίεσης επιτυγχάνεται με τη μείωση του όγκου του χώρου συμπίεσης με κάποιο μηχανικό τρόπο.



Εικ. 4.1 Μηχανική Διάταξη.

4.2.1 Κατηγορίες Συμπιεστών.

Ανάλογα με το είδος του μηχανισμού που εφαρμόζεται διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- παλινδρομικούς ή εμβολοφόρους
- περιστροφικούς

Μια άλλη κατάταξη των συμπιεστών γίνεται ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής του ζεύγους ηλεκτροκινητήρα και συμπιεστή. Χωρίζονται σε:

- Ανοικτού τύπου
- Ημίκλειστου τύπου
- Κλειστού τύπου

Ανοικτού τύπου καλούνται οι συμπιεστές που ο κινητήρας (ηλεκτρικός ή άλλος) είναι ξεχωριστός από τον συμπιεστή. Η κίνηση μεταδίδεται μέσω καταλλήλου συνδέσμου (π.χ. τροχαλίες, μεταλλικό κόμπλερ κλπ.).



Εικ. 4.2 Συμπιεστής Ανοικτού Τύπου.

Ημίκλειστου τύπου καλούνται οι συμπιεστές που ο ρότορας του ηλεκτροκινητήρα και ο άξονας ή στρόφαλος του συμπιεστή είναι κοινός. Το αέριο ψυκτικό μέσο διέρχεται μέσα από το σώμα του ηλεκτροκινητήρα.



Εικ. 4.3 Συμπιεστής Ημίκλειστου Τύπου.

Κλειστού τύπου συμπιεστές ονομάζονται αυτοί που κινητήρας και συμπιεστής εδράζονται σε κοινό κλειστό περίβλημα.



Εικ. 4.4 Συμπιεστής Κλειστού Τύπου.

4.2.2 Σπειροειδής Συμπιεστές (τύπου Scroll).

Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι περιστροφικού τύπου συμπίεσης με θετικό εκτόπισμα. Χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε μικρές συσκευές κλιματιστικών αντλιών θερμότητας, σε συστήματα κλιματιστικών αυτοκινήτων.

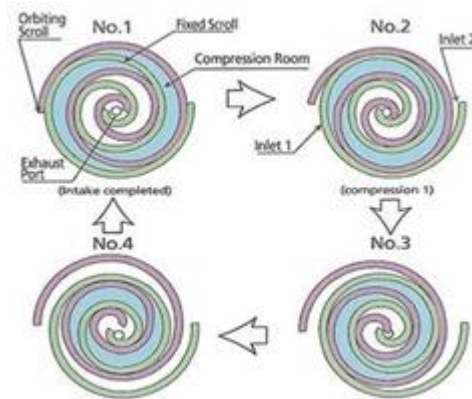


Εικ. 4.5 Σπειροειδής Συμπιεστής. Εικ. 4.6 Σπειροειδής Συμπιεστής σε Τομή.

Το σπειροειδές είναι ανοικτό σπείρωμα υποστηριζόμενο σε μια επίπεδη πλάκα. Η σπειροειδής διάταξη αποτελείται από δύο σπειροειδή όπου το ένα είναι σταθερό και το άλλο, είναι τοποθετημένο σε σχέση με το σταθερό κατά γωνία 180°, κινούμενο γύρω από το σταθερό σημείο του σταθερού (παράλληλη μετατόπιση).

Καθώς το κινούμενο μετατοπίζεται παράλληλα, το αέριο εισέρχεται στο μεταξύ διάστημα των σπειροειδών και συγκεκριμένα στα άκρα της διάταξης. Καθώς το αέριο κινείται εσωτερικά, ο όγκος του κενού μειώνεται και το αέριο συμπιέζεται. Τέλος η θυρίδα εκτόνωσης ανοίγει και το αέριο εκτονώνεται. Ο σπειροειδής συμπιεστής έχει σταθερή σχέση συμπίεσης. Η σχέση συμπίεσης ρυθμίζεται από τον αριθμό των τυλιγμάτων του ανοικτού σπειρώματος και την θέση των θυρίδων αναρρόφησης και κτόνωσης. Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι κατά 10% πιο αποδοτικοί από όλους του περιστροφικούς που χρησιμοποιούνται σήμερα στις κλιματιστικές μονάδες. Στο σχήμα που ακολουθεί

απεικονίζεται η φάση της συμπίεσης ενός σπειροειδή συμπιεστή.



Εικ. 4.7 Φάση της συμπίεσης.

4.2.3 Κύρια Εξαρτήματα Σπειροειδή Συμπιεστή.

Τα κυριότερα εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται ένας σπειροειδής συμπιεστής αναγράφονται παρακάτω:

1. Στρεφόμενη σπείρα
2. Στροφέας
3. Υποδοχή στροφέα
4. Απόσταση κέντρων
5. Άξονας Ηλεκτροκινητήρα

Τα κύρια μέρη που αποτελούν την κινούμενη σπείρα ενός συμπιεστή Scroll εμφανίζονται στην εικόνα 4.8.



Εικ. 4.8 Κύρια Εξαρτήματα Κινούμενης Σπείρας Συμπιεστή Scroll.

1. Κάνουν λιγότερο θόρυβο σε σχέση με τους συμπιεστές άλλου τύπου.
2. Έχουν 20% καλύτερες επιδόσεις από τους άλλους τύπους συμπιεστών.
3. Έχουν λιγότερα κινητά μέρη άρα λιγότερες τριβές.

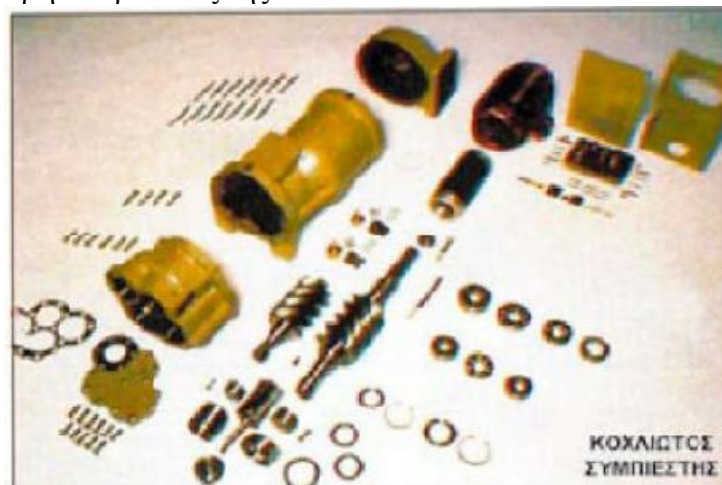
4.2.4 Συμπιεστές-Ελικοειδής.

Ο μηχανισμός ελέγχου του φορτίου επιτυγχάνεται με την προοδευτική κίνηση μίας βαλβίδας που ολισθαίνει και βρίσκεται εγκατεστημένη κατά μήκος του κινητήριου άξονα και παράλληλα προς τα δύο στροφεία. Ανάλογα με τη θέση της βαλβίδας πάνω από τα στροφεία καθορίζεται και ο βαθμός φόρτισης του συμπιεστή. Η βαλβίδα κινείται από το υδραυλικό σύστημα πίεσης λαδιού και επιτρέπει στους συμπιεστές να τίθενται σε λειτουργία χωρίς φορτίο.

Κινούμενα μέρη

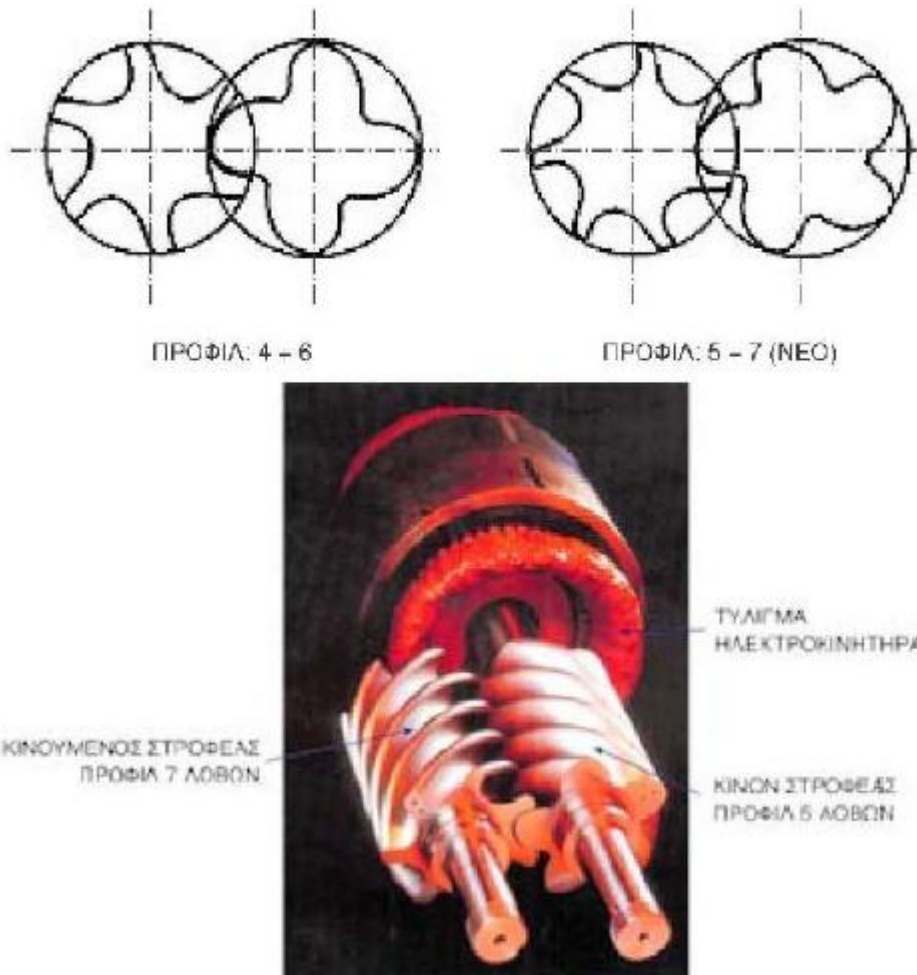
Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν ελάχιστο αριθμό κινούμενων μερών:

- τα δύο στροφεία με τις διατάξεις τους
- τη βαλβίδα ελέγχου της απόδοσης ή τις 2 βαλβίδες «εκκίνησης χωρίς φορτίο» και «αποφόρτισης». Σε αντίθεση με τους παλινδρομικούς συμπιεστές, οι κοχλιωτοί συμπιεστές δεν έχουν έμβολα, διωστήρες, μηχανικές αντλίες λαδιού ή βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν 15 φορές λιγότερα καταπονούμενα μέρη από τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Λιγότερα κινούμενα μέρη σημαίνει αυξημένη αξιοπιστία και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Εικόνα 4.9 Σύγκριση των κινούμενων μερών κοχλιωτού και ενός παλινδρομικού συμπιεστή.

Το προφίλ των κοχλιών είναι 5 λοβοί στον κινητήριο άξονα και 7 λοβοί στον κινούμενο άξονα. Στο τερματικό άκρο της κατάθλιψης του συμπιεστή τοποθετείται ο μηχανισμός φιλτραρίσματος και διαχωρισμού του λαδιού του συμπιεστή. Η διεργασία αυτή είναι απαραίτητη γιατί το λάδι έχει αναμιχθεί με το ψυκτικό αέριο. Μετά τον καθαρισμό του υψηλής πίεσης ψυκτικού αερίου, αυτό συνεχίζει την κίνησή του προς τη γραμμή κατάθλιψης και το συμπυκνωτή.



Εικ. 4.10 Κοχλιωτός συμπιεστής.

4.3 Συμπυκνωτές.

4.3.1 Γενικά

Ο συμπυκνωτής είναι ένα από τα βασικότερα εξαρτήματα οποιασδήποτε ψυκτικής εγκατάστασης, όπου εισερχόμενο το υπέρθερμο ψυκτικό αέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης εντός του αποβάλλει θερμότητα προς το μέσο συμπύκνωσης (νερό, αέρας ή και τα δύο) και συμπυκνώνεται.

Μπορούμε να πούμε ότι ο συμπυκνωτής είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, όπου εναλλάσσεται θερμότητα, μεταξύ ψυκτικού αερίου και μέσου συμπύκνωσης

Η επιφάνεια του συμπυκνωτή θα πρέπει να είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την επιφάνεια του εξατμιστή για να μπορέσει να αποβληθεί όλη η απορροφηθείσα θερμότητα από το ψυκτικό ρευστό κατά τον κύκλο ψύξης. ~ιότι το ψυκτικό ρευστό κατά το κύκλο ψύξης απορροφά θερμότητα:

- Εντός του εξατμιστή (όταν εξατμίζεται)
- Εντός του συμπιεστή (όταν συμπιέζεται)
- Εντός της γραμμής αναρρόφησης (όταν τομήκος της είναι κάπως μεγάλο και δεν είναι επαρκώς μονωμένη).

4.3.2 Κατάταξη Συμπυκνωτών.

Οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ως προς το χρησιμοποιούμενο μέσο συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου.

Στους **Αερόψυκτους**

Στους **Υδρόψυκτους**

Στους **Ατμοποίησης ή Εξατμιζόμενου Τύπου.**

4.3.3 Αερόψυκτοι Συμπυκνωτές.

Αερόψυκτοι λέγονται οι συμπυκνωτές εκείνοι οι οποίοι χρησιμοποιούν σαν μέσο συμπύκνωσης τον ατμοσφαιρικό αέρα του περιβάλλοντος.

Η κυκλοφορία του αέρα ψύξης στους αερόψυκτους συμπυκνωτές γίνεται κατά δύο τρόπους:

- α) Με φυσική κυκλοφορία όπου ο αέρας ψύξης κυκλοφορεί ελεύθερα λόγω της βαρύτητας τους
- β) Με βεβιασμένη κυκλοφορία όπου ο αέρας κυκλοφορεί μέσω ανεμιστήρα. Ο αριθμός των σειρών των σωλήνων ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή μπορεί να είναι από μία (1) έως των (8)

Στις πρώτες σειρές των σωλήνων ενός αερόψυκτου συμπυκνωτή ο αέρας απορροφά μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από το ψυκτικό αέριο σε σύγκριση με τις τελευταίες σωληνώσεις όπου απορροφά λιγότερο ποσό θερμότητας επειδή η θερμοκρασία του έχει ήδη ανυψωθεί κατά τη διαδρομή του.

4.3.4 Υδρόψυκτοι Συμπυκνωτές.

Υδρόψυκτοι καλούνται οι συμπυκνωτές οι οποίοι χρησιμοποιούν σαν μέσο συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου, το νερό.

Ειδικές εφαρμογές με αυξημένα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας είναι η χρήση του νερού από γεωθερμικά πηγάδια, λίμνες, ποτάμια, θάλασσα όπου η θερμοκρασία του νερού είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου το αποτέλεσμα είναι η σημαντική αύξηση του COP.

Το χρησιμοποιούμενο νερό για τη συμπύκνωση του θερμού αερίου μέσα στο συμπυκνωτή μπορεί να χρησιμοποιείται είτε μια μόνο φορά και στη συνέχεια αναπηγαίνει προς την αποχέτευση είτε να χρησιμοποιείται και πάλι αφού προηγουμένως ψυχθεί στον πύργο ψύξης.

Η λειτουργία του υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι όμοια με εκείνη του αερόψυκτου, δηλαδή στις πρώτες σωληνώσεις αποβάλλεται η θερμότητα υπερθέρμανσης, στη συνέχεια αρχίζει η συμπύκνωση και τέλος το ψυκτικό υγρό γίνεται υπόψυκτο στις τελευταίες σωληνώσεις του.

4.3.5 Είδη Υδρόψυκτων Συμπυκνωτών.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές από πλευράς κατασκευής διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες

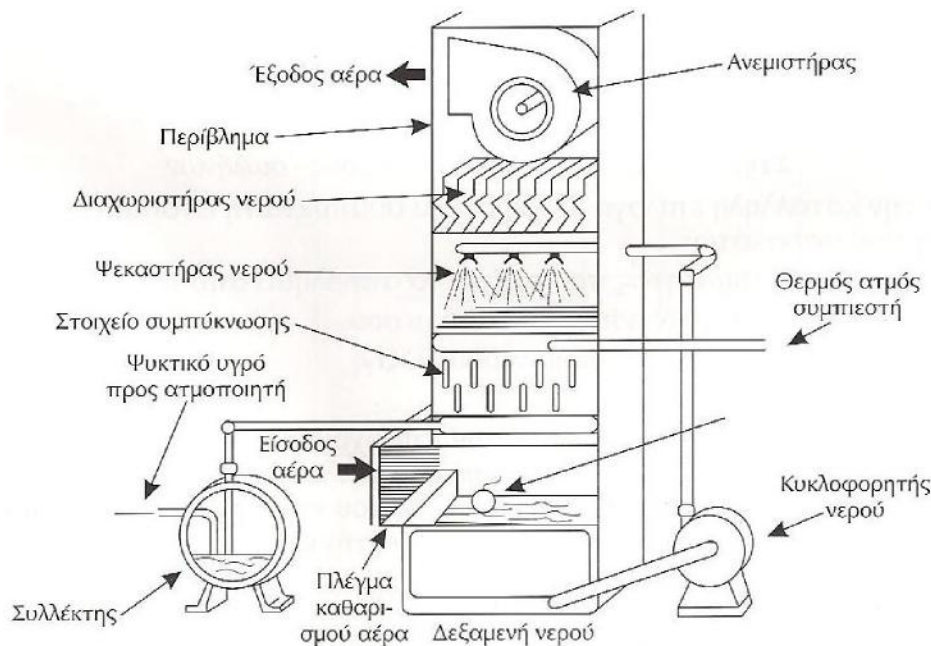
1. Συμπυκνωτές με διπλές σωληνώσεις Double Tube (ο ένας σωλήνας εντός του άλλου σωλήνα)
2. Συμπυκνωτές με κέλυφος και στοιχείο Shell & Coil (σπειροειδής σωλήνας εντός κελύφους)
3. Συμπυκνωτές με κέλυφος και σωληνώσεις Shell & Tube (επιμήκειες σωλήνες εντός κελύφους)

4.3.6 Συμπυκνωτές Εξατμιζόμενου Τύπου.

Οι συμπυκνωτές αυτού του τύπου χρησιμοποιούν ως μέσο συμπύκνωσης το νερό και τον αέρα ταυτόχρονα. Το μεν νερό αντλείται με την βοήθεια κυκλοφορητή από την δεξαμενή όπου βρίσκεται στο κατώτατο μέρος του συμπυκνωτή και τροφοδοτείται από το δίκτυο παροχής (πόλεως ή άλλης πηγής).

Η θερμότητα η οποία αποβάλλεται από το ψυκτικό αέριο προς το μέσο συμπύκνωσης (νερό και αέρας) είναι αισθητή και λανθάνουσα.

Όμως, για να προκληθεί η εξάτμιση του νερού, θα πρέπει ο εισερχόμενος αέρας να έχει χαμηλή θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου, δηλαδή να είναι όσο το δυνατό ξερός, διότι ο αέρας διερχόμενος δια μέσου των σωληνώσεων του συμπυκνωτή θερμαίνεται, και υγραίνεται με συνέπεια να μην υπάρχουν πλέον άλλα περιθώρια.



Εικ. 4.11 Συμπυκνωτής εξατμιζόμενου τύπου.

- **Στοιχεία Με Γυμνές Σωληνώσεις**

Τα στοιχεία με γυμνές σωληνώσεις είναι ένα μεταλλικό συγκρότημα αποτελούμενο από χάλκινους σωλήνες διαφόρων διαμέτρων εάν κυκλοφορεί εντός του Freon ή από χαλυβδосωλήνες, εάν κυκλοφορεί αμμωνία, διότι όπως γνωρίζουμε η αμμωνία διαβρώνει το χαλκό.

- **Στοιχεία Με Πτερύγια**

Επειδή οι εξατμιστές ξηράς εκτόνωσης, οι οποίοι σήμερα κυριαρχούν στην εμπορική ψύξη, είχαν μικρή απόδοση με τους γυμνούς σωλήνες σκέφθηκαν να τους αυξήσουν την ενεργό επιφάνεια τους, βέβαια χωρίς να αυξήσουν το μήκος και την διάμετρο των σωληνώσεων, επειδή θα ήταν οικονομικά ασύμφοροι.

Έτσι τοποθετώντας επάνω στους γυμνούς σωλήνες του στοιχείου μεταλλικά πτερύγια, αυξάνεται η επιφάνεια με αποτέλεσμα η ψυκτική ικανότητα τους να βελτιώνεται αισθητά.

Οι εξατμιστές με πτερύγια μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για θερμοκρασία κάτω των 0ο C λόγω των λειτουργούντων αυτομάτων συστημάτων αποψύξεως.

- **Στοιχεία Τύπου Πλάκας**

Τα στοιχεία αυτού του τύπου παρουσιάζονται σε δύο μορφές:

- α) στα στοιχεία εύτηκτης πλάκας και
- β) στα στοιχεία πλάκας.

Τα στοιχεία εύτηκτης πλάκας αποτελούνται από τον κυρίως σωλήνα εντός του οποίου κυκλοφορεί το ψυκτικό υγρό και από τα μεταλλικά φύλλα τα οποία κατάλληλα διαμορφωμένα συγκολλούνται για να αποτελέσουν ένα στεγανό διαμέρισμα. Τα στοιχεία ευτήκτου πλάκας χρησιμοποιήθηκαν ευρέως σε ψυκτικές εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών και ειδικότερα σε αυτοκίνητα ψυγεία και αυτοκίνητα συντηρήσεως και μεταφοράς παγωτών.

Τα στοιχεία τύπου πλάκας αποτελούνται από δύο φύλλα αλουμινίου τα οποία έχουν κατάλληλα πρεσαριστεί και στη συνέχεια συγκολληθεί. Τα στοιχεία τύπου πλάκας έχουν χαμηλό κόστος και ευκολία στον καθαρισμό τους (εξωτερικά)

Χρησιμοποιούνται στα οικιακά ψυγεία.

- **Στοιχεία Φυσικής Κυκλοφορίας Αέρα**

Τα στοιχεία φυσικής κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις όπου δεν απαιτείται υψηλή ταχύτητα αέρα και υψηλή αφύγρανση των ψυχωμένων προϊόντων.

Τέτοιες ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι:

1. τα οικιακά ψυγεία
2. τα διάφορα ψυγεία-βιτρίνες όπου η θερμοκρασία είναι κάτω των 32οC και
3. οι μεγάλες αποθήκες συντηρήσεως και αποθηκεύσεως τροφίμων τα οποία δεν χρειάζονται μεγάλη αφύγρανση.

Η κυκλοφορία του αέρα στα στοιχεία επηρεάζεται άμεσα από την θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ στοιχείων και χώρου ψύξεως, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας, τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το ποσόν του κυκλοφορούντος αέρα πάνω από το στοιχεία. Όμως η κυκλοφορία του αέρα εξαρτάται και από το μέγεθος το σχήμα και τη θέση τοποθέτησης του στοιχείου.

- **Στοιχεία Βεβιασμένης Κυκλοφορίας Αέρα**

Τα στοιχεία βεβιασμένης κυκλοφορίας του αέρα εργάζονται με εκτονωτικές βαλβίδες (όχι με πλωτήρες) και αποτελούνται από σειρές χάλκινων σωληνώσεων επί των οποίων είναι τοποθετημένα τα πτερύγια για την αύξηση της επιφάνειας μεταφοράς της θερμότητας.

- **Στοιχεία Βυθιζόμενου ή Εμβαπτισμένου Τύπου**

Στους εξατμιστές εμβαπτισμένου τύπου το μέσο μεταφοράς της θερμότητας προς τον εξατμιστή είναι υγρό. Είτε νερό είτε άλμη. Τα στοιχεία αυτού του τύπου επειδή χρησιμοποιούν σα μέσο μεταφοράς της θερμότητας προς το στοιχείο υγρό, έχουν τοπλεονέκτημα ότι η απόδοση τους είναι κατά 50 έως 100 φορές μεγαλύτερη της απόδοσης των στοιχείων με αέρα. Τα περισσότερα χρησιμοποιούμενα στοιχεία βυθιζόμενου τύπου είναι τα κάτωθι:

1. Σπειροειδείς εξατμιστές
2. Εξατμιστές σωλήνων εντός κελύφους (chillers)
3. Εξατμιστές τύπου δεξαμενής

Αναλυτικότερα:

1. Σπειροειδή Στοιχεία

Ο σπειροειδής εξατμιστής αποτελείται από ένα μεταλλικό κέλυφος μέσα στο οποίο υπάρχει ένα γυμνό σπειροειδές στοιχείο το οποίο συνήθως είναι ξηράς εκτόνωσης, όπου μέσα στο σπειροειδή εξατμιστή κυκλοφορεί το ψυκτικό και γύρω του το προς ψύξη υγρό.

Χρησιμοποιείται εκτεταμένα στους ψύκτες πόσιμοι νερού και γενικά παγωμένων ποτών, όπου η θερμοκρασία τους κυμαίνεται γύρω στους 4° C.

2. Εξατμιστές Σωλήνων Εντός Κελύφους (CHILLERS)

Όπως και οι σπειροειδείς εξατμιστές έτσι και οι εξατμιστές αυτού του τύπου είναι ξηράς και υγράς εκτόνωσης με συνέπεια στην πρώτη περίπτωση το προς ψύξη νερό να περνά εκτός των σωλήνων, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η εκτόνωση γίνεται γύρω στους σωλήνες και μέσα στο κέλυφος και η κυκλοφορία του νερού μέσα στους σωλήνες.

Το κέλυφος των εξατμιστών αυτού του τύπου είναι χαλύβδινο διαμέτρου από 8" έως 60" και έχει επαρκή θερμομόνωση.

Μέσα στο κέλυφος υπάρχουν παράλληλοι σωλήνες χάλκινοι (αν κυκλοφορεί μέσα τους Freon) ή χαλύβδινοι αν κυκλοφορεί αμμωνία.

Οι εξατμιστές ξερής εκτόνωσης χρησιμοποιούνται στις μικρές και μέσες ψυκτικές εγκαταστάσεις (2-280 ψυκτικοί τόνοι) ενώ οι εξατμιστές υγρής εκτόνωσης χρησιμοποιούνται στις μέσες και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις.

3. Εξατμιστές Τύπου Δεξαμενής

Ο εξατμιστής αυτού του τύπου αποτελείται από μια χαλύβδινη δεξαμενή μέσα στην οποία είναι τοποθετημένο ένα γυμνό σπειροειδές στοιχείο. Η δεξαμενή είναι πλήρης υγρού (άλμης ή νερού) το οποίο εισέρχεται από το άνω μέρος και εξέρχεται από το κάτω μέρος. Εντός του σπειροειδούς στοιχείου κυκλοφορεί το ψυκτικό, είτε Freon είτε αμμωνία και εκτονούνται.

Οι εξατμιστές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται συνήθως στις παγολεκάνες των παγοποιείων.

- Τί ισχύει σύμφωνα με την παγκόσμια νομοθεσία περιβαλλοντικού προγράμματος:

Η παγκόσμια νομοθεσία έχει ξεκινήσει από το περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environmental Programme n UNEP) και σκοπός της είναι να ελαττώσει την καταστροφή του στρώματος του όζοντος. Το πρωτόκολλο του Montreal εγκρίθηκε το 1987 με σκοπό να ελέγξει την παραγωγή των υπεύθυνων ουσιών για την καταστροφή του στρώματος του όζοντος μεταξύ των οποίων είναι και τα CFC,

HCFC.

Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ έχει την πρόληψη τόσο να κατευθύνει όσο και να ελέγξει μελλοντικές τεχνικές και οικονομικές μελέτες. Επίσης, στις αρχές του '90, υπήρξαν και άλλες συνθήκες όπως τα Πρωτόκολλα του Λονδίνου (1990), Κοπεγχάγης (1992) και Βιέννης (1995).

Η παγκόσμια νομοθεσία έχει ξεκινήσει από το περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Environmental Programme η UNEP) και σκοπός της είναι να ελαττώσει την καταστροφή του στρώματος του όζοντος. Το πρωτόκολλο του Montreal εγκρίθηκε το 1987 με σκοπό να ελέγξει την παραγωγή των υπεύθυνων ουσιών για την καταστροφή του στρώματος του όζοντος μεταξύ των οποίων είναι και τα CFC, HCFC. Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ έχει την πρόληψη τόσο να κατευθύνει όσο και να ελέγξει μελλοντικές τεχνικές και οικονομικές μελέτες. Επίσης, στις αρχές του '90, υπήρξαν και άλλες συνθήκες όπως τα Πρωτόκολλα του Λονδίνου (1990), Κοπεγχάγης (1992) και Βιέννης (1995).

Τα CFC, τα οποία έχουν την υψηλότερη ικανότητα Καταστροφής του Όζοντος (Ozone Depletion Performance η ODP), σταδιακά καταργήθηκαν από 1 Ιαν. 1996. Σήμερα, οι μόνες ποσότητες ψυκτικών μέσων που μπορούν να αντικαταστήσουν υπάρχοντα μηχανήματα που χρησιμοποιούν CFC είναι αυτές που είχαν αποθηκευτεί σε αποθήκες πριν το 1996 η αυτές που διασώθηκαν από άχρηστα η παροπλισμένα μηχανήματα (ανακυκλωμένο ψυκτικό μέσο, δηλαδή). Παρ' όλα αυτά, μηχανήματα που ήδη χρησιμοποιούν CFC επιτρέπεται να παραμείνουν σε λειτουργία.

Η χρήση των HCFC (το πιο διαδεδομένο από όλα είναι το HCFC-22 η R-22 το οποίο χρησιμοποιείται εδώ και 60 χρόνια) έχουν κυριολεκτικά κατακτήσει την Βιομηχανία κλιματισμού όχι μόνο σε ψύκτες και αντλίες θερμότητας αλλά και σε μικρά κλιματιστικά επίσης. Η κατανάλωση των ψυκτικών αυτών μέσων έχει περιοριστεί από το 1996 σε διάφορες Βαθμίδες.

Σύμφωνα με τον Αμερικάνικο Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος (Environmental Protection Agency η EPA) και όσον αφορά την σταδιακή κατάργηση των διαφόρων ψυκτικών μέσων HCFC, η πρόταση του στην συνάντηση της Κοπεγχάγης είναι αυτή που φαίνεται στον πίνακα 4.12.

Πίνακας 1: Κατάργηση των HCFC σύμφωνα με EPA				
HCFC	ODP	Τέλος χρήσης σε καινούρια μηχανήματα	Τέλος χρήσης για συντήρηση	Τέλος παραγωγής
141b	0,1	-	-	2003
142b	0,07	-	-	2010
22	0,05	2010	2020	2020
123	0,02	2020	2030	2030

Πίν. 4.12

Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν υιοθετήσει ακόμη πιο αυστηρά μέτρα. Έτσι, αντλίες θερμότητας με χρήση του HCFC-22 θα σταματήσουν να παράγονται πέρα απ' το τέλος του 2003, η παραγωγή των ψυκτών θα σταματήσει πλήρως πέρα από τα μέσα του 2002 ενώ η τεχνική υποστήριξη και συντήρηση των μηχανημάτων αυτών θα συνεχιστεί μέχρι τα τέλη του 2008.

Εναλλακτικά Ψυκτικά Μέσα

Για τους μεγάλους φυγοκεντρικούς ψύκτες με υδραυλικού τύπου εξατμιστές (flooded) που χρησιμοποιούσαν CFC-II, 12 και 500, τα εναλλακτικά ψυκτικά μέσα σύμφωνα με την EPA που προτείνονται είναι αντίστοιχα τα HCFC-123, HFC-134a και HFC-134a ενώ για τους καινούργιους ψύκτες προτείνονται τα HFC-134a, HCFC-123 και HCFC-22.

Για τους ψείκτες άμεσης εκτόνωσης (DX η κελύφους - αυλού) που χρησιμοποιούν HCFC-22 δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί το καλύτερο υποκατάστατο.

Όπως γράφτηκε πιο πριν, το πιο διαδεδομένο από όλα τα HCFC είναι το R-22 το οποίο έχει κυριολεκτικά κατακτήσει την Βιομηχανία κλιματισμού. Είναι προφανές ότι τα υποκατάστατα νέα ψυκτικά μέσα θα πρέπει να έχουν τα πλεονεκτήματα που δεν έχει το HCFC-22 (από περιβαλλοντικής άποψης), ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να διατηρούν τις ίδιες θερμοδυναμικές ιδιότητες. Περιβαλλοντικώς, τα ιδανικά υποκατάστατα, επομένως, θα πρέπει να έχουν μηδενικό ODP και χαμηλό GWP.

Η ομοιότητα των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών είναι σημαντική κατά την μετατροπή ψυκτών από ένα ψυκτικό μέσο σε άλλο, διότι η ψυκτική ικανότητα και η απόδοση μειώνονται δραστικά. Στην περίπτωση σχεδιασμού νέων ψυκτών, η ομοιότητα των θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών είναι λιγότερο σημαντική, διότι οι νέοι ψύκτες θα είναι ειδικά σχεδιασμένοι για τα χαρακτηριστικά του νέου ψυκτικού μέσου.

Αρκετά υποκατάστατα του R-22 έχουν αναγνωριστεί και από το Πρόγραμμα Αξιολόγησης Ψυκτικών Μέσων (AREP Alternative Refrigerant Evaluation Program). Αυτό το διεθνές πρόγραμμα, το οποίο υποστηρίζεται από όλη τη βιομηχανία, δημιουργήθηκε από σημαντικούς κατασκευαστές ψυκτικών υγρών και μηχανημάτων κλιματισμού, με σκοπό την ύπαρξη μια ευρείας βάσης αξιολόγησης των

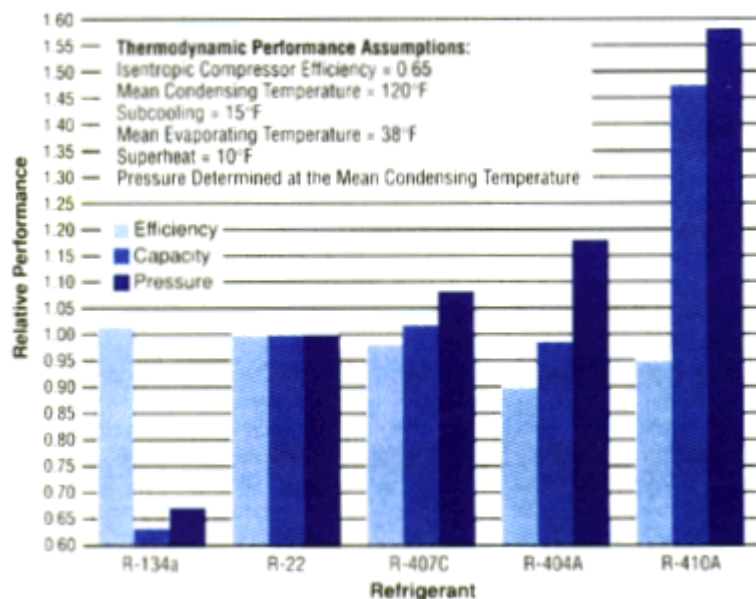
υποκατάστατων μέσων. Σήμερα υπάρχουν πέντε επικρατέστερες εναλλακτικές λύσεις: HCFC-123, HFC-407C, HFC-404A, HFC-134α και HFC-410A. Η YORK, συμμετέχουσα στο AREP, πιστεύει ότι υπάρχουν πλεονεκτήματα και στις πέντε προαναφερόμενες εναλλακτικές λύσεις.

Αξιολόγηση των Υποκατάστατων Ψυκτικών Υγρών του HCFC-22

Από τα προαναφερθέντα υποκατάστατα μόνο τα τέσσερα "οικολογικά" που είναι "HFC" δεν περιέχουν στα μόριά τους χλώριο και έτσι έχουν ODP ίσον με το μηδέν.

Όσο αφορά την ισχύ τους σε GWP, τα μεγέθη ποικίλουν. Όλα τα εναλλακτικά έχουν χαμηλό δείκτη τοξικότητας και δεν είναι εύφλεκτα, όπως ακριβώς και το HCFC-22. Πάντως οι ψυκτικές τους ικανότητες, οι αποδόσεις και οι πιέσεις λειτουργίας τους διαφέρουν, πράγμα που επηρεάζει τις εφαρμογές τους. Για να είναι πετυχημένη μία μετατροπή ενός παλιού ψύκτη ώστε να χρησιμοποιεί νέο ψυκτικό μέσο, αυτό θα πρέπει να έχει πίεση λειτουργίας, ψυκτική ικανότητα και απόδοση παρόμοιες με αυτές του HCFC-22. Αυτά τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά εγγυώνται για την ψυκτική ικανότητα και απόδοση του ψύκτη.

Πώς συγκρίνονται θερμοδυναμικώς τα υποψήφια εναλλακτικά ψυκτικά μέσα; Το Γράφημα 4.13 δείχνει την πίεση ψυκτική ικανότητα και απόδοση τους σε σχέση με το HCFC-22.



Γράφ. 4.13 Ψυκτική ικανότητα και απόδοση σε σχέση με το HCFC-22.

Επειδή ο σχεδιασμός ενός νέου ψύκτη γίνεται με γνώμονα τα χαρακτηριστικά του ψυκτικού μέσου, όλα τα πιο πάνω υποκατάστατα είναι υποψήφια για χρήση ειδικά στους νέους ψύκτες DX. Είναι προφανές ότι ο σχεδιασμός του νέου ψύκτη θα διαφέρει από τους ψύκτες που λειτουργούν με HCFC-22, άλλες φορές περισσότερο και άλλες φορές λιγότερο, ανάλογα τα χαρακτηριστικά του νέου ψυκτικού μέσου που θα επιλεγεί.

Ειδικότερα: Το HCFC-123 είναι ένα χαμηλής πίεσης ψυκτικό που χρησιμοποιείται σε ψύκτες φυγοκεντρικούς. Είναι ένα υψηλής απόδοσης ψυκτικό μέσο με ODP=0,02. Αυτό είναι καλό για κατόχους ψυκτών με CFC-11 διότι το HCFC-123 είναι το μόνο

εναλλακτικό μέσο για την μετατροπή αυτών των ψυκτών. Η YORK παρουσίασε πρώτη ψύκτη με HCFC-123 το 1989 και από τότε έχει κάνει πολλές μετατροπές σε ψύκτες από CFC-11 σε HCFC-123. Επιστημονικά στοιχεία αλλά και εργαστηριακές μετρήσεις δείχνουν πως το CFC-11 είναι ασφαλές και αποδοτικό ψυκτικό μέσο.

Το HFC-134A είναι μεσαίας πίεσης μέσο με τιμή ODP=0 και υψηλή απόδοση. Το HFC-134A είναι το πλέον κατάλληλο για μετατροπή ψύκτη με CFC-12 ή CFC-500. Το HCFC-134A μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ψύκτες θετικού εκτοπίσματος συμπιεστές, ειδικά στους υδρόψυκτους ψύκτες με flooded εξατμιστές. Το γεγονός ότι το HCFC-134A χρειάζεται κατά 35% περισσότερο όγκο στον συμπιεστή, ως αποτέλεσμα έχει να ελαττώνει την ψυκτική ικανότητα του ψύκτη όταν αυτό χρησιμοποιείται σαν υποκατάστατο του HCFC-22.

Το HFC-410A έχει ODP=0 και είναι ένα αποδεκτά εναλλακτικό μέσο του HCFC-22 σε νέους ψύκτες. Είναι υψηλής πίεσης ψυκτικό μέσο με 40% μεγαλύτερη πίεση από αυτή του HCFC-22

Σαν αποτέλεσμα, μπορεί να δώσει σημαντικά μεγαλύτερη ψυκτική ικανότητα με την προϋπόθεση ότι ο συμπιεστής είναι κατασκευασμένος να αντέχει σε μεγαλύτερη πίεση από αυτή. Υψηλότερη πίεση λειτουργίας σημαίνει επίσης ότι θα απαιτείται λιγότερο αέριο στο κύκλωμα του ψύκτη για να επιτευχθεί η ίδια ψυκτική ισχύς. Συνεπώς, σε σχέση με το HCFC-22, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μικρότεροι ή πιο αργόστροφοι συμπιεστές. Στους ψύκτες DX που χρησιμοποιούν HFC-404A, υπάρχει χαμηλότερη απόδοση και υψηλότερη πίεση λειτουργίας. Για να αντισταθμιστεί η χαμηλότερη αυτή απόδοση θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτεροι εναλλάκτες θερμότητας.

Το HFC-407C είναι ένα υψηλής πίεσης ψυκτικό μέσο παρόμοιας πίεσης με αυτή του HCFC-22 και έχει ODP=0. Το HFC-407C είναι το ιδεώδες εναλλακτικό μέσο του HCFC-22 στους ψύκτες DX αφού τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του είναι παρόμοια με αυτά του HCFC-22. Μια μοναδική ιδιότητα γνωστή ως "Temperature Glide Phenomenon" (Φαινόμενο Διαφοροποίησης της θερμοκρασίας Ατμοποίησης) κάνει το HCFC-407C ακόμη πιο ιδεώδες.

Φαινόμενο Διαφοροποίησης της Θερμοκρασίας Ατμοποίησης

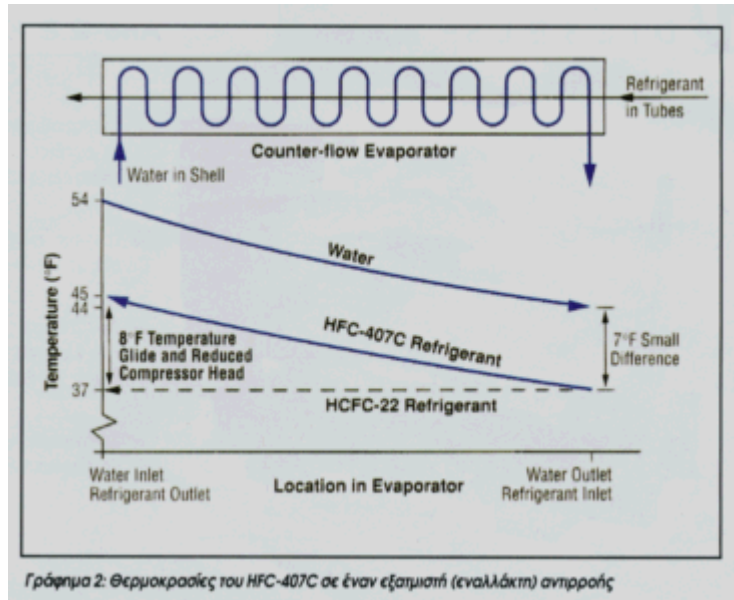
Τα HFC-407A, HFC-404A και HFC-410A είναι μείγματα άλλων ψυκτικών υγρών. Ειδικότερα: Το HFC-407C είναι ένα τριπλό μείγμα αποτελούμενο από HFC-32 (23%), HFC-125 (25%) και HFC-134a (52%). Το HFC-404A είναι επίσης ένα τριπλό μείγμα αποτελούμενο από HFC-125 (44%), HFC-143a (52%) και HFC-134a (4%). Το HFC-410A είναι ένα διπλό μείγμα αποτελούμενο από HFC-32 (50%) και HFC-125 (50%).

Όλα αυτά τα εναλλακτικά μέσα είναι "ζεοτροπικά" μείγματα, πράγμα που σημαίνει ότι το τελικό μείγμα δεν αντιδρά σαν μια ουσία. Σε μια δεδομένη πίεση, τα συστατικά εξατμίζονται και συμπυκνώνονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και όχι στην ίδια. Η έκφραση "Temperature Glide Phenomenon" περιγράφει αυτό ακριβώς το φαινόμενο.

Τα ψυκτικά υγρά HFC-404A και HFC-410A έχουν "διαφοροποίηση" περίπου 0,6 °C ή λιγότερο. Αυτή η τιμή είναι τόσο μικρή που μπορούμε να παραβλέψουμε την επίδρασή της. Όμως το HFC-407C παρουσιάζει "διαφοροποίηση" ίση με 4,9 °C. Το φαινόμενο Temperature Glide, αν κατανοηθεί πλήρως, θα έχει τεράστια σημασία για τους κατασκευαστές καθώς και για τους αγοραστές των ψυκτών, ως μέσον βελτίωσης της απόδοσης του ψύκτη. Αρχικά το φαινόμενο Temperature Glide μοιάζει να είναι μια ανεπιθύμητη παρενέργεια σε ένα υποκατάστατο του HCFC-22. Μια όμως βαθύτερη εξέταση αποκαλύπτει ότι το Temperature Glide φαινόμενο του HFC-407C παρέχει ένα

πολλά υποσχόμενο πλεονέκτημα, την τεράστια δηλαδή βελτίωση στην απόδοση του ψύκτη.

Αν ο εξατμιστής του ψύκτη DX είναι εναλλάκτης αντιροής, τότε το ψυχρό νερό και το ψυκτικό υγρό εισέρχονται σε αυτόν από αντίθετες πλευρές, όπως φαίνεται στο γράφημα 4.14.



Γραφ. 4.14 Ροή ψυκτικού υγρού.

Με αυτόν τον σχεδιασμό, η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού υγρού θα είναι 45 °F (7,2 °C) αφού το ψυκτικό μέσο είναι ζεοτροπικό μείγμα και η θερμοκρασία ατμοποίησης μεταβάλλεται από συστατικό σε συστατικό. Συγκρίνετε αυτή την θερμοκρασία με ένα ψύκτη HCFC-22 που χρησιμοποιεί τον ίδιο εναλλάκτη. Η θερμοκρασία εξόδου του ψυκτικού υγρού θα ήταν 37 °F (2,8 °C)), αφού το μέσο είναι ομογενής ουσία και η θερμοκρασία ατμοποίησης σταθερή. Η υψηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης σταθερή. Η υψηλότερη θερμοκρασία εξόδου σημαίνει ότι ο συμπιεστής εργάζεται λιγότερο για να ανεβάσει το ψυκτικό μέσο στην θερμοκρασία συμπύκνωσης ύστερα από την έξοδο του από τον εξατμιστή. Λιγότερη εργασία του συμπιεστή προφανώς σημαίνει μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Χάρη στο φαινόμενο Temperature Glide, το HFC-407C υπόσχεται να είναι ένα εξαιρετικό υποκατάστατο του HCFC-22, όχι μόνο από πλευράς O.D.P. και G.W.P. αλλά και λόγω απόδοσης (efficiency).

Original	Αντικαταστάτης
R-11	R-123
R-12	R-134a R-409A
R-502	AZ-50 R-404A HP80 (R-402A)
R-22	AZ-20 AZ-50 R-407C
R-13B1	AZ-20

Εκ. 4.15



Εκ. 4.16

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΨΥΚΤΙΚΑ

Προϊόν	Εφαρμογές	Αντικαθιστά
AZ-50 (R-507)	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας ψυκτικά μέσα	R-502, R-22, R-12, R-22, R-502
404A	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας	R-502, R-22, R-12
402A (HP80)	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας - Retrofits	R-502
AZ-20 (R410A)	Κλιματιστικά & αντλίες θέρμανσης, μέσης θερμοκρασίας ψύξης	R-22
407C	Κλιματιστικά	R-22
134A	Μέσης θερμοκρασίας, κλιματιστικά αυτοκινήτων, Κλιματιστικά ψυκτικοί θάλαμοι.	R-12, R-22, R-12 R-12, R-22 R-12
401A (MP39)	Μέσης θερμοκρασίας - Retrofits	R-12
401B (MP66)	Χαμηλής θερμοκρασίας - Retrofits	R-12
409A	Retrofits Ψύξης	R-12
123	Centrifugalchillers	R-11
124	SpecialtyChillers	R-11
23	Χαμηλής θερμοκρασίας ψύξη	R-13, R-503

Εικ. 4.17 Ψυκτικά υγρά.

4.4 Εκτονωτική διάταξη.

Η εκτονωτική διάταξη ή εκτονωτική βαλβίδα είναι ένας μηχανισμός ελέγχου της ροής του ψυκτικού υγρού από την υψηλή προς τη χαμηλή πλευρά. Ελέγχει την παροχή του ψυκτικού υγρού από το συμπυκνωτή προς τον εξατμιστή.

Τις εκτονωτικές βαλβίδες τις βρίσκουμε σε πολλές μορφές, ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης και τις ανάγκες σε ψυκτικά φορτία που έχουμε να καλύψουμε.

Η απλούστερη μορφή βαλβίδας εκτόνωσης είναι ο τριχοειδής σωλήνας που τον συναντάμε κυρίως στην οικιακή ψύξη και στα οικιακά κλιματιστικά (split, room κ.ά.) Είναι ένας χάλκινος σωλήνας μικρής διαμέτρου από 0,4mm-1,4mm που στραγγαλίζει το ψυκτικό υγρό κατά μήκος της διαδρομής του ανάλογα με τη διάμετρο, δημιουργώντας του έτσι μία πτώση πίεσης και θερμοκρασίας .

Όσο αυξάνουμε τη διάμετρο ή μειώνουμε το μήκος, το ψυκτικό μέσο θα περάσει θερμότερο προς τον εξατμιστή, και συνεπώς θα ανέβει η πίεση και η θερμοκρασία του και άρα ο στραγγαλισμός του ψυκτικού ρευστού θα μειωθεί. Σε περίπτωση μείωσης της διαμέτρου ή αύξησης του μήκους, θα έχουμε αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή μεγαλύτερο στραγγαλισμό άρα μεγαλύτερη πτώση πίεσης και θερμοκρασίας.

Στη είσοδο της εκτονωτικής διάταξης το ψυκτικό μέσο είναι σε μορφή υπόψυκτου υγρού υψηλής πίεσης. Όσο πιο μεγάλη είναι η υπόψυξη τόσο μεγαλώνει και η ποσότητα υγρού που περνά από την εκτονωτική προς τον εξατμιστή. Δηλαδή όσο πιο κρύο, πιο υγροποιημένο περάσει το ψυκτικό ρευστό μέσα στο στραγγαλιστικό τόσο περισσότερο θα αυξηθεί το καθαρό ψυκτικό αποτέλεσμα Κ.Ψ.Α.

Ποιος είναι όμως ο λόγος που ενώ το ψυκτικό υγρό έρχεται στη είσοδο της βαλβίδας σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία (περίπου 45C) βγαίνει από αυτό σε θερμοκρασία πολύ κάτω από το 00C, ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης και το εκτονωτικό;

Όταν μπροστά σε ένα λάστιχο ποτίσματος, βάλουμε το χέρι μας, μειώνοντας τη διατομή της τρύπας, μία ποσότητα νερού θα ατμοποιηθεί, με αποτέλεσμα να κρυστάλλει και το υπόλοιπο νερό. (το μίγμα θα είναι 75% νερό και 25% ατμός - flash gas).

Κατά το στραγγαλισμό, το υγρό ψύχεται λόγω της πτώσης πίεσης, και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η θερμότητα που αφαιρείται από αυτό να προσδίδεται σε μία ποσότητα υγρού και αυτό να ατμοποιείται

Πρέπει όμως να υπάρχει πάντοτε ισορροπία μεταξύ του εκτονωτικού και της ικανότητας του συμπιεστή. Δηλαδή η παροχή του ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή δεν πρέπει να ξεπερνά την ικανότητα του συμπιεστή να αναρροφήσει. Ούτε βέβαια να συμβεί το αντίθετο, δηλαδή το στραγγαλιστικό να παρέχει μικρότερη ποσότητα ψυκτικού υγρού προς τον εξατμιστή, η ικανότητα του συμπιεστή να είναι μεγαλύτερη και ο εξατμιστής να αδειάζει γρήγορα. Σε αυτή τη περίπτωση το ψυκτικό θα συσσωρεύεται στο συμπυκνωτή με αποτέλεσμα τη αύξηση των πιέσεων κατάθλιψης.

Οι κατασκευαστές ψυκτικών μηχανημάτων μελετούν αυτή την ισορροπία και καθορίζουν την ικανότητα του συμπιεστή σύμφωνα με την παροχή του ψυκτικού υγρού από το στραγγαλιστικό στον εξατμιστή. Αυτό γίνεται με γνώμονα την ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή και του χώρου στον οποίο βρίσκεται (θάλαμος ψύξης) καθώς και την ικανότητα του συμπυκνωτή να αποβάλλει την απορροφούμενη θερμότητα από το θάλαμο και τον κινητήρα προς το περιβάλλον.

Ανάλογα με το μέγεθος και τη χρήση των ψυκτικών μονάδων (οικιακές, επαγγελματικές και μονάδες κλιματισμού) χρησιμοποιούνται και διαφορετικά είδη εκτονωτικών βαλβίδων. Αυτές ποικίλουν ανάλογα με την εκτονωτική τους ικανότητα και την ποσότητα ψυκτικού υγρού που έχουν τη δυνατότητα να εκτονώνουν (χρήση και λειτουργία αναφέρεται εκτενέστερα στα επαγγελματικά ψυγεία).

4.4.1 Εκτονωτικές Διατάξεις (Στραγγαλιστικές Βαλβίδες).

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

1. Να ελέγχει τη 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

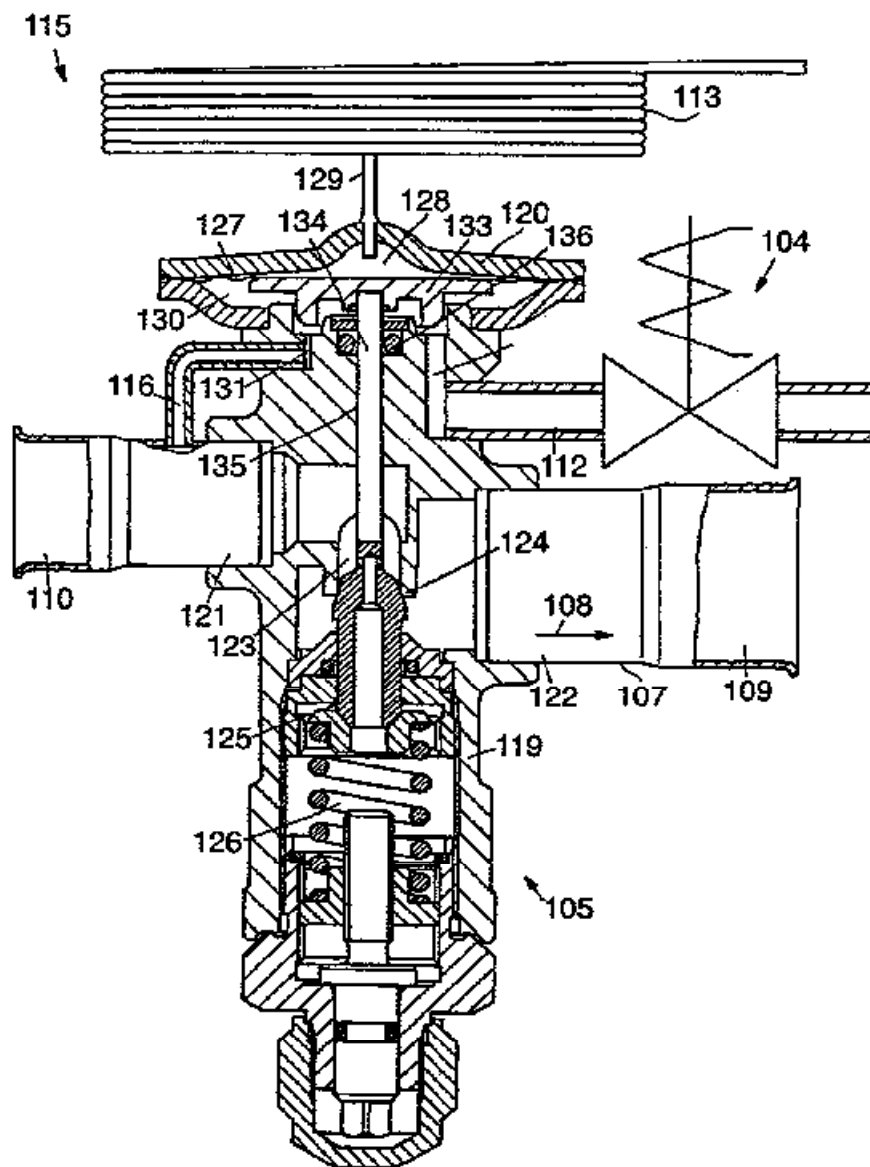
Οι διάφορες εκτονωτικές διατάξεις λειτουργούν κατά διαφορετικό και καλύπτουν ειδικές απαιτήσεις η κάθε μία. Τα κυριότερα είδη των εκτονωτικών διατάξεων είναι:

- Χειροκίνητη εκτονωτική διάταξη.
- Ο τριχοειδής σωλήνας. Είναι η απλούστερη στραγγαλιστική διάταξη. Κατασκευάζεται συνήθως από χαλκοσωλήνα με εσωτερική διάμετρο 0,4 ως 2mm, μήκος μέχρι και πλέον των 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.



Εικ. 4.18 Στραγγαλιστική διάταξη τύπου τριχοειδή σωλήνα.

- Η πιεζοστατική εκτονωτική (στραγγαλιστική) διάταξη. Σκοπός αυτής της διάταξης είναι η ρύθμιση της απαραίτητης ποσότητας ψυκτικού που οδηγείται στον ατμοποιητή και η οποία πρέπει να είναι ανάλογη των εκάστοτε απαιτήσεων σε ψύξη (φορτίο) , εφόσον προκαλεί την απαραίτητη εκτόνωση στο μέσο, στα επίπεδα της πίεσης και θερμοκρασίας ατμοποίησης. Αποτελείται από:
 - Κυρίως σώμα
 - Διάφραγμα ή πτυσσόμενος ασκός
 - Ρυθμιστικό ελατήριο και κοχλίας ρύθμισης
 - Βελόνη με την έδρα της
 - Στόμιο εισόδου και εξόδου
 - Φίλτρο συγκράτησης σωματιδίων και
 - Στυπιοθλίπτης.



Εικ.4.19.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. Το βασικό χαρακτηριστικό 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 στον ψυκτικό θάλαμο διατηρείται σταθερή χωρίς τη χρήση θερμοστάτη. Η διάταξη αυτή λειτουργεί λαμβάνοντας υπόψη την θερμοκρασία του ατμοποιητή και όχι την πίεσή του. Αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Κυρίως σώμα
- Διάφραγμα (φουσητήρας) - Βελόνη με την έδρα της
- Ελατήριο υπερθέρμανσης και ρυθμιστικός κοχλίας
- Αισθητήριο θερμοκρασίας (βολβός).

4.4.2 Εκτονωτική Βαλβίδα Επίπλευσης Χαμηλής Πλευράς.

Η εκτονωτική βαλβίδα επίπλευσης χαμηλής σκοπό έχει να διατηρεί μία σταθερή στάθμη ψυκτικού εντός του εξατμιστή όπου και είναι τοποθετημένη. Αποτελείται από ένα μεταλλικό πλωτήρα (χάλκινο) ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το μοχλικό σύστημα κινήσεως της βελόνας η οποία κινείται αντίθετα προς τον πλωτήρα. Έτσι όσο λειτουργεί ο συμπιεστής και απορροφά τους ψυκτικούς ατμούς από το στοιχείο και η στάθμη του υγρού κατέρχεται, τόσο ο πλωτήρας κατέρχεται για να ανέλθει η βελόνα και να επιτρέψει την είσοδο νέας ποσότητας ψυκτικού διατηρώντας έτσι τη στάθμη του υγρού εντός του στοιχείου σταθερή. Η βαλβίδα επίπλευσης χαμηλής χρησιμοποιήθηκε παλιότερα στα οικιακά ψυγεία, σήμερα δεν χρησιμοποιείται.

4.4.3 Εκτονωτική Βαλβίδα Επίπλευσης Υψηλής Πλευράς.

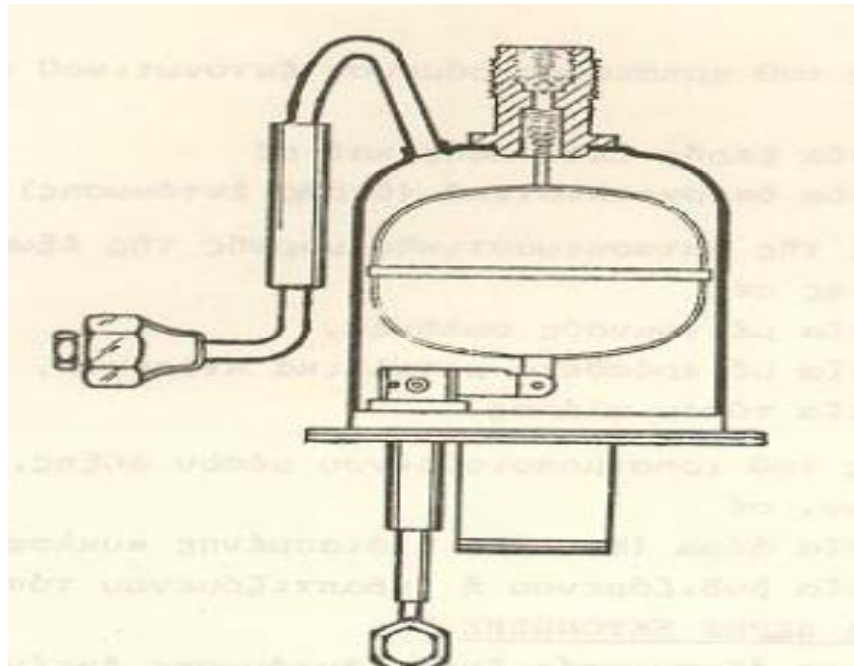
Η κατασκευή της βαλβίδας αυτού του τύπου είναι σχεδόν όμοια, με την βαλβίδα επίπλευσης χαμηλής πλευράς. Η διαφορά είναι στη θέση όπου είναι τοποθετημένη και στο αντίστροφο της κίνησης πλωτήρα και βελόνας βαλβίδας.

Κατά τη διακοπή λειτουργίας του συμπιεστή η στάθμη του υγρού κατέρχεται και η βαλβίδα κλείνει.

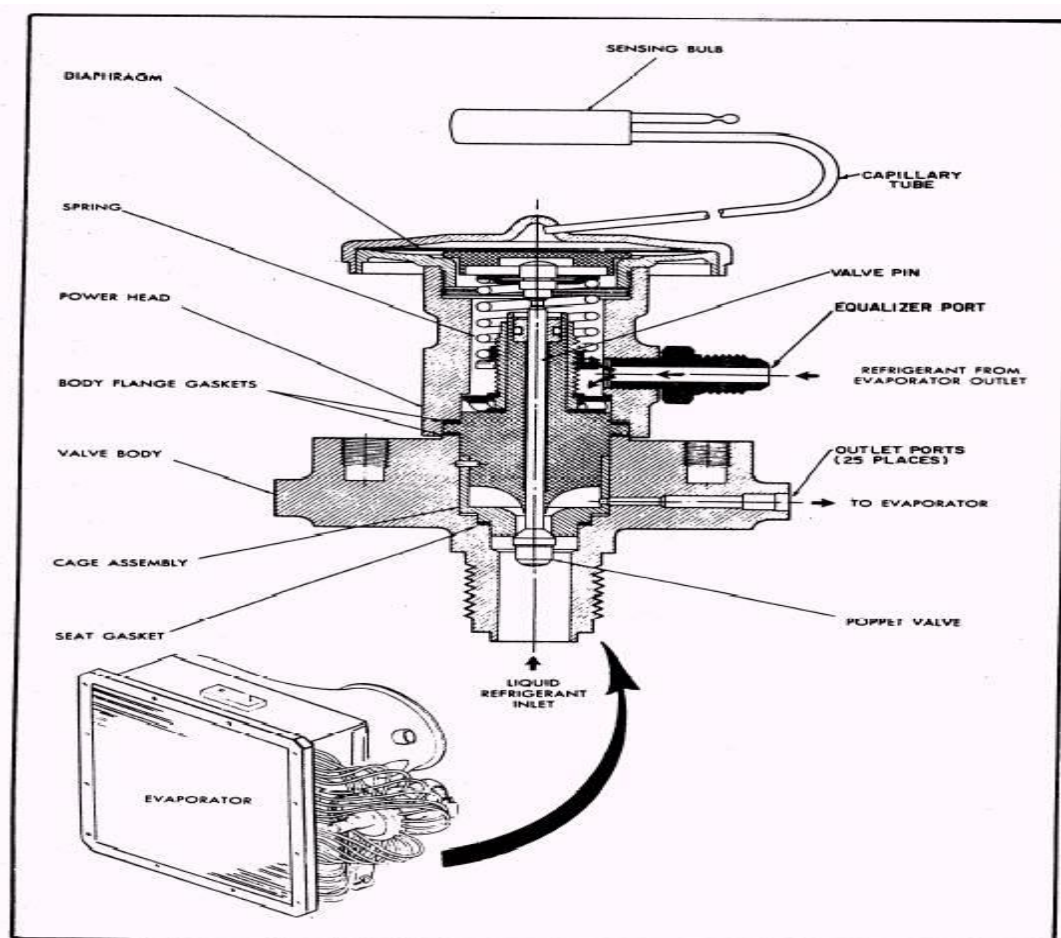
Η βαλβίδα αυτή χρησιμοποιήθηκε σε ψυκτικές εγκαταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

Η φόρτιση της μονάδας με ψυκτικό είναι κρίσιμη, διότι όταν πληρωθεί με μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης ποσότητας υγρού, τότε θα υπερχειλίσει το στοιχείο και με αυτό τον τρόπο θα μειωθεί η ψυκτική ικανότητα του εξατμιστή.

Τέλος τόσο η βαλβίδα με πλωτήρα στη χαμηλή, όσο και στη υψηλή χρησιμοποιούνται στις μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις αμμωνίας.



Εικ. 4.20 Εκτονωτική βαλβίδα επίπλευσης υψηλής πλευράς



Εικ. 4.21 Τομή εκτονωτικής βαλβίδας.

4.5 Εναλλάκτης θερμότητας.

4.5.1 Γενικά.

Η απαίτηση παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, οδήγησε στην κατασκευή απλών ή πολύπλοκων συσκευών.

Σχεδόν όλες οι ιδέες, βασίζονται σήμερα στην εναλλαγή θερμότητας. Κάποιο θερμοαντικό μέσο δηλαδή, μεταδίδει θερμότητα μέσω εναλλάκτη, στο νερό που θα χρησιμοποιήσουμε.

Εναλλάκτης είναι η συσκευή ή το εξάρτημα που μεταδίδει την θερμοκρασία, από μια πηγή ενέργειας στο νερό χρήσης.

Πρωτεύον ονομάζουμε το μέσον (νερό, λάδια, ατμός, ηλεκτρική ενέργεια, αέρας κλπ), το οποίο κυκλοφορεί μέσα σε ένα κλειστό κύκλωμα, θερμαίνεται από μια πηγή θερμότητας (καυστήρας, ήλιος, ηλεκτρικό ρεύμα) και μεταδίδει την θερμότητα αυτή μέσω ενός εναλλάκτη, στο δευτερεύον μέσο (νερό, λάδια, διάφορα υγρά κλπ).

Είδη εναλλακτών

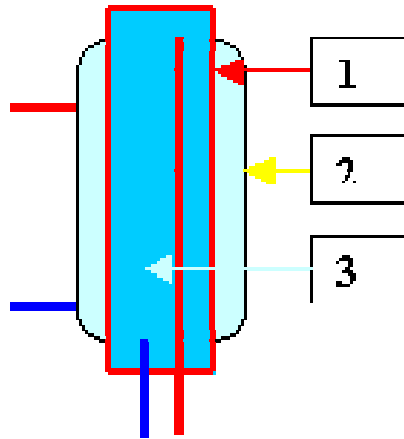
- Εναλάκτες συστήματος Tank in Tank
- Πλακοειδής εναλλάκτες
- Λέβητες και εναλλάκτες σε ένα συγκρότημα
- Εναλλάκτες σωληνοειδή τύπου
- Εναλλάκτης ρεύματος
- Στιγμιαίοι παρασκευαστές

4.5.2 Εναλλάκτες συστήματος tankintank(μπόιλερ).

Περιγραφή

Τους εναλλάκτες αυτούς, στην Ελληνική αγορά τους ονομάζουμε Μπόιλερ. Η κατασκευή τους είναι απλή. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους είναι πολλά. Συνήθως χρησιμοποιούνται απλός ή ανοξείδωτος ή ειδικά επεξεργασμένος χάλυβας.

Τα μπόιλερ αποτελούνται από δύο δοχεία, τα οποία βρίσκονται το ένα μέσα στο άλλο. Στο κενό που υπάρχει ανάμεσα τους κυκλοφορεί το πρωτεύον μέσο (συνήθως νερό), το οποίο θερμαίνεται από μία πηγή θερμότητας (λέβητας, ηλιακοί συλλέκτες κλπ). Σχέδιο 1 Το εσωτερικό δοχείο είναι ο εναλλάκτης, το οποίο θερμαίνεται από το πρωτεύον μέσο και μεταδίδει την θερμότητα αυτή στο δευτερεύον μέσο (νερό χρήσης). Τα δύο υγρά δεν έρχονται φυσικά σε επαφή μεταξύ τους. Το όλο σύστημα προστατεύεται εξωτερικά με ισχυρά θερμομονωτικά μέσα.



1. Εναλλάκτης (εσωτερικό δοχείο)
2. Εξωτερικός μανδύας(εξωτερικό δοχείο και πρωτεύον μέσο)
3. Νερό χρήσης (δευτερεύον μέσο)

4.5.3 Πλακοειδής εναλλάκτης.

Περιγραφή

Οι πλακοειδής εναλλάκτες, αποτελούνται από ένα σύνολο ανοξείδωτων πλακών, ενωμένων και συγκολλημένων μεταξύ τους ή στερεωμένων με ειδικούς συνδέσμους.

Οι πλάκες αυτές είναι κυματοειδής, για να προκαλείται στροβιλισμός, προς μεταφορά θερμότητας.

Το όλο σύστημα δημιουργεί δύο ανεξάρτητα κανάλια, που περιέχουν δύο διαφορετικά υγρά με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτά να ρέουν χωρίς να αναμειγνύονται.

Στο κάτω και στο πάνω μέρος του όλου συστήματος, υπάρχουν τέσσερις στο σύνολο θέσεις σύνδεσης. Οι δύο από αυτές, συνδέονται με το μέσο που θερμαίνει το υγρό (π.χ. λέβητας) και μεταφέρουν το υγρό από αυτό μέσα στα κανάλια. Οι άλλες δύο μεταφέρουν π.χ. το νερό χρήσης, μέσω των καναλιών που υπάρχουν στο ενδιάμεσο των προηγούμενων. Οι τέσσερις αυτές παροχές, συνήθως βρίσκονται στην μία πλευρά του εναλλάκτη και η ροή των δύο υγρών είναι αντίθετη.



Εικ. 4.21 Πλακοειδής εναλλάκτης.

4.5.4 Λέβητες και εναλλάκτες σε ένα συγκρότημα.

Περιγραφή

Υπάρχουν δύο είδη τέτοιων εναλλακτών,

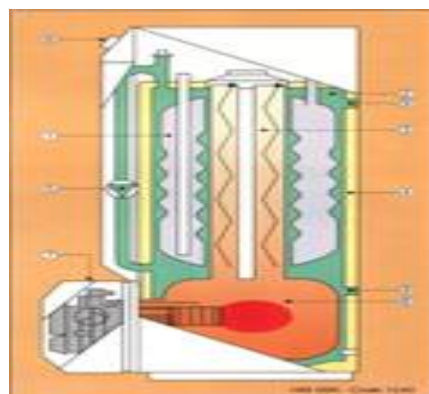
Μέσα στο κλειστό κύκλωμα του λέβητα διέρχεται ένας σωλήνας ο οποίος είναι ο εναλλάκτης. Μέσα από τον σωλήνα αυτόν, ο οποίος θερμαίνεται από το νερό του κλειστού κυκλώματος του λέβητα, διέρχεται το νερό χρήσης από το δίκτυο πόλης, προς τις παροχές κατανάλωσης.

Στην πορεία του το νερό μέσα από τον σωλήνα αυτό θερμαίνεται, απορροφώντας θερμότητα από αυτόν.



Εικ. 4.22 Λέβητας και εναλλάκτης σε ένα συγκρότημα.

Συγκρότημα λέβητα μέσα στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένο κυλινδρικό δοχείο (εναλλάκτης), ανάλογης χωρητικότητας νερού. Έτσι ένα ουδέτερο υγρό (το νερό του κλειστού κυκλώματος), εμποδίζει την άμεση επαφή της φλόγας του καυστήρα με τον εναλλάκτη. Το ουδέτερο αυτό υγρό χρησιμοποιείται και στο κύκλωμα θέρμανσης χώρων.



Εικ. 4.23 Λέβητας και εναλλάκτης σε ένα συγκρότημα.
Το πράσινο είναι το ουδέτερο υγρό του κλειστού κυκλώματος.

4.5.5 Εναλλάκτης σωληνοειδούς τύπου.

Είναι ένας σωλήνας, μέσα από τον οποίον διέρχεται το πρωτεύον υγρό ενός κλειστού κυκλώματος (π.χ. νερό λέβητα)



Εικ. 4.25 Εναλλάκτης σωληνοειδούς τύπου.

Ο σωλήνας αυτός λούζεται από το δευτερεύον υγρό (π.χ. νερό χρήσης). Το όλο σύστημα περικλείεται από ένα δοχείο. Ο σωλήνας αυτός ζεσταίνεται από το νερό του λέβητα (πρωτεύον μέσο), που διέρχεται μέσα από αυτόν και μεταδίδει την θερμότητά του στο νερό χρήσης, μέσα στο οποίο είναι εμβαπτισμένος. Είναι δηλαδή, σαν μια ηλεκτρική αντίσταση, η οποία είναι βυθισμένη μέσα στο νερό χρήσης, (το οποίο και θερμαίνει) εναλλάσσοντας την θερμότητα που αποκτά από το πρωτεύον μέσο.

4.5.6 Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας.

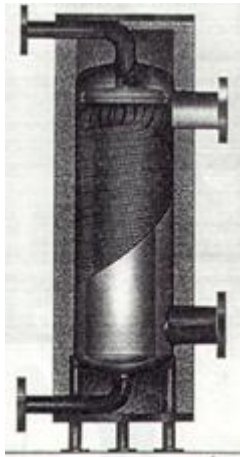
Ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας λειτουργεί, όπως και ο εναλλάκτης σωληνοειδούς τύπου, με την διαφορά ότι σαν εναλλάκτη χρησιμοποιεί την ηλεκτρική αντίσταση και σαν πρωτεύον μέσο (για θέρμανση της αντίστασης), το ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικ. 4.26 Στον ηλεκτρικό αυτό θερμοσίφωνα διακρίνεται η αντίσταση (εναλλάκτης) που είναι βυθισμένη μέσα στο δευτερεύον υγρό(νερό χρήσης).

4.5.7 Στιγμαίοι παρασκευαστές.

Ένα ορισμένο μήκος και ένας ορισμένος αριθμός σωλήνων, βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα σε ένα δοχείο. Το σύνολο αυτών των σωλήνων το ονομάζουμε σαρμπαντίνα. Το νερό χρήσης διέρχεται μέσα από τους σωλήνες. Το καινό που δημιουργείται μεταξύ του εξωτερικού περιβλήματος του δοχείου και της σαρμπαντίνας, είναι γεμάτο με το πρωτεύον υγρό, το οποίο θερμαίνεται π.χ. από τον λέβητα. Το πρωτεύον υγρό μεταδίδει την θερμότητά του στην σαρμπαντίνα (εναλλάκτης), η οποία με την σειρά της, μεταδίδει την θερμότητα αυτή στο δευτερεύον υγρό (νερό χρήσης), που διέρχεται μέσα από αυτήν. Στους στιγμαίους δηλαδή παρασκευαστές, συμβαίνει το αντίθετο από ότι στους εναλλάκτες σωληνοειδούς τύπου.



Εικ4.27 Στιγμαίος παρασκευαστής.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Τεχνική μελέτη αντλίας θερμότητας Αέρος – Νερού.

5.1 Πλεονεκτήματα συστημάτων πολλαπλών λειτουργιών.

- Σύστημα φιλικό προς το περιβάλλον χάρη στους εξαιρετικούς βαθμούς απόδοσης COP και EER
- Μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων
- Κανένας κίνδυνος από εκρήξεις, φωτιά ή αναθυμιάσεις από τη χρήση ορυκτών καυσίμων
- Πλήρης έλεγχος & προγραμματισμός με την απευθείας εποπτεία του συστήματος
- Χαμηλό κόστος συντήρησης
- Εξαιρετικά χαμηλή στάθμη θορύβου
- Όχι τοπικές εκπομπές CO₂ και μολυσματικών σωματιδίων
- Μεγάλη διαθεσιμότητα ενέργειας απορροφούμενη με πολλούς τρόπους από το περιβάλλον



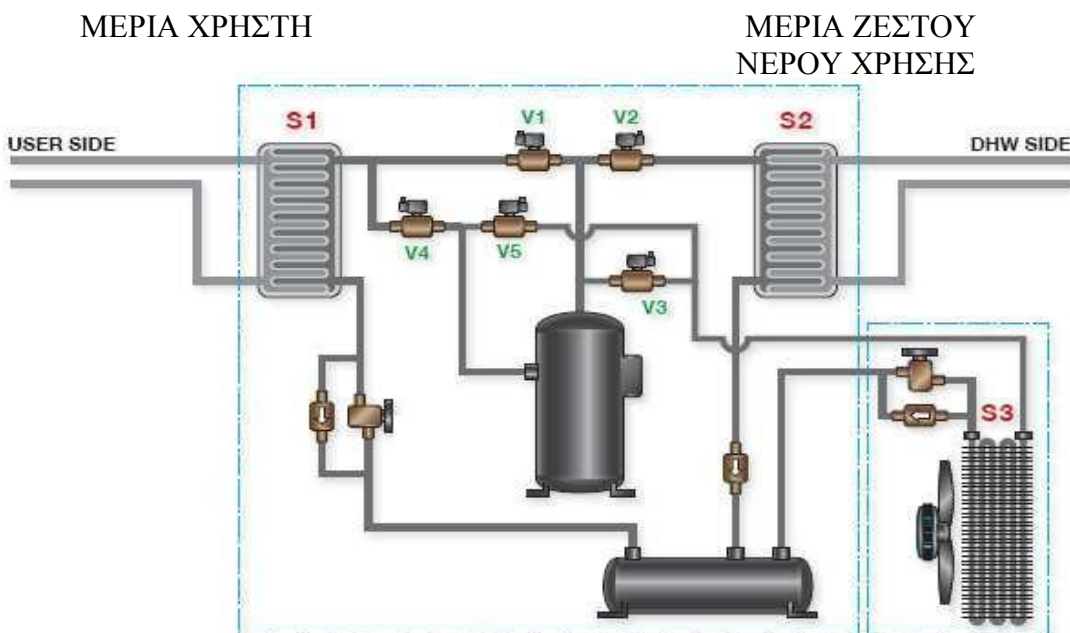
Εικ.5.1 Αντλίες θερμότητας αέρος – νερού.

5.2 Οι κύριες λειτουργίες της μονάδας πολλαπλών λειτουργιών.

Από εδώ και στο εξής, θα χρησιμοποιούμε τον όρο "πολλαπλών λειτουργιών" με την σωστή έννοια. Σε αυτήν την περίπτωση η μονάδα με δυνατότητα ολικής ανάκτησης κατά την διάρκεια της λειτουργίας θέρους (όχι περιστασιακή αναστροφή κύκλου για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, με αποτέλεσμα την αναπόφευκτη απώλεια άνεσης και ενέργειας), αποκαλείται "4σωλήνια" μονάδα γιατί συνδέεται υδραυλικά σε δύο ξεχωριστά συστήματα. Το πρώτο είναι το σύστημα της ψύξης/θέρμανσης για το κτίριο και το δεύτερο είναι για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Παρακάτω θα αναλύσουμε τους 5 διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας μιας μονάδας πολλαπλών λειτουργιών:

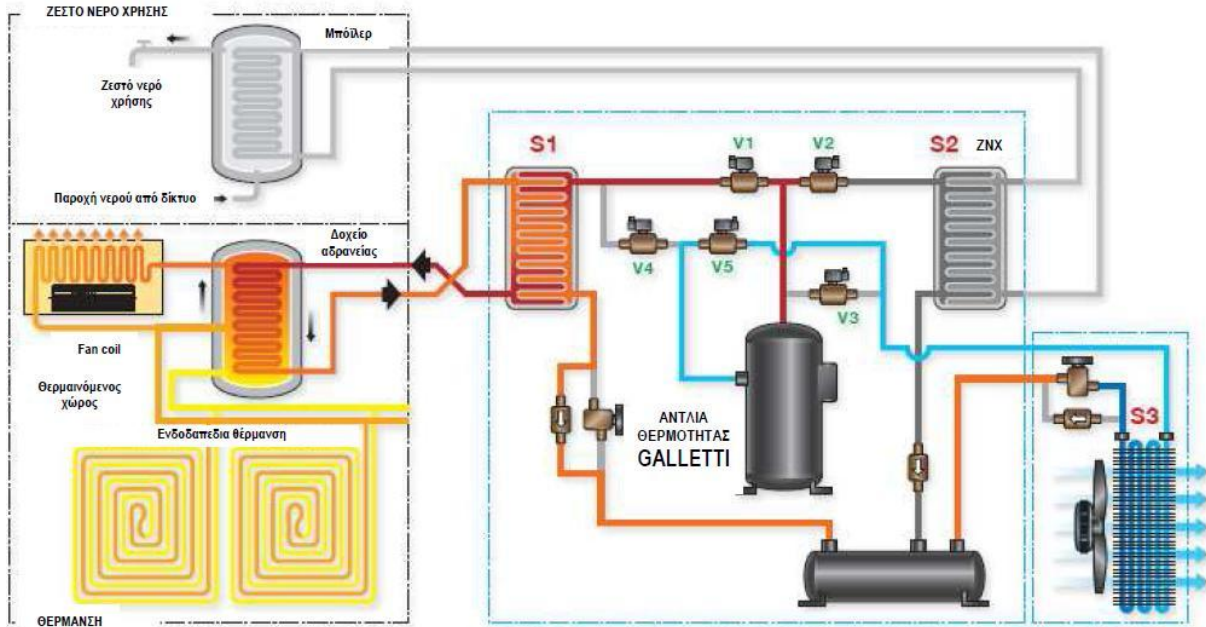
1. Περίοδος θέρους: Παραγωγή κρύου νερού σαν παραδοσιακός ψύκτης (εξατμιστής Freon-νερού στην "μεριά του χρήστη" και ο αερόψυκτος συμπυκνωτής στη "μεριά του στοιχείου")
2. Περίοδος θέρους: Παραγωγή κρύου νερού με πλήρη ανάκτηση της θερμότητας συμπύκνωσης (ολική συμπύκνωση με νερό για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης(ZNX))
3. Περίοδος χειμώνα: Παραγωγή ζεστού νερού για θέρμανση σαν μια παραδοσιακή αντλία θερμότητας H.P (ο αερόψυκτος εξατμιστής στη 'μεριά του στοιχείου' και ο υδρόψυκτος συμπυκνωτής στη 'μεριά του χρήστη')
4. Περίοδος χειμώνα: Παραγωγή ZNX, προσωρινά σταματάει την παραγωγή του νερού για θέρμανση (δίνοντας προτεραιότητα στο ZNX). Με αλλά λόγια, αερόψυκτη εξάτμιση στη "μεριά του στοιχείου" και υδρόψυκτη συμπύκνωση στη "μεριά του χρήστη"
5. Μέση περίοδος: παραγωγή μόνο ζεστού νερού χρήσης ZNX (καλοκαίρι ή χειμώνα) με εξάτμιση από το στοιχείο.



Εικ.5.2 Στο διάγραμμα απεικονίζεται η αρχή λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος σε μία μονάδα πολλαπλών λειτουργιών.

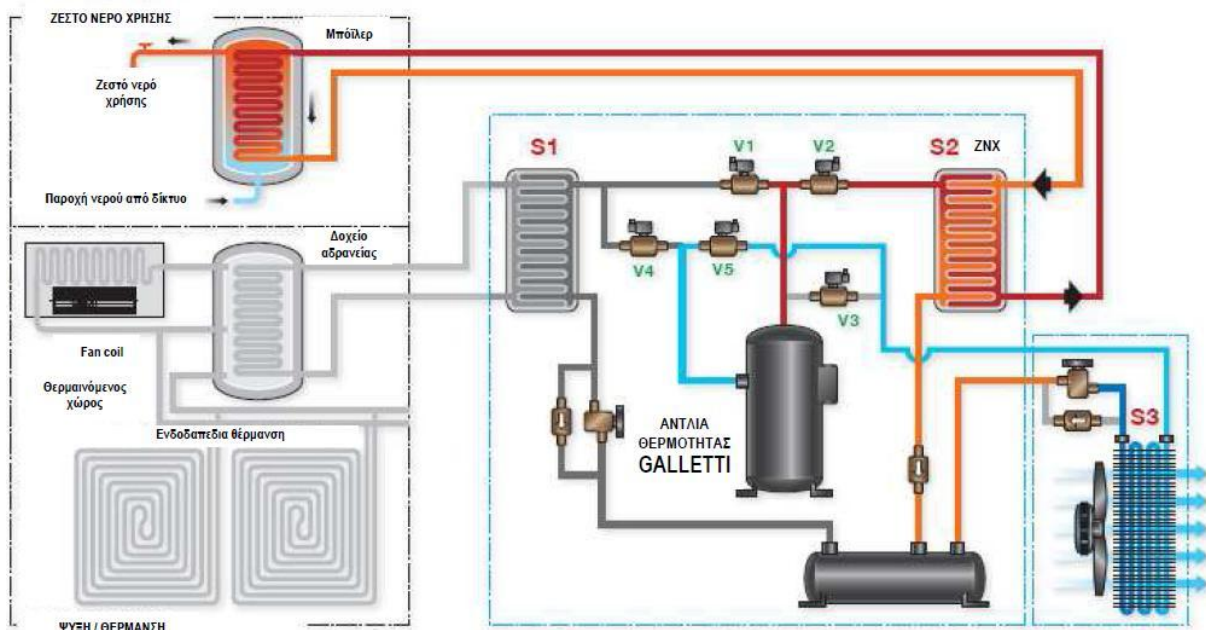
Η διαδρομή του ψυκτικού ρευστού για τις κύριες λειτουργίες της μονάδας ελέγχεται από τις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, όπως εμφανίζονται στα σχέδια, οι οποίες ανοίγουν και κλείνουν σύμφωνα με την επιλεγείσα λειτουργία.

Περίοδος Χειμώνα



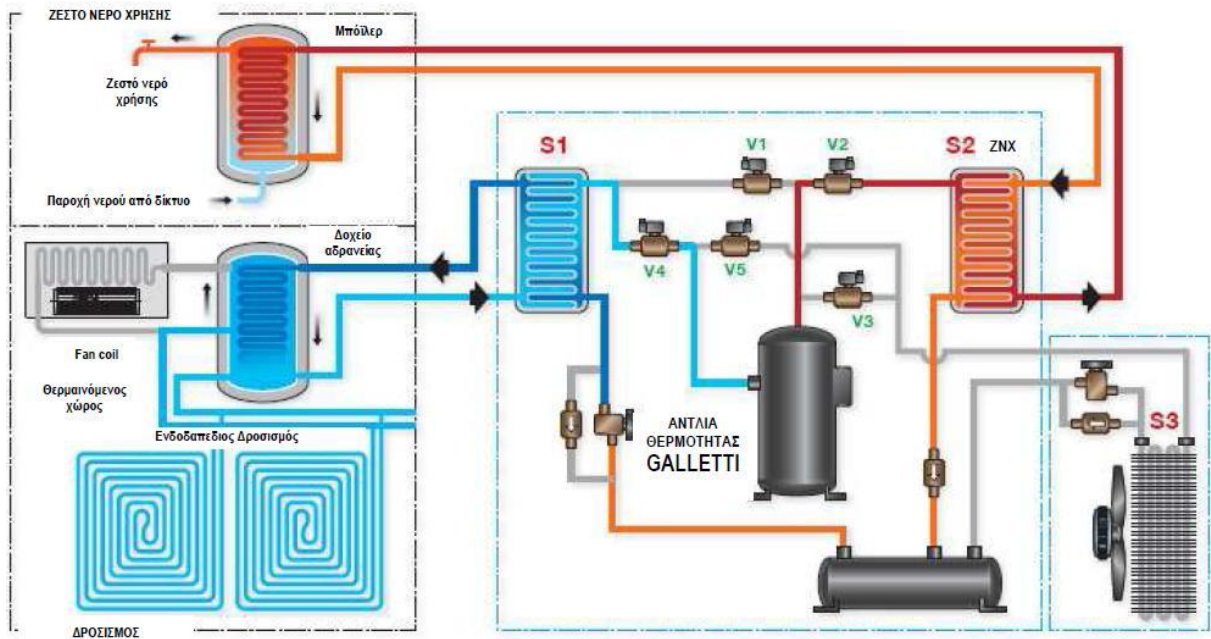
Εικ.5.3 Περίοδος χειμώνα.

Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης / Μεσαία περίοδος



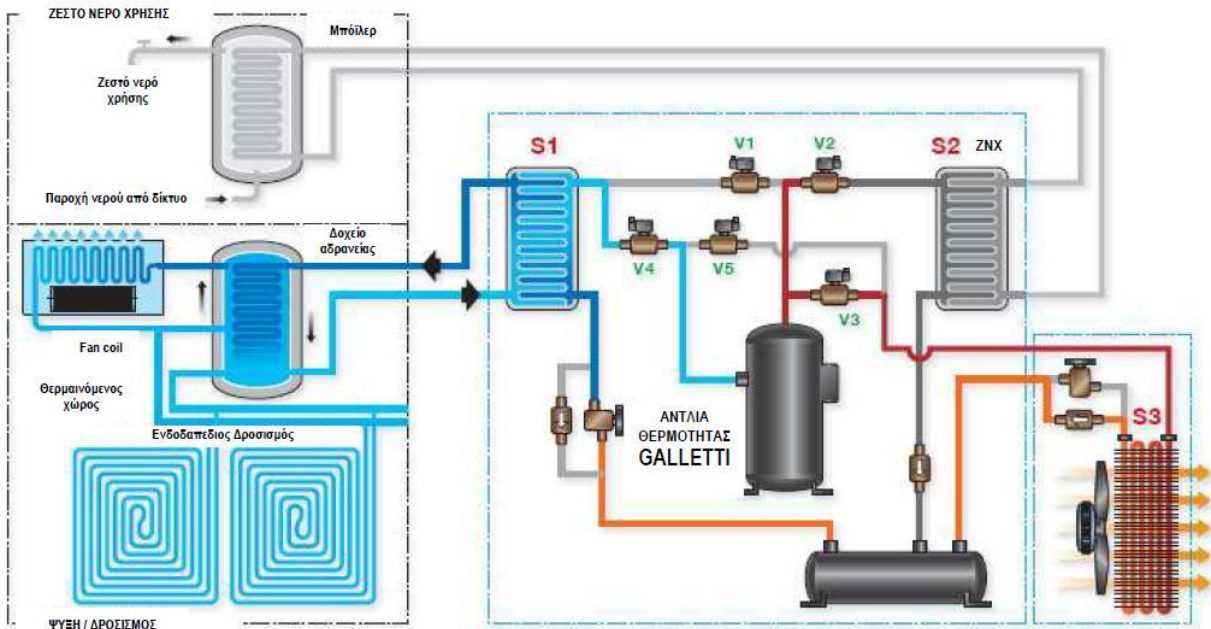
Εικ.5.4 Παραγωγή ζεστού νερού χρήσης – μεσαία περίοδος.

Περίοδος θέρους (ολική ανάκτηση θερμότητας)



Εικ 5.5 Περίοδος θέρους (ολική ανάκτηση θερμότητας).

Περίοδος θέρους



Εικ.5.6 Περίοδος θέρους

Στις μονάδες “πολλαπλών λειτουργιών” υπάρχει η δυνατότητα το ένα κύκλωμα να παρέχει ζεστό νερό χρήσης και το άλλο να συνεχίζει να παρέχει θέρμανση στο κτήριο. Η λύση αυτή εξασφαλίζει μέγιστη ευελιξία στο σύστημα.



Εικ.5.7 Αντλία θερμότητας αέρος -νερού

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης είναι σε προτεραιότητα: αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από την λειτουργία του συστήματος (ψύξη ή θέρμανση), η μονάδα θα ξεκινήσει την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όταν δοθεί η εντολή από τον αισθητήρα που βρίσκεται στο δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού ή από κάποιον άλλο παρόμοιο θερμοστάτη.

Μερικές επισημάνσεις: Πρώτα απ’ όλα, οι μονάδες “πολλαπλών λειτουργιών” (ON-OFF ή INVERTER) δεν είναι κατάλληλες για “άμεση θέρμανση”, οπότε απαιτείται θερμικό δοχείο αποθήκευσης για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

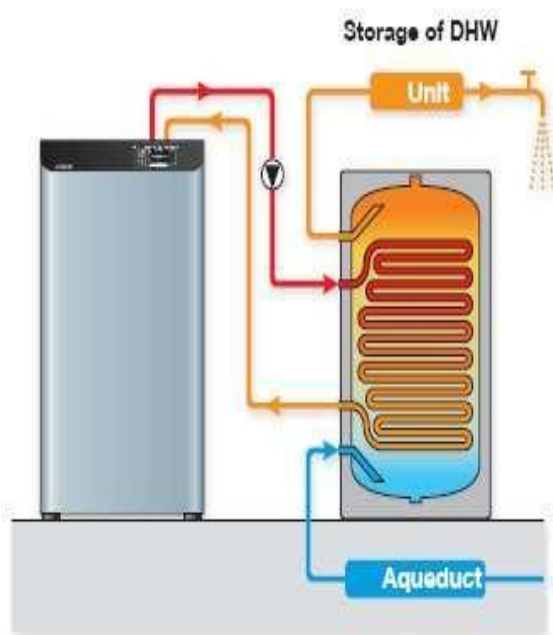
Η παραγωγή του οικιακού ζεστού νερού περιλαμβάνει την αποθήκευση θερμικής ενέργειας σε μία “τεχνητή” δεξαμενή νερού. Το νερό για οικιακή χρήση πρέπει να θερμαίνεται μέσω ενός ανοξείδωτου εναλλάκτη που βρίσκεται μέσα στην δεξαμενή. Με αυτό αποφεύγουμε την αποθήκευση του οικιακού νερού και δεν απαιτείται διενέργεια κύκλου anti-Legionella. Η λύση που προτείνουμε περιγράφεται με μεγαλύτερη ακρίβεια στο κεφάλαιο που αναφέρεται στην Δεξαμενή του Ζεστού Νερού Χρήσης(ZNX).

Αν παρόλα αυτά ο σχεδιαστής αποφασίσει να προμηθευτεί άλλη Δεξαμενή για ZNX, η επιλογή της πρέπει να είναι κατάλληλη για αποθήκευση πόσιμου ύδατος και να συνδέεται με ένα στοιχείο (για χρήση από την μονάδα “πολλαπλών λειτουργιών”) του οποίου το μέγεθος μάς επιτρέπει την κατάλληλη εναλλαγή θερμότητας σε σχέση με την ισχύ της μονάδας. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι δεν πρέπει το ζεστό νερό χρήσης να έρχεται σε

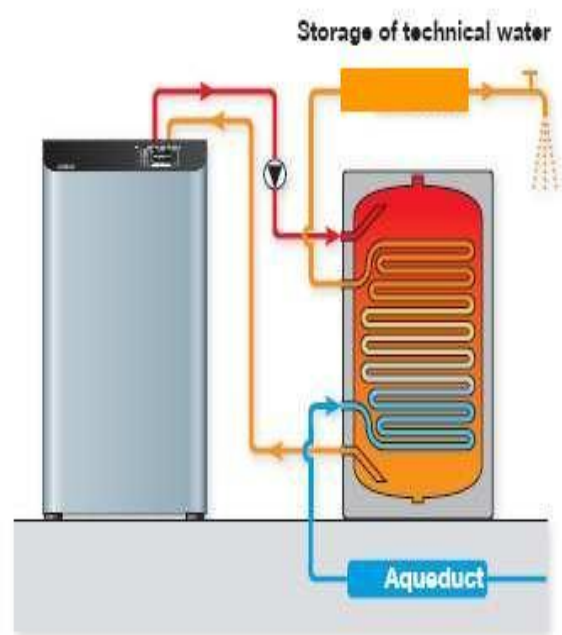
επαφή με το υδραυλικό κύκλωμα των μονάδων “πολλαπλών λειτουργιών” (μετρήσεις πρέπει να γίνονται για να εξασφαλισθεί ότι είναι ξεχωριστά).

Επειδή απαιτείται η εφαρμογή κύκλου anti-Legionella (είναι προγραμματισμένο στο λογισμικό των αντλιών “πολλαπλών λειτουργιών”) με την ύπαρξη βοηθητικού μέσου θέρμανσης (π.χ. ηλεκτρική αντίσταση), αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερο κόστος ενέργειας κάτι το οποίο αποφεύγουμε με την χρήση της τεχνητής δεξαμενής αποθήκευσης ‘τεχνητού νερού’(όπως προαναφέρθηκε).

5.3 Αποθήκευση Ζεστού Νερού Χρήσης.



Εικ.5.8 Α.Τρόπος σύνδεσης.



Εικ. 5.9 Β.Τρόπος σύνδεσης.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, αυτή είναι η καρδιά ενός συστήματος “πολλαπλών λειτουργιών”. Είναι μία μονάδα με 4 συνδέσεις προς χρήση, με δύο εντελώς ανεξάρτητα υδραυλικά κυκλώματα, το ένα για την παραγωγή ζεστού & κρύου νερού για την θέρμανση/ψύξη και το άλλο για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Η μονάδα μπορεί να στηθεί με όποιον τρόπο θεωρείται ο καλύτερος για τη σωστή λειτουργία του συστήματος (για παράδειγμα, το σύστημα με ή χωρίς αντλία νερού για την παραγωγή ΖΝΧ μπορεί να εγκατασταθεί μέσα ή έξω από την μονάδα αλλά η διαχείριση γίνεται από τις επαφές που υπάρχουν στον ηλεκτρικό πίνακα της μονάδας).

Το κομμάτι που συνδέεται με το σύστημα της θέρμανσης μπορεί να προσαρμοστεί με δεξαμενές νερού εσωτερικά ή εξωτερικά όταν εσωτερικά στο σύστημα υπάρχει πάντα

αποθήκη για την ενέργεια που απαιτείται για την παραγωγή ZNX.

Το σύστημα επίσης μπορεί να συνεργαστεί με ηλιακούς συλλέκτες (συνδέονται με το δοχείο ZNX σε έναν εναλλάκτη, με το υδραυλικό κύκλωμα να είναι ξεχωριστός από αυτό της μονάδας όπως και επίσης με πηγή υψηλής θερμοκρασίας η οποία θα συνδεθεί με το δοχείο σε κατάλληλο εναλλάκτη).

Για τον έλεγχο της προτεραιότητας στην παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, η μονάδα διαθέτει ένα αισθητήριο το οποίο εισέρχεται στο δοχείο. Αυτός ο αισθητήρας ενεργοποιεί την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης όταν η θερμοκρασία στο δοχείο πέσει κάτω από την θερμοκρασία που ζητάμε.

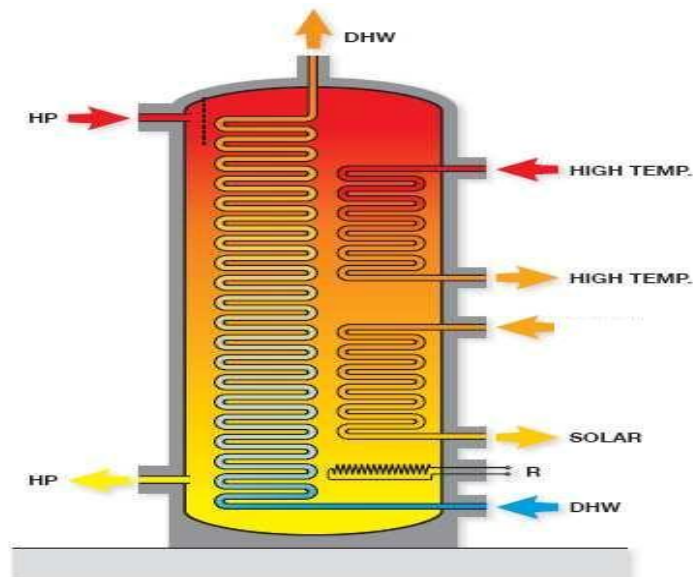
Εναλλακτικά μία ψυχρή επαφή από έναν εξωτερικό θερμοστάτη μπορεί να συνδεθεί στον ηλεκτρικό πίνακα.

Η δεξαμενή Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX):

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, η λειτουργία της δεξαμενής ZNX είναι να αποθηκεύεται ποσότητα ενέργειας (και σε θερμοκρασία) ώστε να ικανοποιεί τις ημερήσιες απαιτήσεις ZNX στην απαιτούμενη θερμοκρασία. Ενέργεια αποθηκεύεται στο ZNX (γι'αυτό το αναφέρουμε σαν "τεχνητό νερό") και συνδέεται με έναν ανοξείδωτο εναλλάκτη για άμεση παραγωγή. Η επιφάνεια του εναλλάκτη θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εγγυάται την παραγωγή ζεστού νερού τουλάχιστον στην ελάχιστη θερμοκρασία έσεως (40 °C).

Με άλλα λόγια οι υδραυλικές συνδέσεις με τη μονάδα "πολλαπλών λειτουργιών" είναι χωρίς εναλλάκτη: η μονάδα χρησιμοποιεί όλο το νερό του δοχείου.

Με αυτόν τον τρόπο υπάρχει πάντα επαρκής ποσότητα νερού μέσα στο δοχείο ώστε να εγγυάται τη σωστή λειτουργία της μονάδας (θέρμανση του ZNX χωρίς ανεπιθύμητα ΔT), χωρίς ο συμπιεστής να ανοίγει και να κλείνει συνεχώς .



Εικ.5.10 Το δοχείο αδρανείας του συστήματος.

Όπως βλέπουμε ο εναλλάκτης για την παραγωγή ZNX είναι αυτός με την μεγαλύτερη επιφάνεια.

Οι εναλλάκτες με την μικρότερη επιφάνεια συνδέονται οι ηλιακοί συλλέκτες λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που έχουν

Σαν γενικός κανόνας, αυτό είναι ένα απλό δοχείο αδρανείας με μοναδική λειτουργία την ύπαρξη της κατάλληλης ποσότητας νερού ώστε να εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία του συστήματος

Υπάρχουν αρκετές δυνατότητες. Κάποιες είναι καλύτερες από τις άλλες. Πιο συγκεκριμένα:

1. Δοχείο σε σειρά στη γραμμή επιστροφών του νερού (είσοδος στη μονάδα)

Αυτή είναι η συνηθέστερη λύση ώστε να ελαχιστοποιήσουμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στη γραμμή επιστροφών και επίσης να περιορίσουμε τις ώρες λειτουργίας του συμπιεστή. Αυτή η λύση δεν είναι πλέον απαραίτητη αφού οι ώρες λειτουργίας του συμπιεστή ρυθμίζονται ηλεκτρονικά.

2. Δοχείο σε σειρά στη γραμμή εξόδου του νερού (έξοδος από τη μονάδα προς τις εσωτερικές μονάδες)

Το πλεονέκτημα αυτής της λύσης είναι ότι μειώνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο σύστημα των εσωτερικών μονάδων. Ωστόσο, το φορτίο λειτουργίας της μονάδας είναι το ίδιο με αυτό του συστήματος και αν για παράδειγμα οι μονάδες διαθέτουν 2οδες βάνες, η μία θα πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν της την διακύμανση του φορτίου. Βάνες εκτροπής (ή 3οδες βάνες) ελαχιστοποιούν το πρόβλημα.

3. Δοχείο παράλληλα (υδραυλική σύνδεση με ενισχυτική αντλία νερού στην κατεύθυνση του συστήματος)

Είναι η λύση με τα περισσότερα πλεονεκτήματα. Σου επιτρέπει να διαμορφώνεις το φορτίο λειτουργίας της μονάδας σε συνάρτηση με το φορτίο λειτουργίας του συστήματος (αυτό μπορεί να μηδενίσει για παράδειγμα σε κρίσιμα ξεκινήματα της μονάδας ή μη θερμικών

απαιτήσεων, κτλ). Η λειτουργία των μηχανισμών και οι μέθοδοι ρύθμισης είναι ελαφρώς πιο πολύπλοκες.

Εξαιρουμένης της λύσης με το δοχείο στη γραμμή επιστροφών, για τους αναφερόμενους λόγους, μπορούμε να συνοψίσουμε τις λειτουργίες του συστήματος με αποθήκη νερού όπως φαίνεται παρακάτω:

1. Μειώνει τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας προς τις εσωτερικές μονάδες του συστήματος. Αν και η δυνατότητα να μειώσουμε την ελάχιστη ποσότητα νερού στο σύστημα πετυχαίνεται με την χρήση πολύπλοκων ελεγκτών με αλγόριθμους, η χαμηλής αδρανείας μονάδες δεν λειτουργούν τόσο καλά με την "βηματική" θερμοκρασία εισόδου νερού. Περισσότερες πληροφορίες για τη μείωση των διακυμάνσεων δίνονται στο κεφάλαιο με τίτλο " Επίδραση του φαινομένου αδρανείας σε σύστημα αποθήκευσης".
2. Συντήρηση της θερμοκρασίας επιστροφών προς τις μονάδες κατά την διάρκεια της λειτουργίας θέρμανσης/ψύξης και του σταματήματος για να δωθεί προτεραιότητα στην λειτουργία παραγωγής ZNX.
3. Μείωση της θερμοκρασίας επιστροφών προς τις μονάδες, στη λειτουργία της θέρμανσης,

κατά τη διάρκεια της φάσης αποπάγωσης των μονάδων αέρος νερού, στην περίοδο του χειμώνα. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να ελαχιστοποιηθεί χρησιμοποιώντας

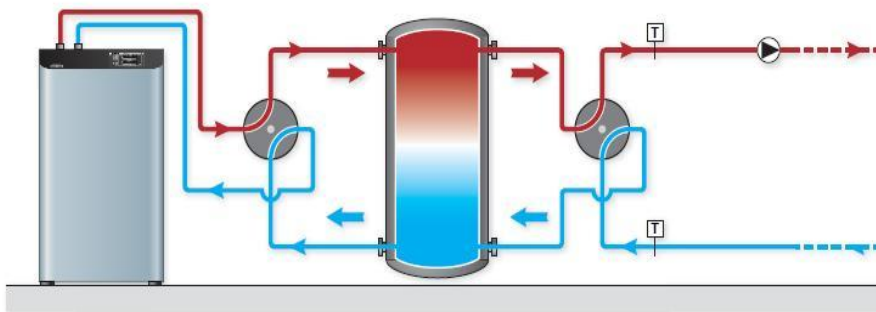
μονάδες μεγάλης θερμικής αδράνειας, αλλά σε όλες τις άλλες περιπτώσεις αποτελεί πηγή μη άνεσης για τον τελικό χρήστη.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, είναι δυνατόν το δοχείο που έχουμε στο διάγραμμα να παίζει τον ρόλο του "υδραυλικού διαχωριστή" για να εξασφαλίσουμε πλήρη ανεξαρτησία μεταξύ του φορτίου λειτουργίας της μονάδας και αυτού του συστήματος διανομής. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην απώλεια ενέργειας στο σύστημα ανάμειξης των επιστροφών.

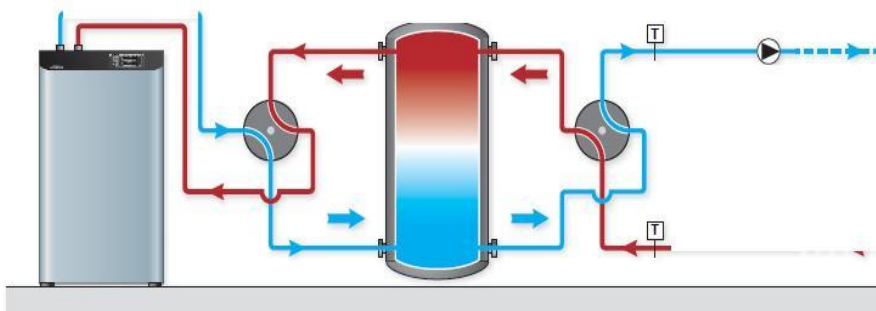
Το σχέδιο παρακάτω εμφανίζει την εγκατάσταση ενός κυκλώματος όπου δύο 4οδες βάνες επιτρέπουν την παροχή του νερού προς και από το δοχείο ακολουθώντας τη φυσική πορεία και αποφεύγοντας τις απώλειες που αναφέραμε προηγουμένως.

Τα χρωματιστά βέλη αναφέρονται στη λειτουργία της θέρμανσης (στα αριστερά του δοχείου είναι η μονάδα που παράγει το ζεστό νερό και στα δεξιά το σύστημα διανομής).

Τα βέλη αντιστρέφονται στη λειτουργία της ψύξης. Το κρύο νερό εισέρχεται στο κάτω μέρος του δοχείου όπως και προς το σύστημα διανομής.



Εικ.5.11 Θέρμανση.



Εικ.5.12 Ψύξη.

Τερματικές μονάδες (οι συσκευές των δωματίων)

Όταν αναφερόμαστε σε τερματικές μονάδες εννοούμε τις μονάδες που διανέμουν την θέρμανση στους χώρους (αναφερόμαστε στην περίοδο χειμώνας για ευκολία).

Εάν αναφερθούμε σε δύο τύπους συστημάτων, fan coils και ενδοδαπέδιο σύστημα, μπορούμε να κάνουμε μερικές συγκρίσεις και διακρίσεις.

1. Αρχικά, αυτό που αφορά τις μονάδες υψηλής ή χαμηλής αδράνειας είναι η θερμοκρασία του νερού. Ένα σύστημα στο οποίο υπάρχουν συμπιεστές και ψυκτικά ρευστά δεν θα

είναι σε θέση, σε γενικές γραμμές, να παράγει νερό στην ίδια θερμοκρασία όταν υπάρχουν διακυμάνσεις στις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Η λειτουργία της Αντλίας θερμότητας εξαρτάται από την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα όσο αφορά την μέγιστη θερμική ισχύ και τη μέγιστη θερμοκρασία νερού. Επομένως πρέπει να ισορροπήσουμε τα πιο κρίσιμα σημεία λειτουργίας της μονάδας προσδιορίζοντας τη μέγιστη διαθέσιμη θερμική ισχύ, την θερμοκρασία του παρεχόμενου νερού προς τις μονάδες και τη συνολική θερμική ισχύ

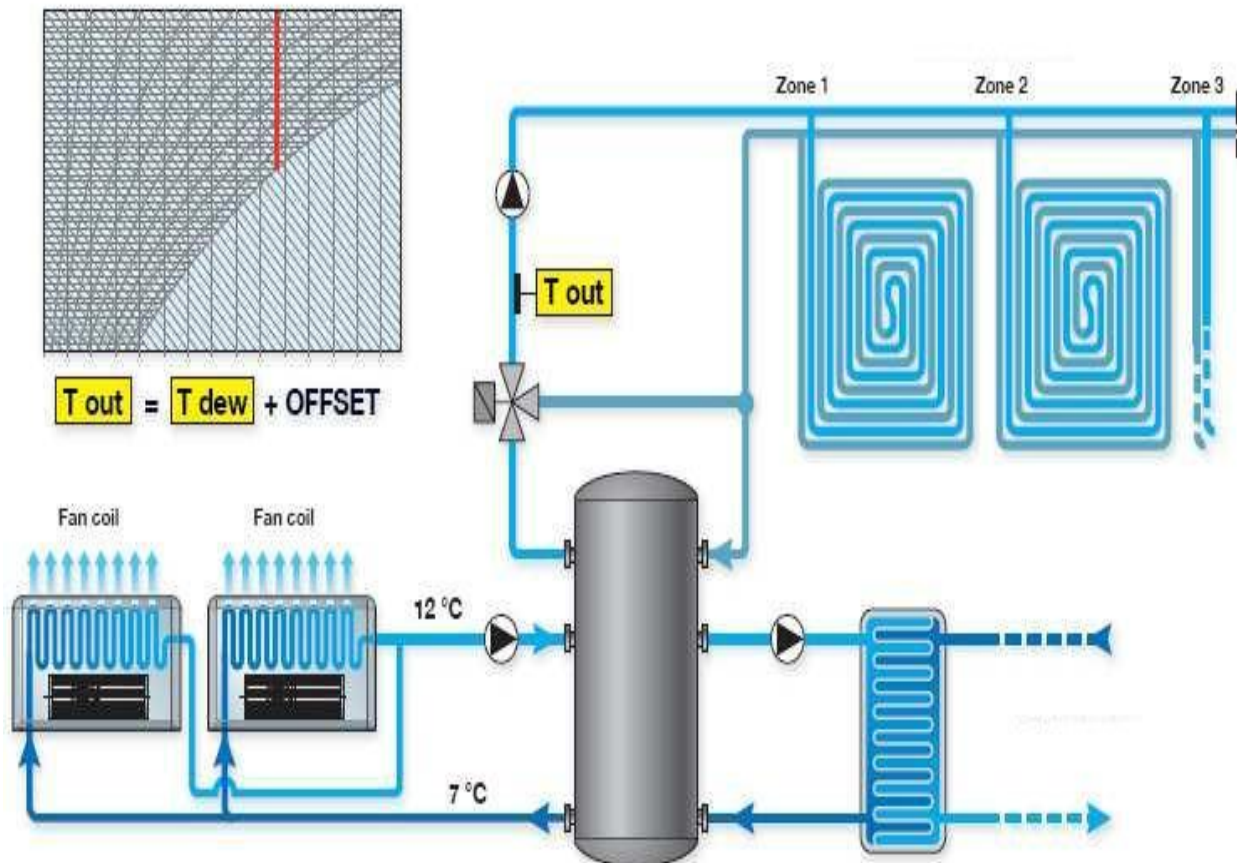
και κατά τις φάσεις αποπάγωσης "defrost phases" τις οποίες θα δούμε παρακάτω.

2. Αναφορικά με τον τύπο των μονάδων, θα πρέπει να εγγυώνται την ικανοποιητική θερμική ισχύ που απαιτείται, στην θερμοκρασία νερού που παράγει η μονάδα. Πρακτικά προβλήματα μπορούν να εμφανιστούν όταν σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας, η θερμική ισχύς της μονάδας μειώνεται (αναπόφευκτο λόγω του θερμοδυναμικού κύκλου) καθώς μειώνεται και η θερμοκρασία του παραγόμενου νερού, με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης των εσωτερικών μονάδων και συνεπώς ανεπαρκή θέρμανση των χώρων. Υπάρχουν παραδείγματα τέλειας λειτουργίας εγκαταστάσεων με συνδυασμό θερμαντικών σωμάτων και αντλιών θερμότητας, αλλά οι μονάδες θα πρέπει να επιλεγούν με ιδιαίτερη προσοχή και σε συνδυασμό με την θερμοκρασία νερού.
3. Η ταχύτητα με την οποία ο χώρος θα θερμανθεί θα πρέπει να προσεγγιστεί σε σχέση με την επιλεγείσα χρήση. Το σύστημα θέρμανσης δαπέδου ή σωμάτων πάνελ δεν είναι κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτείται γρήγορη θέρμανση. Σε περιπτώσεις σταθερής χρήσης μπορούν να λειτουργήσουν σε θερμοκρασίες πιο ικανοποιητικές σε σχέση με την ενεργειακή απόδοση της μονάδας. Για χρήση κλιματισμού (όπως γίνεται με τα συστήματα απευθείας εκτονώσεως) είναι τεχνικά αδύνατον.
4. Οι φάσεις αποπάγωσης στις μονάδες αέρος-νερού θα πρέπει να μελετηθούν από δύο απόψεις: Την συνολική ισχύ που πρέπει να είναι ικανοποιητική ως προς τις απαιτήσεις (καθαρή απορροφόμενη + αποπάγωσης + αυτή που απορροφά το νερό) και την θερμοκρασία του νερού στο σύστημα που πρέπει να παραμένει σε ικανοποιητικά επίπεδα για τις εσωτερικές θερματικές μονάδες. Στην περίπτωση μονάδων με υψηλή αδράνεια (π.χ. ενδοδαπέδιο σύστημα), η θερμική ισχύς είναι ικανοποιητική ώστε να εγγυάται την εφεδρεία της ενέργειας που απαιτείται για την αποπάγωση (defrost). Στην περίπτωση μονάδων με χαμηλή αδράνεια (π.χ. fan coils) θα πρέπει να εξασφαλιστεί ικανοποιητική ποσότητα νερού (όπως περιγράψαμε στο σχετικό κεφάλαιο).

5.4 Ρύθμιση υγρασίας και θερμοκρασίας χώρου.

Η αντλία θερμότητας σε συνδυασμό με fan coils ή άλλες μονάδες δυναμικής λειτουργίας μπορούν άνετα να ρυθμίσουν την υγρασία και την θερμοκρασία των κλιματιζόμενων χώρων. Η τοποθέτηση ενός fan coil στην ψευδοροφή σε συνεργασία με ενδοδαπέδιο σύστημα μπορεί να εγγυηθεί τη μέγιστη θερμοδυναμική απόδοση του ενδοδαπέδιου και τον έλεγχο της υγρασίας. Στην πραγματικότητα, αφού έχουμε παραγωγή κρύου νερού για τον κλιματισμό, καμία άλλη διάταξη δεν είναι απαραίτητη (η οποία θα έχει κατανάλωση ενέργειας και θα είναι πιο θορυβώδης λόγω της παρουσίας συμπιεστή, πχ αφυγραντές).

Το σχέδιο παρακάτω μας παρουσιάζει ένα "ευαίσθητο" ενδοδαπέδιο σύστημα δροσίσιμου (με έλεγχο του σημείου δρόσου) και fan coils τα οποία ελέγχουν την αφύγρανση με την χρήση κρύου νερού 7 °C που παράγει η μονάδα "πολλαπλών λειτουργιών".



Εικ.5.13 Ενδοδαπέδιο σύστημα δροσίσιμου.

Όπως βλέπουμε στο σχέδιο η θερμοκρασία στο ενδοδαπέδιο πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να αποφεύγουμε το φαινόμενο δημιουργίας συμπυκνωμάτων (γί'αυτό η θερμοκρασία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το σημείο δρόσου, το οποίο θα υπολογισθεί π.χ. από το control του fan coil, μετρώντας την σχετική υγρασία του χώρου και την θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου).

5.5 Υπολογίζοντας τις απαιτήσεις για ζεστό νερό χρήσης (ZNX)

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να υπογραμμίσει αρκετούς “αποδεκτούς” τρόπους υπολογισμού του ποσού ενέργειας που απαιτείται για την καθημερινή παραγωγή ZNX. Όπως υπογραμμίζουμε στον πρόλογο αυτής της έκδοσης, οι πληροφορίες που παρέχουμε δεν αντικαθιστούν τη δουλειά του σχεδιαστή - μηχανικού αλλά προσφέρουν ένα γρήγορο τρόπο στον υπολογισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων.

Το ίδιο ισχύει αν στο σύστημα υπάρχει boiler του οποίου η διαθέσιμη ενέργεια σε φάση αιχμής, αποφεύγει όποια δυσλειτουργία – ενόχληση στον τελικό χρήστη, ακόμα και όταν το μέγεθος της αποθήκης νερού είναι περιορισμένο.

Αυτή η μέθοδος είναι απλή και βασίζεται στη σύσταση R03/3 της ιταλικής θερμοτεχνικής επιτροπής. Η σύσταση R03/3 έχει αντικατασταθεί από την UNI/TS 11300-1:2008 και UNI/TS 11300-2:2008 αλλά αποφασίσαμε να αναφερθούμε στην μέθοδο που προτείνει η R03

Η ιδέα είναι η εξής :

1. Υπολογίζουμε το ποσό της ενεργείας που χρειάζεται για να παραχθεί ZNX, παίρνοντας υπόψη μας τον τύπο του κτιρίου (σκοπός χρήσης και εμβαδόν επιφάνειας), τον αριθμό των κατοίκων, των θερμοκρασιών κλπ
2. Να προσδιορίσουμε την ελάχιστη ισχύ της πολυλειτουργικής μονάδας (για την παραγωγή ZNX) αφού δεχτούμε ένα “λογικό” χρόνο για τη θερμική φόρτωση της δεξαμενής αποθήκευσης.

Πρέπει να τονίσουμε αμέσως ότι η θερμική ισχύς που υπολογίζουμε με αυτόν τον τρόπο μπορεί να διαφέρει με αυτήν που απαιτείται για να θερμανθεί το κτήριο. Όταν επιλέγουμε τη μονάδα θα πρέπει να βάζουμε σε προτεραιότητα το μοντέλο που είναι ικανό να ανταπεξέλθει στις υψηλότερες απαιτήσεις λειτουργίας (όταν οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι κρίσιμες).

Μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσόν της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$Q_{DHW} = V_{DHW} \times \rho_w \times C_{S,w} \times N_{dd} \times (T_w - T_0)$$

Όπου:

- Q_{DHW} Θερμική απαίτηση για παραγωγή ZNX (kj)
 V_{DHW} Ημερήσια απαίτηση για ZNX (lit/ημέρα)
 ρ_w Πυκνότητα νερού (kg/m^3)
 $C_{S,w}$ Ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού (= 4186 J/kg °C)
 N_{dd} Αριθμός ημερών που θεωρούμε για την μελέτη (για ευκολία = 1)
 T_w Θερμοκρασία χρήσης του ZNX σε °C (φυσιολογικά 40 °C)
 T_0 Θερμοκρασία νερού από την κεντρική παροχή σε °C (φυσιολογικά 15 °C)

Φανταζόμενοι το “θερμικό φορτίο” του δοχείου σε μια συγκεκριμένη περίοδο χρόνου μπορούμε να προσδιορίσουμε την ελάχιστη απαιτούμενη ισχύ από την μονάδα πολλαπλών λειτουργιών με την παρακάτω απλή εξίσωση:

$$P_{DHW} = \frac{Q_{DHW}}{t_{RT}}$$

Όπου:

Q_{DHW} : Θερμική απαίτηση για παραγωγή ZNX (kj) από την εξίσωση (1)

P_{DHW} : Απαιτούμενη ισχύς (W) για να έχουμε την απαιτούμενη Q_{DHW} , για τον χρόνο λειτουργίας του HP t_{RT} : Χρόνος λειτουργίας σε ZNX για επαναφόρτωση του δοχείου (s)

Για συνηθισμένες τιμές θερμοκρασίας της κεντρικής παροχής στους 15 °C και παραγωγής ZNX στους 40 °C έχουμε τις παρακάτω απαιτήσεις για κτήρια οικιακής χρήσης (σωστός αριθμός λουτρών και τύπος συστήματος ελέγχου)

Number of bathrooms	Correction factor Fs	Type of control	Correction factor Fs
1	1	Autonomous	0,9
2	1,33	Non autonomous	1
≥3	1,66		

Εικ.5.14 Οι συντελεστές διόρθωσης.

Παρακάτω βλέπουμε ένα παράδειγμα υπολογισμού χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη μέθοδο (εμβαδόν οικίας 200 m² με 2 λουτρά και αυτόνομο έλεγχο)

SOVERALL (m ²)	V _{DHW} (l/m ² day)	E _{DHW} (kJ/m ² day)	F _s	F _d	T _{RT} (hours)
200	2	210	1,33	0,9	3

↓

DHW Requirement (l/day)	Energy Requirement (kJ/day)	Power of Multif. Unit (kW)
479	50274	4,7

Η απαιτούμενη ισχύς θα πρέπει να είναι εγγυημένη στις κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υπολογισμένη ισχύς είναι για ημερήσια "φόρτωση" του δοχείου. Όταν το σύστημα είναι σε "διακοπτόμενη χρήση" (π.χ. Σαββατοκύριακα) θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τον χρόνο που απαιτείται για να φέρουμε το δοχείο στην απαιτούμενη θερμοκρασία εισόδου νερού πάνω από την θερμοκρασία ισορροπίας του συστήματος με την οποία ξεκινά.

Οι παρακάτω πίνακες (βασισμένοι σε άρθρα και τεχνικές μελέτες πολλών κατασκευαστών δοχείων ζεστού νερού) δίνουν μία γενική ιδέα για την κατανάλωση ZNX για διάφορες εφαρμογές:

Type of use	Litres per day	Notes
Schools	5	Per person
Barracks	30	Per person
Industries	20	Per person
Offices	5	Per person
Campsites	30	Per person
Gymnasiums	35	Per user
Laundries	6	Per kg of washing
Restaurants	10	Per meal
Bars	2	Per consumption

Εικ.5.15 Κατανάλωση ZNX για διάφορες εφαρμογές.

Η υπολογισμένη ενδεικτική κατανάλωση ZNX για κοινές οικιακές δραστηριότητες δίδονται στον πίνακα κάτω:

Type of use	Litres at 40 °C	kWh 10-40 °C
Washing hands	2 ÷ 5	0,07 ÷ 0,17
Washing hair	5 ÷ 15	0,17 ÷ 0,52
Washing dishes by hand	13 ÷ 20	0,45 ÷ 0,70
Shower	30 ÷ 50	1,00 ÷ 1,70
Bath	120 ÷ 150	4,20 ÷ 5,20

Εικ.5.16. Υπολογίσουμε την ποσότητα ζεστού νερού σε αιχμή, στην περίπτωση 3 ατόμων που κάνουν μπάνιο, ο ένας μετά τον άλλον, σε μία οικία

5.6 Υπολογίζοντας τη διαθέσιμη ενέργεια για τη θέρμανση.

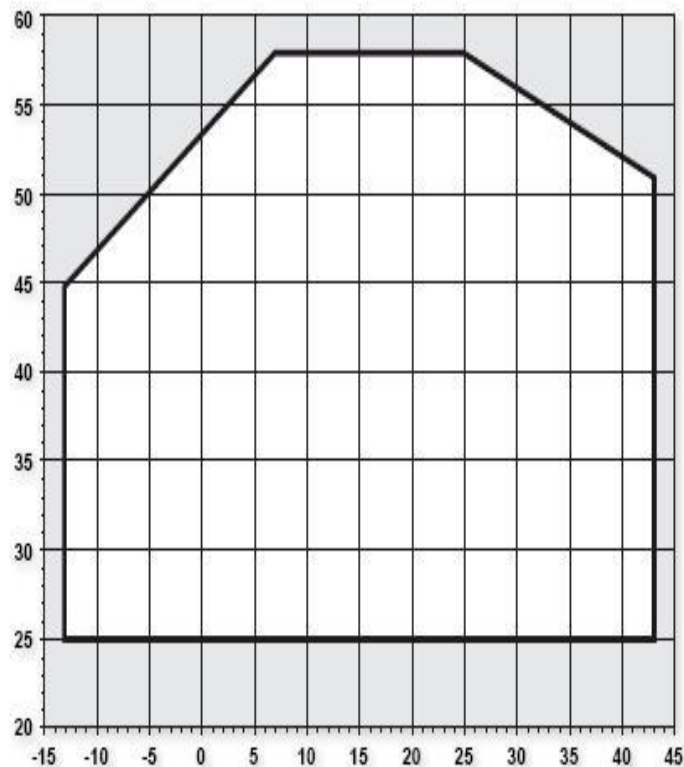
Αυτό που οφείλουμε να κάνουμε όμως είναι, σε κάθε επιλογή της μονάδας να έχει τις απαραίτητες προϋποθέσεις και να παρέχουμε πληροφορίες για να διασφαλίσουμε την ενέργεια που απαιτείται για τις συνθήκες ανέσεως του τελικού χρήστη ώστε να μην είναι η μονάδα ανεπαρκής.

Στην αντλία θερμότητας ο συμπιεστής παίρνει το ψυκτικό ρευστό που έχει εξατμιστεί στο στοιχείο τραβώντας θερμότητα από τον αέρα περιβάλλοντος (η θερμότητα μπορεί να ελευθερωθεί πάλι στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης).

Η πυκνότητα του αερίου που χρησιμοποιείται μειώνεται σε σχέση με τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα και αυτό αναπόφευκτα οδηγεί σε μείωση της διαθέσιμης θερμικής ενεργείας. Αυτό πρέπει να το λάβουμε υπόψιν μας επίσης γιατί μια μείωση στην θερμοκρασία του αέρα μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των απαιτήσεων για θέρμανση.

Πρέπει λοιπόν να λάβουμε υπόψη μας την ισχύ που θα χρειαστούμε σε κρίσιμες συνθήκες. Πχ μια πτώση στην θερμοκρασία αέρα από τους 7⁰C (με σχετική υγρασία 87%) στους -5 μπορεί να μειώσει τη θερμική ισχύ της αντλίας θερμότητας 25-30%

Το διάγραμμα παρακάτω δείχνει την τυπική πηγή θερμοκρασίας του νερού που παράγεται σε σχέση με την θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα



Εικ. 5.17 Ολοκληρωμένο δίκτυο ενέργειας στην φάση απόψυξης (defrostphases).

Ας ξεκινήσουμε με μια απλή παραδοχή: ότι η αντλία θερμότητας αέρος-νερού είναι σε φάση απόψυξης. Η διαδικασία απόψυξης επιτρέπει στη μονάδα αέρος-νερού να αποτρέψει το σταδιακό 'πάγωμα' του στοιχείου του εξατμιστή το οποίο σε μια ορισμένη θερμοκρασία και βαθμό υγρασίας τείνει να καλύπτεται με πάγο ειδικά στο κάτω μέρος του στοιχείου (οι αντλίες θερμότητας νερού-νερού δεν έχουν αυτό το πρόβλημα). Το πάγωμα του εξατμιστή προκαλεί μια σταδιακή μείωση της εναλλαγής θερμότητας, οπότε και στη θερμοκρασία εξατμίσεως(πίεση) στην οποία αν δεν παρθούν τα κατάλληλα μέτρα, θα ενεργοποιηθεί ο πρεσσοστάτης χαμηλής πίεσης ακόμα και έξω από το εύρος λειτουργίας του συμπιεστή. Βασικά το σταδιακό πάγωμα του στοιχείου προκαλεί σταδιακή μείωση της θερμικής ισχύος της μονάδας και πρέπει να εφαρμοστούν τρόποι για την απομάκρυνση και την εξασφάλιση της συναλλαγής θερμότητας. Ένας τρόπος είναι στη φάση της απόψυξης να γίνει αναστροφή του ψυκτικού κύκλου, μετατρέποντας το στοιχείο του εξατμιστή σε συμπυκνωτή και η ενεργεία του ζεστού ψυκτικού αερίου (ζεστού και συμπυκνωμένου) να λειώσει τον πάγο σε νερό το οποίο μετά να απομακρυνθεί από τα πτερύγια του στοιχείου.

Αυτή η λειτουργία χρειάζεται μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας που βασίζεται στην ποσότητα του πάγου που έχει σχηματιστεί στο εξωτερικό στοιχείο. Η ενέργεια που χρειάζεται παίρνεται από το ζεστό νερό του συστήματος (η μονάδα είναι σε λειτουργία ψύξης) του οποίου η θερμοκρασία θα μειωθεί(άρα χάνουμε θερμότητα), σε συγκεκριμένο βαθμό.

Έχουμε ήδη αναφέρει το πόσο σημαντικό είναι να λάβουμε υπόψη μας τη διακύμανση της παραγόμενης ισχύος της μονάδος σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα περιβάλλοντος. Ας αναλύσουμε τώρα την έννοια της ολοκληρωμένης θερμικής ισχύος.

Οι κατασκευαστές μονάδων γενικά χρησιμοποιούν συντελεστές πολλαπλασιασμού για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης θερμικής ισχύος, με τιμές σε διαφορετικές θερμοκρασίες αέρα. Ακολουθεί ένα παράδειγμα:

Θερμοκρασία αέρα ξηρού θερμομέτρου (°C)

Συντελεστής πολλαπλασιασμού	-5	0	5	>5
Απλό χειριστήριο	0,89	0,88	0,94	1,00
Εξελιγμένο χειριστήριο	0,91	0,9	0,94	1,00

Εικ.5.18 Συντελεστής πολλαπλασιασμού

Βασικά, όπως η φάση απόψυξης απαιτεί η μονάδα να αντιστρέψει τη λειτουργία της, θα πρέπει να πάρουμε υπόψη μας ότι η τιμή της θερμικής ισχύος κατά τη διάρκεια της φάσης απόψυξης είναι αρνητική (ψυκτική ισχύς). Παίρνοντας υπόψη μας αυτό και υπολογίζοντας τη διάρκεια του κύκλου απόψυξης μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική καθαρή ισχύ, η οποία είναι η συνεχής θερμική ισχύς (ενέργεια που μεταφέρεται στο νερό) ισοδύναμη με την παραγόμενη ισχύ και της αρνητικής ισχύος του κύκλου απόψυξης.

Γενικά, ο κύκλος απόψυξης περιλαμβάνει: μια παύση πριν την αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου (ο συμπιεστής σταματά), τον απαιτούμενο χρόνο που χρειάζεται για να λειτουργήσει η αντιστροφή του κύκλου (αρνητική ισχύς) και μια παύση με τον συμπιεστή κλειστό για την απομάκρυνση του αποψυγμένου νερού. Αν N_{DEF} είναι ο αριθμός των κύκλων απόψυξης στην διάρκεια μιας ώρας, μπορούμε να ορίσουμε (και να υπολογίσουμε) τους ακόλουθους χρόνους:

t_1 Χρόνος παύσης του συμπιεστή πριν την εκκίνηση σε λειτουργία ψύξης για τη φάση απόψυξης

t_d Χρόνος λειτουργίας ψύξης για τη φάση απόψυξης

t_2 Χρόνος πριν το τέλος της λειτουργίας στην ψύξη

t_{stop} Συνολικός χρόνος παύσης των συμπιεστών

t_{DEF} Συνολικός χρόνος λειτουργίας στην ψύξη

t_{Pdc} Πραγματικός χρόνος λειτουργίας στη θέρμανση (διάρκεια μέσα σε μία ώρα)

$$t_{DEF} = t_D \times N_{DEF}$$

$$t_{STOP} = (t_1 + t_2) \times N_{DEF}$$

$$t_{HP} = 60 - t_{DEF} - t_{STOP}$$

$$P_{H, med} = \frac{P_{heat} \times t_{HP} - P_{DEF} \times t_{DEF}}{60}$$

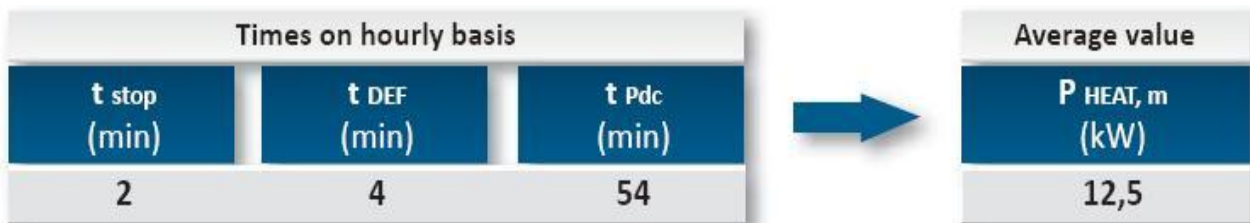
όπου:

- $P_{HEAT,m}$ Πραγματική θερμική ισχύς, λαμβάνοντας υπόψη τους κύκλους απόψυξης
- P_{HEAT} Θερμική ισχύς της αντλίας θερμότητας σε συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας (θερμοκρασία αέρα και νερού)
- P_{DEF} Ψυκτική ισχύς κατά την διάρκεια της απόψυξης (ψύκτης)
- t_{DEF} Συνολικός χρόνος λειτουργίας στην ψύξη
- t_{Pdc} Πραγματικός χρόνος λειτουργίας στη θέρμανση (διάρκεια μέσα σε μία ώρα)

Input data					
Power values			Defrost cycle times		
P_{HEAT} (kW)	N_{Def}	P_{DEF} (kW)	t_1 (min)	t_d (min)	t_2 (min)
15	2	15	0,5	2	0,5

Εικ.5.19

Αυτό το παράδειγμα μας δείχνει τους χρόνους απόψυξης και οπότε μπορούμε να υπολογίσουμε την μέση ισχύ που απαιτείται για δύο κύκλους απόψυξης/ώρα



Εικ.5.20

Ανταποκρίνεται σε μια μείωση της τάξης του 16,7% συγκρινόμενο με το $P_{heat} = 15Kw$.

Το αποτέλεσμα μας υποδεικνύει το πόσο σημαντική είναι η σωστή επιλογή, ειδικά όταν η αντλία θερμότητας είναι η μόνη πηγή θερμότητας για το σύστημα.

Παρακάτω είναι ένα παράδειγμα όπου η μικρότερη θερμοκρασία (την οποία θα θεωρήσουμε ομοιογενή χάρη απλότητας) στο τέλος του κύκλου απόψυξης για την επιλογή δοχείου αδρανείας είναι τουλάχιστον ίση με τη θερμοκρασία του κάτω ορίου (στο οποίο η εναλλαγή θερμότητας ή η θερμοκρασία αέρα που παράγεται διατηρείται σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο).

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις παρακάτω τιμές:

P_{DEF}	Ψυκτική ισχύς κατά τη διάρκεια της απόψυξης (ψύκτης)
t_{DEF}	Συνολικός χρόνος λειτουργίας στην ψύξη για την απόψυξη
T_{INIZ}	Αρχική θερμοκρασία του ρευστού (π.χ. νερό)
T_{FIN}	Τελική θερμοκρασία του ρευστού (π.χ. ελάχιστα αποδεκτή τιμή)
ρ	Πυκνότητα ρευστού
C_s	Ειδική Θερμοχωρητικότητα ρευστού
ΔT_{DEF}	Μείωση θερμοκρασίας ρευστού μετά την απόψυξη
E_{DEF}	Μεταφερόμενη ενέργεια προς το ρευστό κατά την διάρκεια της απόψυξης
V_{H_2O}	Ελάχιστος όγκος ρευστού για να λάβει μια τελική θερμοκρασία, όχι μικρότερη από T_{FIN}
$V_{H_2O, SP}$	Ελάχιστη όγκος ανά kW της θερμική ισχύς της αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούμε την εξίσωση

Χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης

Έχουμε ήδη μιλήσει για τη σημασία της ποσότητας νερού και τη χρησιμότητα της αδράνειας του συστήματος . Θα δούμε τώρα την επίπτωση του μεγέθους της δεξαμενής αποθήκευσης σε σχέση με τις θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της απόψυξης.

$$V_{H_2O} = \frac{E_{DEF} \times 1000}{\rho_{DEF} \times C_s \times \Delta T_{DEF}}$$

$$E_{DEF} = P_{DEF} \times t_{DEF} \times 60$$

$$\Delta T_{DEF} = T_{IN} - T_{FIN}$$

Power values and times			Temperature values		Physical properties	
P _{HEAT} (kW)	P _{DEF} (kW)	t _{def} (min)	T _{INIZ} (°C)	T _{FIN} (°C)	ρ (kg/m ³)	C _s (kJ/kg °C)
45,0	45,0	2,0	50	40	990	4,187

Εικ.5.21

Παρακάτω δίδεται ένα παράδειγμα για διευκρίνιση (υποθέτοντας ότι η ισχύς απόψυξης είναι πάνω κάτω ίδια με τη θερμική ισχύ της αντλίας θερμότητας, αν οι πίνακες που δείχνουν την πορεία της ψυκτικής ισχύος σε σχέση με τις θερμοκρασίες του αέρα και του νερού δεν είναι διαθέσιμοι).

Μπορούμε τώρα να καθορίσουμε τα δεδομένα της απόψυξης και την ελάχιστη περιεκτικότητα του δοχείου αποθήκευσης

Defrost data		➔	Minimum content	Specific content
DT _{DEF} (°C)	E _{DEF} (kJ)		V _{H2O} (l)	V _{H2O} (l/kW)
10	5400		130	2,9

Εικ.5.22

5.7 Χαρακτηριστικά και επιλογή για το δοχείο αποθήκευσης.

Ο σκοπός αυτής της παραγράφου είναι να εκτιμηθεί η πιθανή ελάχιστη θερμοκρασία στο δοχείο αποθήκευσης για την κατανάλωση ζεστού νερού, που μπορεί να θεωρείται (κατά τα δεδομένα σχεδιασμού) ως "κατανάλωση αιχμής"

Χάριν απλότητας, ας φανταστούμε έναν ορισμένο όγκο ζεστού νερού (που εισέρχεται στο δοχείο στην θερμοκρασία του νερού που έχουμε από την κεντρική παροχή και φεύγει στη θερμοκρασία σχεδιασμού) που να καταναλώνεται σε συγκεκριμένο χρόνο. Στο χειρότερο σενάριο ,η θερμοκρασία στο δοχείο αποθήκευσης πέφτει αμέσως και η πολυλειτουργική μονάδα θα πρέπει να λειτουργήσει έτσι ώστε να αρχίσει να αναπληρώνει αυτή την πτώση θερμοκρασίας. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει μια ροή θερμότητας μέσα στο δοχείο αποθήκευσης (η ισχύς της πολυλειτουργικής μονάδας) και μια εκτός (στο ZNX), η διαφορά μεταξύ των δύο καθορίζει την κατανάλωση ενέργειας από το δοχείο.

Κάνουμε τους πιο κάτω υπολογισμούς :

VDHW: Η ανάληψη ζεστού νερού χρήσης (ZNX) από το δοχείο αποθήκευσης, σε λίτρα

PPdC: Ισχύς αντλίας θερμότητας για την αποθήκευση του ζεστού νερού χρήσης (ZNX), σε kW

tDHW : Διάρκεια ανάληψη ζεστού νερού χρήσης (ZNX) από το δοχείο αποθήκευσης, σε λεπτά

TIN : Θερμοκρασία νερού από την κεντρική παροχή (τυπικά 15 οC)

TDHW : Θερμοκρασία νερού εξόδου από το δοχείο (τυπικά 40 οC)

TINIZ : Αρχική θερμοκρασία της αποθήκευσης νερού (μέσος όρος), σε οC

TFIN : Τελική θερμοκρασία της αποθήκευσης νερού (μέσος όρος), σε οC (ελάχιστα αποδεκτή τιμή)

EPdC : Μεταφερόμενη ενέργεια προς το δοχείο αποθήκευσης από την αντλία θερμότητας κατά την διάρκεια της κατανάλωσης, σε kJ

EDHW : Καταναλισκόμενη ενέργεια από το δοχείο αποθήκευσης ZNX κατά την διάρκεια της κατανάλωσης, σε KJ

VH2O : Ελάχιστος όγκος νερού στο δοχείο για να λάβει την τελική θερμοκρασία, όχι μικρότερη από TFIN

Η εξίσωση είναι

$$\text{Όπου: } V_{H_2O} = \frac{(E_{DHW} - E_{HP}) \times 1000}{\rho \times C_S \times (T_{INIZ} - T_{FIN})}$$

$$E_{HP} = P_{HP} \times t_{DHW} \times 60$$

$$E_{DHW} = \rho \times V_{DHW} \times C_S \times (T_{DHW} - T_{IN})$$

Παρακάτω είναι ένα αριθμητικό παράδειγμα για καλύτερη κατανόηση:

Power values and times			DHW temperature values		Storage temp.	
V _{DHW} (litri)	P _{HP} (kW)	t _{DHW} (min)	T _{IN} (°C)	T _{DHW} (°C)	T _{INIZ} (°C)	T _{FIN} (°C)
60	5,0	10	15	40	50	45

Εικ.5.23

Μπορούμε τώρα να καθορίσουμε την είσοδο και έξοδο της ενέργειας και έτσι τον ελάχιστο όγκο νερού στο δοχείο αποθήκευσης:

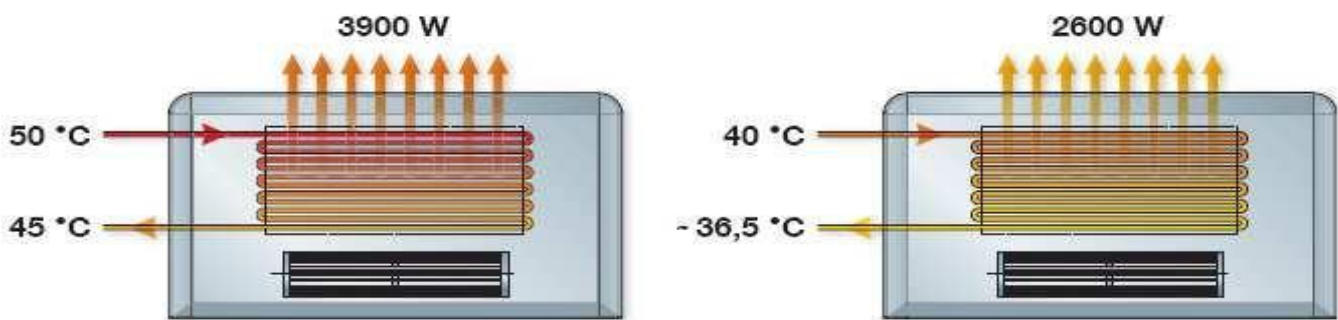


Εικ.5.24

5.8 Δυνατότητες μονάδας.

Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε με την μεταφερομένη ισχύ στο περιβάλλον (χώρος θέρμανσης ή ψύξης) σε κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας. Χρησιμοποιούμε ένα αριθμητικό παράδειγμα που δείχνει πως η ισχύς για θέρμανση ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία εισόδου νερού (σε σταθερό φορτίο). Απλά αναφερόμαστε σε fancoils, οι κατασκευαστές των οποίων μας δίνουν μια μέθοδο για γρήγορο υπολογισμό.

Ας σκεφτούμε ένα μοντέλο όπου το νερό εισέρχεται σε θερμοκρασία 50°C και βγαίνει στους 45°C με θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C , η θερμική ισχύς θα είναι περίπου 3900 W (με παροχή νερού περίπου 680 l/h). Ας υποθέσουμε ότι η παροχή νερού παραμένει η ίδια και λόγω μιας απόψυξης με μη επαρκή ποσότητα νερού , η θερμοκρασία στην οποία το νερό εισέρχεται πέφτει κατευθείαν στους 40°C (με την ίδια παροχή νερού). Οπότε η παραγόμενη θερμική ισχύς γίνεται 2600 W .



Εικ.5.25

Αυτό το απλό παράδειγμα μας δείχνει ποσό σημαντικό είναι να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία του νερού κατά τις κρίσιμες φάσεις λειτουργίας.

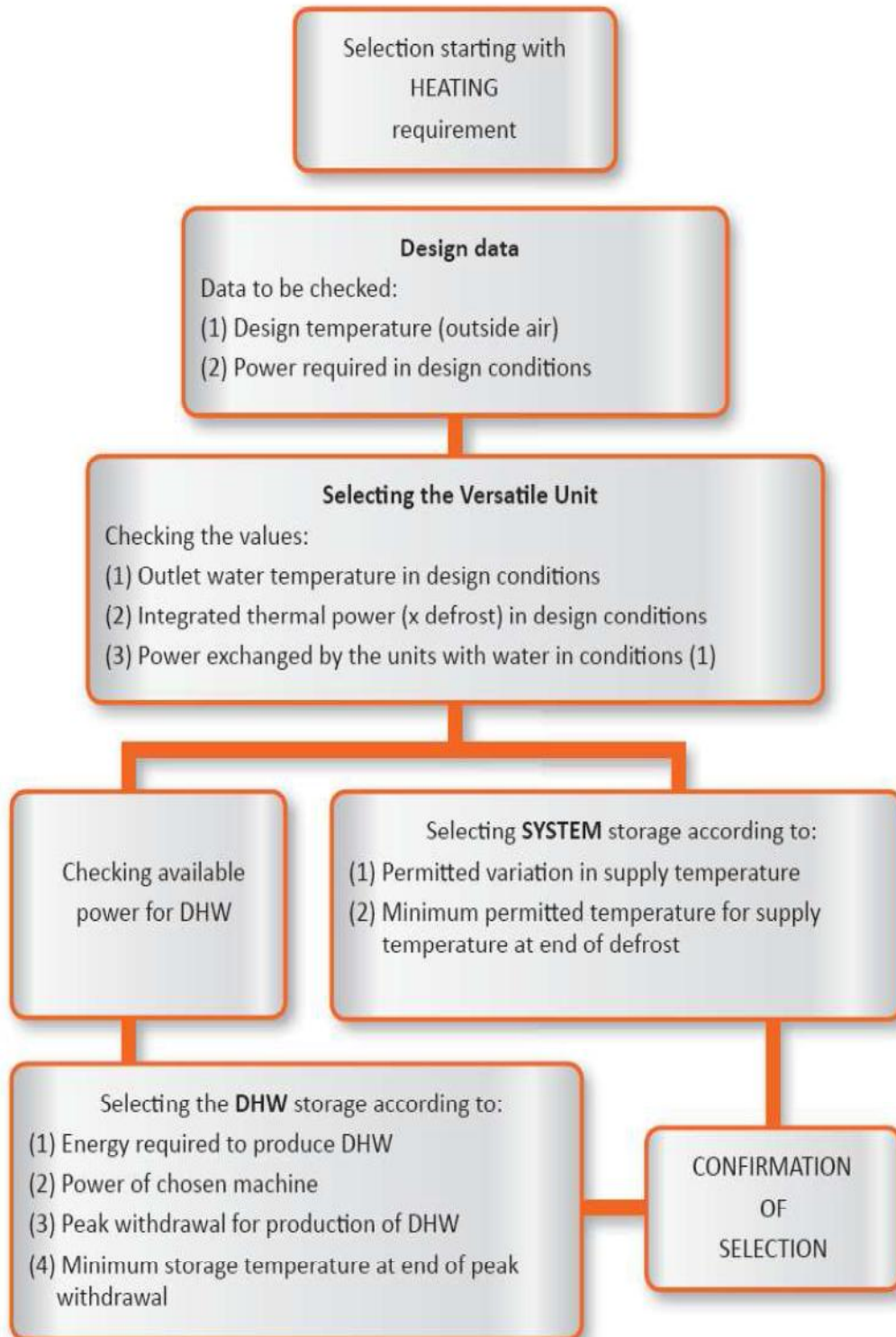
5.9 Επιλέγοντας την πολυλειτουργική μονάδα.

Πώς να επιλέγουμε μια πολυλειτουργική μονάδα .

1. Πρώτα πρέπει να επιλέξουμε μια "πολυλειτουργική μονάδα" σύμφωνα με την ενέργεια που απαιτείται από τις σχεδιαστικές συνθήκες στην φάση της θέρμανσης.
2. Πρέπει μετά να ελέγξουμε τις τιμές της αποδιδόμενης ισχύος κατά τον κύκλο απόψυξης, στη θερμοκρασία αέρα που έχει σχεδιαστεί το σύστημα, τη θερμοκρασία εξόδου νερού και τη συναλλασσόμενη θερμότητα από τις μονάδες fancoils στη θερμοκρασία εισόδου νερού.
3. Αν οι τιμές είναι όλες αποδεκτές μπορούμε μετά να ελέγξουμε την δεξαμενή αποθήκευσης για την παραγωγή του ZNX και για το σύστημα θέρμανσης.
4. Για την αποθήκευση του ZNX ελέγξτε την ελάχιστη περιεκτικότητα νερού σε σχέση με την ενέργεια που απαιτείται για ZNX. Η επιλεγείσα ισχύς της μονάδας για ZNX και η ελάχιστη θερμοκρασία της δεξαμενής αποθήκευσης πρέπει να είναι υπολογισμένες για την "κατανάλωση αιχμής".

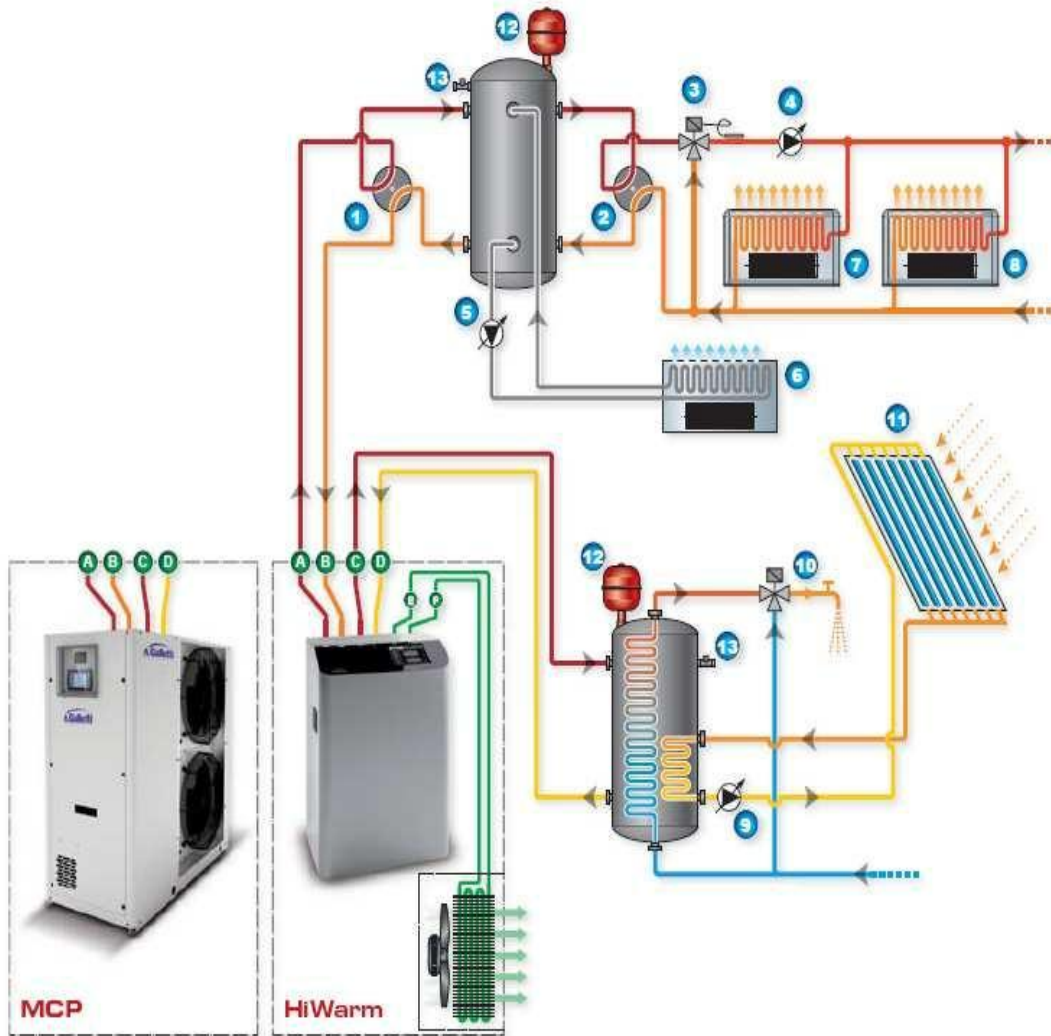
5. Η δεξαμενή αποθήκευσης για το σύστημα θέρμανσης επιλέγεται βάσει του φαινομένου της αδράνειας και της ισχύος που αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της φάσης απόψυξης.
6. Το κατάλληλο μέγεθος για την επιλεγείσα μονάδα βασίζεται σε όλα τα παραπάνω κριτήρια.

Το παρακάτω διάγραμμα συνοψίζει αυτή την μέθοδο:



Εικ.5.26

Πρέπει να ελέγξετε το ποσό του ZNX και την απαιτούμενη ισχύ λαμβάνοντας υπόψη τον τύπο του κτηρίου και τον αριθμό των κατοίκων, καθότι οι ενεργειακές απαιτήσεις ποικίλουν (για παράδειγμα ένα κτήριο ενεργειακής κλάσης A θα χρειάζεται ένα διαφορετικό σύστημα ανάλογα με το αν είναι ένας μόνο κάτοικος ή 4 κάτοικοι που χρησιμοποιούν ZNX κάθε πρωί).



Εικ.5.27 Πλήρες σύστημα αντλίας θερμότητας.

1. 4οδη βάνα νερού
2. 3οδη βάνα νερού
3. Αντλία νερού inverter (χρήστης)
4. Αντλία νερού inverter (αφύγρανση)
5. Fan coil για την αφύγρανση
6. Fan coil / ενδοδαπέδια θέρμανση
7. Fan coil (χρήστης)
8. Αντλία νερού inverter (ηλιακοί συλλέκτες)
9. ZNX
10. Ηλιακοί συλλέκτες
11. Δοχείο διαστολής νερού
12. Βαλβίδα ασφαλείας νερού

5.10 Το φαινόμενο αδράνειας στο σύστημα αποθήκευσης.

Στην περίπτωση μιας μονάδας με on/off συμπιεστές (χωρίς ρύθμιση ψυκτικής ισχύος) η λειτουργία των συμπιεστών είναι , στην πράξη, διακοπτόμενη, αφού η απαίτηση ψύξης από τις εσωτερικές μονάδες μπορεί να μην ταιριάζει με το ψυκτικό φορτίο που παράγεται από την μονάδα. Στην περίπτωση των συστημάτων με χαμηλή περιεκτικότητα νερού, όπου το φαινόμενο της θερμικής αδρανείας είναι λιγότερο υπολογίσιμο, σας συμβουλεύουμε να ελέγχετε την περιεκτικότητα του νερού στο σύστημα για την ικανοποίηση των εσωτερικών μονάδων σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$V = \frac{P_F \times \Delta\tau}{\rho C_s \Delta T N_S}$$

- V Όγκος νερού στην μονάδα (m³)
 ρ Πυκνότητα ρευστού m³/kg
 C_s Ειδική Θερμοχωρητικότητα ρευστού (j/kg x c⁰)
 Δt Ελάχιστος χρόνος μεταξύ 2 εκκινήσεων των συμπιεστών (s)
 ΔT Επιτρεπόμενη διαφορά θερμοκρασίας του νερού (°C)
 P_F Ψυκτική ισχύς (W)
 N_S Αριθμός βημάτων ισχύος N^o

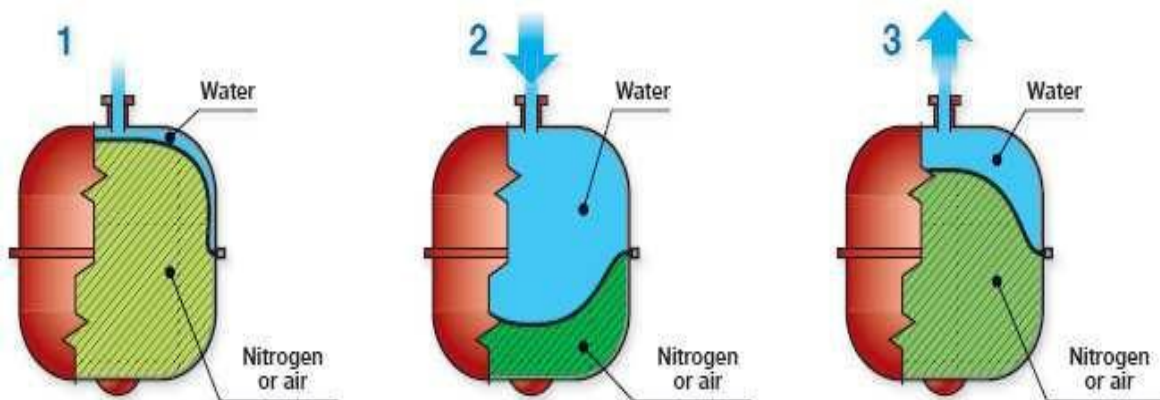


Εικ.5.28 Φαινόμενο της θερμικής αδρανείας

5.11 Υπολογισμός δοχείου διαστολής.

Όπως πιθανόν ξέρουμε, ο σκοπός ενός δοχείου διαστολής είναι να παραλαμβάνει τον όγκο νερού από τη θερμική διαστολή κατά τη μετάδοση θερμότητας σε ρευστό σε ένα κλειστό σύστημα (το οποίο μπορεί να προκαλέσει μέχρι και καταστροφή των σωληνώσεων). Επίσης να εξουδετερώνει το επιβλαβές για το σύστημα "πλήγμα πίεσης" (όταν η ροή του ρευστού σε έναν σωλήνα σταματήσει ξαφνικά απ' το κλείσιμο μιας βάνας). Αυτό το κεφάλαιο αναφέρεται στα κλειστά δοχεία διαστολής τα οποία προγεμίζονται με άζωτο.

Το κλειστό δοχείο διαστολής έχει μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα, μια ελαστική μεμβράνη και συνδέεται στο υδραυλικό σύστημα. Η μεμβράνη τεντώνεται όταν ο όγκος του νερού αυξάνει στο κύκλωμα. Αυτή η επιμήκυνση εξισορροπείται από το αέριο που γεμίζει τον εσωτερικό χώρο μεταξύ μεταλλικού τοιχώματος και μεμβράνης της μεταλλικής θήκης. Μετά τη διαστολή του νερού στο κύκλωμα, το αέριο το οποίο έχει συμπιεσθεί ωθεί το νερό στο πρωτεύον κύκλωμα.



Εικ.5.29 Το σχέδιο παραπάνω δείχνει τη επαναφορά του όγκου με την διαστολή της μεμβράνης (συμπίεση του αερίου)

Παρακάτω είναι μια απλή εξίσωση (πηγή: ISPESEL) υπολογισμού του ελάχιστου όγκου του δοχείου διαστολής:

$$V_{VASO} = \frac{V_W \times (E_F - E_i)}{1 - \left(\frac{P_{MIN}}{P_{MAX}} \right)}$$

Όπου:

V_{VASO} : Όγκος δοχείου διαστολής

E_f και E_i είναι οι συντελεστές για την διαστολή του νερού για τις τελική και αρχική (μέγιστη και ελάχιστη λειτουργία) θερμοκρασίες. Αυτοί δίδονται στον παρακάτω πίνακα για το νερό.

P_{max} και P_{min} είναι οι απόλυτες μέγιστη και ελάχιστη πίεση λειτουργίας (η ελάχιστη πίεση

καθορίζεται από την προφόρτωση του δοχείου, η οποία πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,15 – 0,30 bar περισσότερη από την στατική πίεση όταν τοποθετήθηκε το δοχείο), V_w είναι ο όγκος του ρευστού στο σύστημα.

Επίσης ισχύει: $P_{\text{απόλυτο}} = P_{\text{οργάνου}} + P_{\text{ατμοσφαιρικό}}$ ή $P_{\text{abs}} = P_g + P_{\text{atm}}$
 ρικό ή $P_{\text{abs}} = P_g + P_{\text{atm}}$

T	E	T	E	T	E
0°C	0,0001	35°C	0,0058	70°C	0,0227
5°C	0,0000	40°C	0,0078	75°C	0,0258
10°C	0,0003	45°C	0,0098	80°C	0,0290
15°C	0,0009	50°C	0,0121	85°C	0,0324
20°C	0,0018	55°C	0,0145	90°C	0,0359
25°C	0,0030	60°C	0,0170	95°C	0,0396
30°C	0,0043	65°C	0,0198	100°C	0,0434

Εικ.5.30

Για παράδειγμα:

$$T_2 = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{MIN}} = 1.5 \text{ bar,g}$$

$$P_{\text{MAX}} = 3.5 \text{ bar,g}$$

$$V_w = 1200 \text{ l}$$

$$V_{\text{VASO}} = \frac{\times (0.0359 - 0.0009)}{1 - \left(\frac{2.5}{4.5} \right)} \cong 95$$

Σημείωση: Εάν υπάρχει αντιπηκτικό υγρό στο σύστημα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι ο συντελεστής θερμικής Αδιαστολής είναι μεγαλύτερος από αυτόν του νερού, οπότε το δοχείο διαστολής θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο

5.12 Το βακτήριδιο του λεγεωναρίου (legionella) στα συστήματα θέρμανσης.

Πρόληψη και έλεγχος μόλυνσης στο σύστημα νερού

Παρακάτω συνοψίζονται οι μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Τα μέτρα για την μακροχρόνια αποφυγή σχετίζονται με τον καλό σχεδιασμό του συστήματος ειδικότερα σε νοσοκομεία, εγκαταστάσεις θέρμανσης και γηροκομεία.

Θερμική αντιμετώπιση

Το φαινόμενο αποστείρωσης που βασίζεται στην αύξηση της θερμοκρασίας, τυγχάνει εφαρμογής σε νοσοκομεία και ξενοδοχεία. Τα συστήματα ζεστού νερού που κρατιούνται σε θερμοκρασίες πάνω από 50⁰C είναι πιο δύσκολο να εμφανίσουν αποικία του βακτηριδίου. Η αύξηση της θερμοκρασίας του ζεστού νερού είναι μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται για να ελέγξουν τη legionella στα συστήματα διανομής νερού. Θερμοκρασίες πάνω από 60⁰C καταπολεμούν το βακτήριο σε συνάρτηση με την διάρκεια έκθεσης σε αυτή την θερμοκρασία.

Θερμικό σοκ

Ανεβάζουμε τη θερμοκρασία ως τους 70-80⁰C για 3 ημέρες και αφήνουμε το νερό να τρέχει από την βρύση για περίπου 30 λεπτά την ημέρα. Κάποιοι προτείνουν να αδειάσουμε το δοχείο ζεστού νερού από πριν, να το καθαρίσουμε και να το απολυμαίνουμε με χλώριο(100mg/l για 12-14 ώρες).

Κατά τη διάρκεια της μεθόδου είναι σημαντικό να ελέγξουμε την θερμοκρασία του νερού ώστε αυτή να φτάσει και ή να ξεπεράσει τους 60⁰C. Εάν η θερμοκρασία δε φτάσει και δεν κρατηθεί εκεί, η διαδικασία δεν μπορεί να εξασφαλίσει την καταπολέμηση του βακτηριδίου.

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Τεχνική μελέτη οριζόντιου συστήματος γεωθερμικής αντλίας θερμότητας.

6.1 Περίληψη.

Τα τελευταία 10 χρόνια έχει παρατηρηθεί σημαντική ανάπτυξη σε πολλές χώρες των συστημάτων γεωθερμικών αντλιών θερμότητας κλειστού βρόχου τόσο για θέρμανση χώρων όσο και για ψύξη. Η τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του υπεδάφους μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο από 5 m, ενώ και στα 2 m δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ευκολία και το μικρό κόστος κατασκευής και το γεγονός ότι δεν απαιτούνται γεωτρήσεις. Από την άλλη μεριά, απαιτείται κάποια ελάχιστη ελεύθερη έκταση για την τοποθέτηση των σωληνώσεων, η οποία αντιστοιχεί προσεγγιστικά στην επιφάνεια προς θέρμανση. Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται τα τεχνικά και τα οικονομικά δεδομένα για μία τυπική οριζόντια εγκατάσταση αγροικίας 200 m², καθώς και ο χρόνος απόσβεσης σε σχέση με σύστημα συμβατικής θέρμανσης και ψύξης. Ακόμη συζητούνται τα κίνητρα που θα πρέπει να θεσπίσει η πολιτεία αναφορικά με τα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.

6.2 Εισαγωγή.

Ως *αβαθής γεωθερμία* (earth energy, low grade geothermal energy) χαρακτηρίζεται η μορφή της γεωθερμικής ενέργειας κατά την οποία ενέργεια λαμβάνεται (ή απορρίπτεται) από μικρά βάθη με τη χρήση αντλιών θερμότητας. Τα συστήματα αυτά συχνά καλούνται *γεωθερμικές αντλίες θερμότητας* (ΓΑΘ). Η ανάκτηση της θερμότητας επιτυγχάνεται με την ανακυκλοφορία νερού σε κλειστές υδροφόρες ή «ξηρές» γεωτρήσεις ή σε ρηχές επιφάνειες εδάφους/ πετρωμάτων, καθώς και με την απευθείας χρήση νερών.

Τα κύρια σχήματα με τα οποία λειτουργούν οι ΓΑΘ είναι:

(α) *Συστήματα κλειστού βρόχου* (closed loop systems) ή συστήματα συζευγμένα με το υπέδαφος (ground-coupled systems). Στα συστήματα αυτά ένα δευτερεύον υγρό (νερό ή διάλυμα αντιψυκτικού, συνήθως προπυλενο-γλυκόλης) κυκλοφορεί σε μία διάταξη σωληνώσεων σε κλειστό κύκλωμα και μεταφέρει θερμότητα από ή προς το έδαφος (γεωεναλλάκτης). Το κυριότερο πλεονέκτημα αυτού του τύπου είναι η ανεξαρτησία από την ύπαρξη νερού στην περιοχή ή στη γεώτρηση και από την ποιότητα του νερού. Τα συστήματα αυτά διαχωρίζονται περαιτέρω σε κατακόρυφα και οριζόντια, ανάλογα με τη γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη. Στα πρώτα συστήματα απαιτείται η ανόρυξη μιας ή περισσότερων γεωτρήσεων.

(β) *Συστήματα ανοικτού βρόχου* (open loop systems). Σε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιείται νερό από γεωτρήσεις, πηγάδια, ποτάμια, θάλασσα, λίμνες, εγκαταλειμμένα ορυχεία κτλ. Προϋπόθεση για τη λειτουργία τέτοιων συστημάτων είναι η επαρκής ποσότητα νερού (αν πρόκειται για υπόγειο ή ποτάμιο, μπορεί να είναι μειωμένη σε κάποιες περιόδους), η καλή ποιότητά του και η δυνατότητα διάθεσης του νερού μετά τη χρήση του. Κύριο πλεονέκτημα αποτελεί η αποδοτικότερη μεταφορά θερμότητας (π.χ. για θερμικό φορτίο 10 kW, $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ και COP=4 απαιτούνται μόνο 0,5 m³/hr).

(γ) *Υβριδικά συστήματα*. Συνδυασμός των παραπάνω, συνδυασμός με άλλα ανανεώσιμα συστήματα θέρμανσης (π.χ. ηλιακοί συλλέκτες) ή συνδυασμός με συμβατικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης.

Οι ΓΑΘ γνωρίζουν σήμερα πραγματική άνθηση, σημειώνοντας ετήσια αύξηση σχεδόν μεγαλύτερη του 25% [1]. Η εγκατεστημένη ισχύς των ΓΑΘ σε όλο τον κόσμο ανήλθε το 2005 στα 15.384 MWt, μέγεθος που αντιπροσωπεύει περισσότερο από το μισό της εγκατεστημένης γεωθερμικής ισχύος σε άμεσες χρήσεις. Η γεωθερμική ενέργεια που

αξιοποιείται από τις ΓΑΘ ανέρχεται σε 1,5 εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη των ΓΑΘ σημειώθηκε στις Η.Π.Α. και τη Δυτική και Βόρεια Ευρώπη (Γερμανία, Ελβετία, Σουηδία, Νορβηγία, Δανία). Στην Ευρώπη υπάρχουν εγκατεστημένες περισσότερες από 380.000 μονάδες με συνολική εγκατεστημένη θερμική ισχύ 4531 MWth [1,2]. Η Σουηδία έχει σήμερα το μεγαλύτερο αριθμό συστημάτων ΓΑΘ στην Ευρώπη, 185.530 μονάδες, και η χώρα αυτή βασίζεται και στη Γεωθερμία για να επιτύχει τον πρόσφατα ανακοινωθέντα στόχο της πλήρους απεξάρτησης από το πετρέλαιο μέχρι το 2020. Επίσης, στις Η.Π.Α. υπάρχουν εγκατεστημένες περίπου 600.000 μονάδες ΓΑΘ με μέση δυναμικότητα 12 kW [1]. Από αυτές τις μονάδες, ποσοστό 46% είναι κατακόρυφα κλειστά συστήματα, ποσοστό 38% οριζόντια κλειστά συστήματα και 16% συστήματα ανοικτού βρόχου. Στην Γαλλία, περισσότερο από το 90% των συστημάτων ΓΑΘ που εγκαθίστανται τα τελευταία χρόνια είναι οριζόντιου τύπου [3].

Στη χώρα μας, η χρήση τους δεν είναι διαδεδομένη και μόνο περιορισμένες προσπάθειες έχουν γίνει για τη θέρμανση κτιριακών χώρων [4]. Η εφαρμογή γεωθερμικών αντλιών θερμότητας (κατακόρυφου τύπου) περιορίζεται σήμερα σε ελάχιστα έργα μεγάλων κτηρίων (π.χ. το κτήριο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών στο Ε.Μ.Π. και το Δημαρχείο Πυλαίας), ενώ μερικές δεκάδες οριζόντια συστήματα έχουν τοποθετηθεί σε μονοκατοικίες στην Αττική, Βόρεια Ελλάδα και Σποράδες.

Στην παρούσα εργασία αναλύονται συνοπτικά τα οριζόντια συστήματα ΓΑΘ και παρουσιάζονται τα τεχνικά και οικονομικά στοιχεία για μία τυπική μονοκατοικία 200 m². Τέλος, προτείνονται και ορισμένα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν από την πολιτεία για να βοηθήσουν στη διάδοση αυτής της τεχνολογίας.

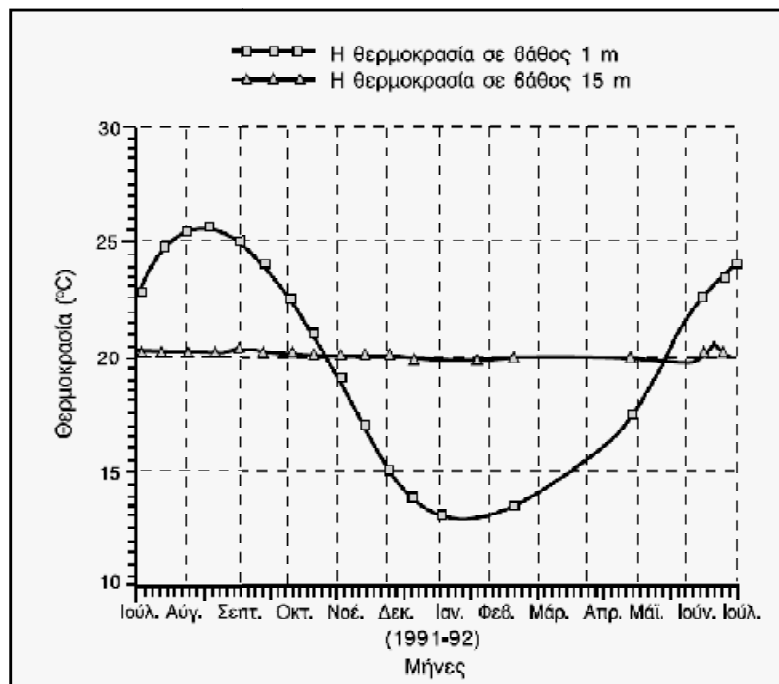
6.3 ΓΑΘ κλειστού βρόχου.

Ένα σύστημα ΓΑΘ κλειστού βρόχου αποτελείται ουσιαστικά από τρία υποσυστήματα: το υποσύστημα με τις σωληνώσεις που βρίσκονται μέσα στο έδαφος, το υποσύστημα της αντλίας θερμότητας και στο υποσύστημα θέρμανσης-ψύξης του χώρου. Συχνά, υπάρχει και το υποσύστημα του «θερμαντήρα» (desuperheater), το οποίο μπορεί να προσφέρει θερμό νερό χρήσης με θερμοκρασία 40-45°C. Στη διάρκεια του κύκλου ψύξης του συστήματος η παραγωγή του νερού χρήσης γίνεται πρακτικά δωρεάν. Επειδή το υποσύστημα με τις σωληνώσεις είναι κλειστό σύστημα, δεν παρουσιάζονται επικαθίσεις αλάτων σε αυτό, με αποτέλεσμα η συντήρηση του συστήματος να είναι μηδαμινή. Τα ψυκτικά που χρησιμοποιούνται σήμερα στις αντλίες θερμότητας είναι το R17a, R134a, R407c, R410 κ.ά.

Η αρχή ενός συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου βασίζεται στο ότι η θερμοκρασία του υπεδάφους μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο από 5 m, προσεγγίζοντας τη μέση ετήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, ενώ ακόμη και σε βάθος 2 m η θερμοκρασία του εδάφους αποκρίνεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με κάποια χρονική υστέρηση, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 για την Αττική [5]. Για την περιοχή της Θεσσαλονίκης η μέση τιμή της διακύμανσης υπολείπεται κατά 2-3°C από τις αντίστοιχες τιμές της Αττικής [6]. Το είδος της κάλυψης του εδάφους (χόρτο, χώμα, χιόνι) παίζει σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση της θερμότητας [6]. Σε αυτά τα μικρά βάθη, η αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους προέρχεται βασικά από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνο ένα μικρό ποσοστό (2-3%) προέρχεται από τη θερμότητα της γης. Σε αντίθεση, η θερμότητα σε βάθη μεγαλύτερα από 15 m προέρχεται μόνο από τη γεωθερμία.

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος είναι: (α) το κλίμα και η θερμοκρασία του εδάφους, (β) οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους, (γ) το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας, (δ) το κόστος ανόρυξης της γεώτρησης ή της εκσκαφής των ορυγμάτων και (ε) οι τυχόν επιδοτήσεις και κίνητρα για την εγκατάσταση μονάδων εξοικονόμησης ενέργειας.

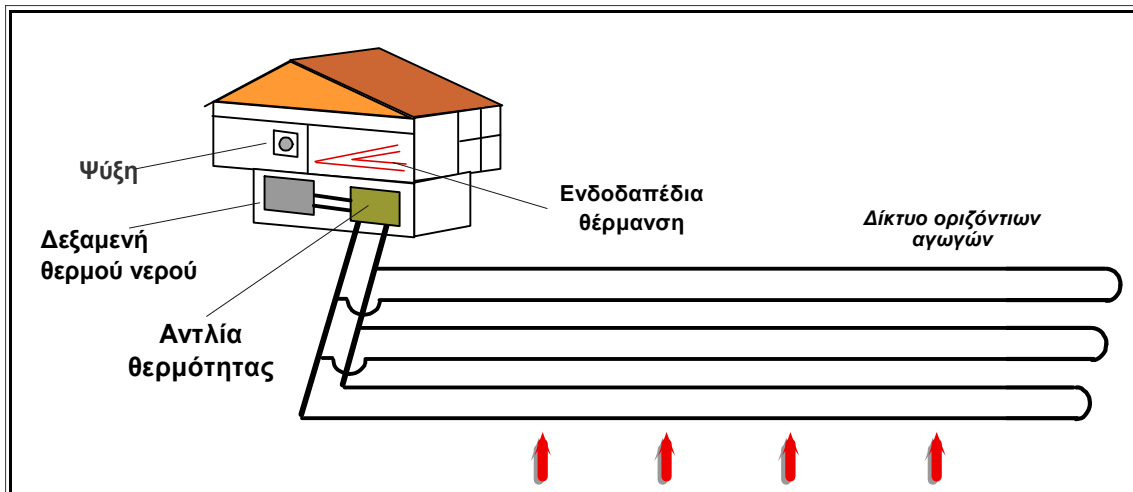
Ο κύριος λόγος για την εγκατάσταση ενός συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου είναι βασικά η εξοικονόμηση ενέργειας (που μπορεί να φτάσει ακόμη και το 60%) που συνεπάγεται χαμηλότερο κόστος για τον ιδιοκτήτη και χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στο περιβάλλον. Τα συστήματα αυτά γίνονται περισσότερο ελκυστικά οικονομικά όταν η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχετικά χαμηλή (η περίπτωση της χώρας μας σήμερα) ή όταν εφαρμόζεται η πολιτική της τιμής αιχμής της ηλεκτρικής κιλοβατώρας (για το καλοκαίρι) και περιβαλλοντικά όταν χρησιμοποιείται «πράσινος» ηλεκτρισμός.



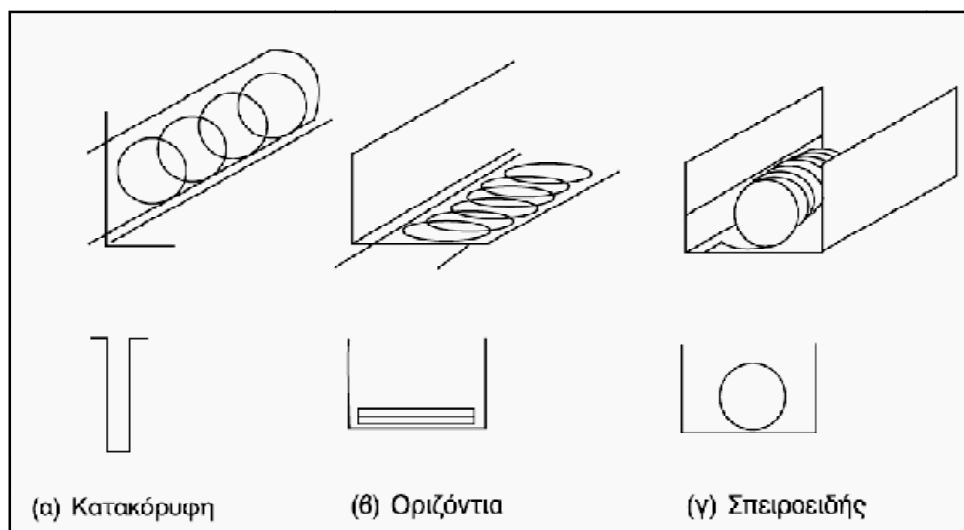
Εικ.6.1 Μετρήσεις θερμοκρασίες εδάφους σε βάθος 1 m και 15 m στο Κορωπί Αττικής

6.4 Οριζόντια συστήματα ΓΑΘ κλειστού βρόχου.

Στα οριζόντια συστήματα κλειστού βρόχου οι σωληνώσεις HDPE (ή PP) τοποθετούνται στο έδαφος σε ορισμένο βάθος με διάφορες «γεωμετρίες» (Σχήμα 2). Πολλά γεωμετρικά σχήματα έχουν προταθεί και δοκιμαστεί και ορισμένα από αυτά παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 3. Στην Βόρεια Αμερική επικρατεί η σπειροειδής «γεωμετρία», ενώ στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια τοποθετείται ένα είδος πλέγματος. Το δίκτυο των αγωγών τοποθετείται σε βάθος 1-2 m, ή και βαθύτερα, αν το επιτρέπει το κόστος των εκσκαφών. Η εκσκαφή μπορεί να γίνει με τη μορφή ορυγμάτων, συνήθως πλάτους 20-60 cm, ή με την μορφή της ολικής απομάκρυνσης του εδάφους. Μετά την τοποθέτηση του δικτύου των σωληνώσεων, ο χώρος καλύπτεται αρχικά συνήθως με στρώμα άμμου και κατόπιν με το χώμα της εκσκαφής.



Εικ.6.2 Αρχή του συστήματος ΓΑΘ με χρήση οριζόντιου κυκλώματος αγωγών.



Εικ.6.3 Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων στα οριζόντια συστήματα ΓΑΘ.

Για την εκτίμηση του φορτίου εναλλαγής θερμότητας στον γεωεναλλάκτη απαιτείται η γνώση της ελάχιστης και της μέγιστης θερμοκρασίας του αδιατάρακτου εδάφους. Η θερμοκρασία σε κάποιο βάθος (ή η διακύμανσή της με τις εποχές), T_g , μπορεί να εκτιμηθεί από μετρήσεις ή να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση ως συνάρτηση του βάθους, X_s , και της ημέρας του χρόνου, t [7,8]:

$$T_g(X_s, t) = \bar{T}_g - A_s \exp\left(-X_s \sqrt{\frac{p}{365a}}\right) \cos\left(\frac{2p}{365}\left[t - t_o - \frac{X_s}{2} \sqrt{\frac{365}{pa}}\right]\right)$$

Όπου \bar{T}_g είναι η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους, A_s η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του εδάφους ($T_{g,max} - T_{g,min}$), t_o η σταθερά φάσης (σε ημέρες), a η θερμική διαχυτότητα του εδάφους ($=k/\rho C_p$), k η θερμική αγωγιμότητα του εδάφους, ρ η πυκνότητα του εδάφους και C_p η ειδική θερμότητά του. Τιμές των παραπάνω φυσικών ιδιοτήτων για διάφορα είδη εδάφους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Το A_s εξαρτάται από την περιοχή και το κλίμα και ποικίλλει από 5 μέχρι 20°C, με τιμή για τις περισσότερες περιοχές στην Ελλάδα στους 8-10°C. Βέβαια αυτό που απαιτείται συνήθως είναι η γνώση της ελάχιστης και της μέγιστης ετήσιας θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθος X_s , οι οποίες δίνονται από τις σχέσεις:

$$T_{g,min} = \bar{T}_g - A_s \exp\left(-X_s \sqrt{\frac{p}{365a}}\right)$$

$$T_{g,max} = \bar{T}_g + A_s \exp\left(-X_s \sqrt{\frac{p}{365a}}\right)$$

Χαρακτηριστικά εδαφών.				
Τύπος εδάφους	Αγωγιμότητα, W/m·°C	Διαχυτότητα, m ² /s	Πυκνότητα, kg/m ³	Ειδική θερμότητα, kJ/ kg·°C
Ελαφρύ, υγρό έδαφο (άμμος, ιλύς)	0,9	5,2x10 ⁻⁷	1600	1,05
Ελαφρύ, ξηρό έδαφο (άμμος, ιλύς)	0,3	2,8x10 ⁻⁷	1400	0,84
Βαρύ, υγρό έδαφος (άργιλος, πυκνή άμμος)	1,3	6,5x10 ⁻⁷	2100	0,96
Βαρύ, υγρό έδαφος (άργιλος, πυκνή άμμος)	0,9	5,2x10 ⁻⁷	2000	0,84
Ελαφρύ πέτρωμα (ασβεστόλιθος)	2,4-2,8	1,3x10 ⁻⁶	2400-2800	0,84
Βαρύ πέτρωμα (γρανίτης)	2,6-3,6	1,4x10 ⁻⁶	2800-3200	0,84

Εικ.6.4 Χαρακτηριστικά εδαφών

Το μήκος των σωληνώσεων (ή η επιφάνεια του πλέγματος) εξαρτάται από αρκετές παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία, ο τύπος και η υγρασία του εδάφους, το είδος της κάλυψης, το βάθος που τοποθετούνται οι σωληνώσεις, η απόσταση μεταξύ των ορυγμάτων κ.ά. Το μήκος των σωληνώσεων του γεωεναλλάκτη που απαιτείται για θέρμανση, L_h (σε m), και για θερμαντικό φορτίο αιχμής q_h (W) δίνεται από τη σχέση:

$$L_h = q_h \left(\frac{\frac{COP_h - 1}{COP_h} (R_p + R_s F_h)}{T_{g,\min} - T_{ewt,\min}} \right)$$

όπου COP_h είναι η τιμή σχεδιασμού του συντελεστή απόδοσης της αντλίας, R_p η θερμική αντίσταση του αγωγού (m·K/W), R_s η θερμική αντίσταση του εδάφους (m·K/W), F_h το κλάσμα φορτίου (ο λόγος δηλ. των ωρών που το σύστημα λειτουργεί στο φορτίο σχεδιασμού προς το σύνολο των ωρών) και $T_{ewt,\min}$ η ελάχιστη εισερχόμενη θερμοκρασία στην αντλία (περίπου $T_{g,\min} - 8^\circ\text{C}$), η οποία αποτελεί μία κρίσιμη σχεδιαστική μεταβλητή. Στην πράξη το μήκος των σωληνώσεων κυμαίνεται στην περιοχή 30-50 m/kW (ονομαστική ισχύς της αντλίας), ενώ η επιφάνεια που καλύπτεται είναι 50-100 m²/kW. Για σύγκριση, το μήκος των σωληνώσεων σε κατακόρυφο σύστημα με γεωτρήσεις είναι 10-25 m/kW.

Το σύστημα αποδίδει τη θερμότητα που λαμβάνεται από το υπέδαφος στο σπίτι είτε με σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fancoils) ή με ενδοδαπέδια/επιτοίχια θέρμανση. Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι και η πιο ενδεδειγμένη καθώς εξασφαλίζει τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής άνεσης και μπορεί να επιτρέψει και την εκμετάλλευση άλλων ήπιων συστημάτων όπως για παράδειγμα των ηλιακών συλλεκτών.

Οι ΓΑΘ δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σήμερα με τα κοινά σώματα των καλοριφέρ, καθώς αυτά απαιτούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες νερού. Βεβαίως σώματα καλοριφέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αλλά απαιτείται τουλάχιστον ο διπλασιασμός της επιφανείας τους.

Κύριο πλεονέκτημα των οριζόντιων συστημάτων σε σύγκριση με τα κατακόρυφα είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης. Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερα ελκυστικά σε καινούρια κτήρια, όπου η εκσκαφή και η τοποθέτηση των αγωγών γίνεται στη φάση της κατασκευής (Σχήμα 4). Από την άλλη μεριά όμως αντιμετωπίζουν και ένα βασικό μειονέκτημα, αυτό της ανάγκης ύπαρξης ικανής έκτασης του οικοπέδου για την τοποθέτηση των υπεδάφινων σωληνώσεων, γεγονός που περιορίζει τη χρήση αυτών των συστημάτων σε κατοικίες σε οικόπεδο τουλάχιστον 500 m². Αντίθετα, οι κατακόρυφες γεωτρήσεις καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο (έτσι μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές με πολλά ή μεγαλύτερα κτήρια) και είναι αποδοτικότερες, επειδή η θερμοκρασία του υπεδάφους παραμένει σταθερή σε μεγαλύτερα βάθη. Τέλος, τα οριζόντια συστήματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου η μέση θερμοκρασία του εδάφους είναι πάρα πολύ μικρή (π.χ. Σκανδιναβία)

Στη φάση του σχεδιασμού του συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το μέγιστο θερμικό ή/και ψυκτικό φορτίο που απαιτείται, η θερμοκρασία του αδιατάρακτου εδάφους, η επάρκεια έκτασης και βεβαίως το κόστος και τα περιβαλλοντικά και άλλα οφέλη της εγκατάστασης.



Εικ.6.5 Εγκατάσταση σωληνώσεων σε οριζόντιο σύστημα ΓΑΘ τη Θεσσαλονίκη



Εικ.6.6 , Ο χώρος μετά την αποκατάσταση

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Lund, J.W., Freeston, D.H. and Boyd. R.L. Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. *Geothermics*, 34, 651-690, 2005.
2. SystemesSolaires, n° 170, The Geothermia Barometer, Dec. 2005 [www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro170.pdf].
3. Laplaige, P., Lemale, J., Decottegnie, S., Desplan, A., Goyeneche, O., and Delobelle, G. Geothermal Resources in France - Current Situation and Prospects. Proc. of the World Geothermal Congress – 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April, 2005.
4. Fytikas, M., Andritsos, N., Dalabakis, P., and Kolios, N. Greek Geothermal Update. Proc. of the World Geothermal Congress – 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April, 2005.
5. Βραχόπουλος, Μ.Γ. και Παπαγεωργάκης, Ι. Ηλιογενής και γηγενής θερμότητα στο αβαθές υπέδαφος της Αττικής. Τεχνικά Χρονικά Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ IV, 18(1), 55-66, 1998.
6. Τσιλιγκιρίδης, Γ., Σπαντιδάκης, Γ., και Χατζημουσιάδης Σ. Μελέτη της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς του εδάφους στο σταθμό μέτρησης του ΑΠΘ. Πρακ. 7^{ου} Εθνικού Συνεδρίου για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας, Πάτρα, 6-8 Νοεμ. 2002, Τόμος Β, σελ. 115-124.
7. IGSHPA, Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems – Installation Guide, International Ground-source Heat Pump Association, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, USA, 1988.
8. Ret Screen International, Ground – source heat pump project analysis chapter, Canada, 2001. [www.retscreen.net]
9. Ζησκάτας, Ζ. Συστήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας Οριζόντιου Κλειστού Βρόχου. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μάρτιος 2006
10. ΚΑΠΕ-Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, 19009 Πικέρμι
11. BONAIR Μελετητική, e-mail: bonair@teledomenet.gr
12. [Daikin Altherma | High Temperature Split | HT Split systems | Daikin](http://www.daikin.gr)
www.daikin.gr
13. [Tsitsos Κλίμα - ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ...](http://www.tsitsos.gr)
www.tsitsos.gr
1. Balaras, C.A., Kallos G., Stathi A., Kritikou S., ‘On the Relationship of Beam Transmittance on Clearness Index for Athens, Greece’, Int J. Solar Energy, Vol.7, 1989.
2. Gueymard C., ‘An Isotropic Solar Irradiance Model for Tilted Surfaces and its Comparison with Selected Engineering Algorithms’, Solar Energy Vol. 40, pp.175, 1998.
3. Καράγιωργας Μ., ‘Αντλίες θερμότητας: Διεποχικός συντελεστής συμπεριφοράς και η σχέση του με την οικονομικότητα’, 4^ο Εθνικό Συνέδριο ΙΗΤ, Τομ. Β’, Ξάνθη, 1992.
4. IEA . Report on Solar Air Systems-A Design Handbook, 2002.
5. Β. Ν. Δρόσου, ‘Βέλτιστος Σχεδιασμός Επίπεδου Ηλιακού Συλλέκτη Αέρα Για Χρήση Σε Ξηραντήριο Γεωργικών Προϊόντων’, ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ, 1998.
6. Μπολολιά Μ., ‘Αξιολόγηση Ηλιακών Συλλεκτών Αέρα σε Βιοκλιματικό Κτίριο’, Πτυχιακή Εργασία, ΑΣΕΤΕΜ-ΣΕΛΕΤΕ, 2002.
7. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΑΕΡΑ AIRSOL-300, SOLE A.E, 2003.
8. Φ. Κωτσιανά, Δ.Χούντας, «Συλλέκτες Ηλιακής Ενέργειας, Θεωρία-κατασκευή συστημάτων θερμάνσεως νερού», 2^η Έκδοση, 1989.
9. Δ. Α. Κουρεμένος, Κ. Α. Αντωνόπουλος, Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά 35 ελληνικών πόλεων, ΕΜΠ, 1984.
10. ASHRAE, Handbook of Fundamentals, 1997.