



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ : ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ : ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΤΙΤΛΟΣ: «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΣΕ ΜΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ».**

**ΟΝΟΜ/ΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : Ροδόπουλος Χρήστος**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Καλογήρου Ι.**

**ΠΑΤΡΑ  
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάνοντας μια μικρή αναδρομή στο χρόνο, εύκολα συνειδητοποιούμε τις τρομακτικές αλλαγές στις θερμοκρασίες αλλά και στις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης για τον άνθρωπο, σε ένα διάστημα μερικών δεκαετιών μόνο. Βασικό μέλημα του ανθρώπου ήταν η θέρμανση των χώρων διαβίωσης και εργασίας. Επαγγελματικό δροσισμό ή ψύξη συναντάμε πριν πολλά χρόνια, αλλά κλιματισμό του χώρου που ζούμε και εργαζόμαστε, ειδικά για τη χώρα μας, θυμόμαστε μόνο τα τελευταία είκοσι χρόνια και σε πολύ πιο αυξημένο αριθμό, τα τελευταία δέκα χρόνια. Σήμερα, που όλοι ασχολούνται πια με την τρομακτική αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη μας, είναι επιτακτική η ανάγκη πρόβλεψης και αντιμετώπισης της υψηλής θερμοκρασίας σε οικίες και αυτοκίνητα αλλά και την μείωση των εκπομπών ουσιών που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας.

Τα πιο συνηθισμένα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν τη μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ένα σπίτι, είναι οι διαιρούμενες κλιματιστικές μονάδες. Η ακόμα πιο εξειδικευμένη ορολογία τα χαρακτηρίζει σαν τοπικές διαιρούμενες κλιματιστικές μονάδες ψυκτικού ρευστού – αέρα. Τοπικές γιατί τοποθετούνται σε ένα χώρο και αποδίδουν μόνο σ' αυτόν. Διαιρούμενες γιατί αποτελούνται από δύο μέρη : Την εξωτερική, που λειτουργεί κατά βάση σαν εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού ρευστού και του περιβάλλοντος και την εσωτερική, μεταξύ ψυκτικού υγρού και του εξωτερικού χώρου.

Ο σκοπός ενός ψυκτικού μέσου είναι να απορροφά θερμότητα και να τη μεταφέρει σ' έναν χώρο, δημιουργώντας συνθήκες άνεσης για ψύξη είτε για θέρμανση ανάλογα με τις ανάγκες του. Γνωρίζουμε, ότι μια συγκεκριμένη ποσότητα θερμότητας μπορεί να απορροφηθεί από ένα υγρό ή από ένα αέριο

όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας. Η ποσότητα που μπορεί να απορροφηθεί είναι μικρή αλλά μπορεί να συγκριθεί με την ποσότητα της θερμότητας που απορροφάται από ένα υγρό για να μετατραπεί σε αέριο με τη διαδικασία της λανθάνουσας θερμότητας. Λανθάνουσα θερμότητα ονομάζουμε την ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για την αλλαγή της κατάστασης της ύλης χωρίς όμως την μεταβολή της θερμοκρασίας της.

Τέλος, το κύκλωμα όλο λέγεται ψυκτικός κύκλος και πιο συγκεκριμένα είναι ο πλήρης κύκλος που κάνει το ψυκτικό μέσο μέχρι να φτάσει ξανά στο σημείο εκκίνησής του, ο οποίος διακρίνεται από τις αλλαγές της θερμοκρασίας και της πίεσης στις διάφορες φάσεις που βρίσκεται το ψυκτικό ρευστό.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Πρωταρχικό και βασικό στάδιο για την υλοποίηση του θεωρητικού μέρους αποτέλεσε η οριοθέτηση του τι εστί θερμοδυναμική, τι είναι τα ψυκτικά ρευστά, ο ψυκτικός κύκλος και οι αντλίες θερμότητας, καθώς επίσης και η ανάλυση του κλιματισμού με τρόπο που να έχει ερμηνευτική και εννοιολογική αξία για τον αναγνώστη.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω έγινε χρήση μιας σειράς δευτερογενών στοιχείων, όπου πρωταρχικό ρόλο διαδραμάτισαν η Ε.Ε. Μηχανικών Κλιματισμού/Αερισμού/Ψύξης/Θέρμανσης, το Ελληνικό Παράρτημα της Αμερικανικής Ένωσης Μηχανικών Κλιματισμού/Αερισμού/Θέρμανσης/Ψύξης, το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, το Πανεπιστήμιο Αθηνών και μια σειρά εταιρειών που ασχολούνται με τον κλιματισμό. Ανατρέξαμε στη κάθε μία πηγή, τα εντοπίσαμε τα συγκεντρώσαμε και κάναμε την απαραίτητη διαλογή. Ωστόσο, ανατρέξαμε και σε συναφή με το αντικείμενο της μελέτης βιβλία και περιοδικά, για να διασφαλιστεί η ορθότητα των παραπάνω.

Παρόλα αυτά, η συλλογή των δευτερογενών στοιχείων που συγκεντρώθηκαν δεν ήταν επαρκή για να ολοκληρωθεί το πρακτικό μέρος της εργασίας και έτσι συλλέχτηκαν και πρωτογενή στοιχεία με προσωπικές μετρήσεις σε μηχανήματα ψύξης – θέρμανσης.

## **ΔΟΜΗ**

Η εργασία περιέχει πέντε (5) κεφάλαια. Ειδικότερα :

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στη θερμοδυναμική. Αναλύεται η ιστορική εξέλιξη, ο ορισμός και τα αξιώματά της καθώς επίσης και οι θερμοδυναμικές μεταβολές της.

Το δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζει τον ψυκτικό κύκλο και την αντλία θερμότητας, ενώ το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με τα ψυκτικά ρευστά, τη νομοθεσία και τα μέτρα που ισχύουν γι' αυτά.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την ιστορία του κλιματισμού και αναλύει τη βασική θεωρία και τους τύπους του κλιματιστικών. Επιπλέον, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται η τεχνολογία inverter και τα πλεονεκτήματά της.

Το πέμπτο κεφάλαιο πραγματεύεται το γιατί να χρησιμοποιούμε κλιματισμό. Ειδικότερα, καλύπτονται θέματα σχετικά με τις επιδράσεις του κλιματισμού στην ατομική απόδοση, την υγεία και τον εξοπλισμό εσωτερικής χρήσης. Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται λόγος για την επιλογή του κατάλληλου συστήματος και τις εναλλακτικές μεθόδους κλιματισμού.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Ιστορική Εξέλιξη.....	9
1.3 Ορισμός Θερμοδυναμικής .....	10
1.3.1 Πρώτο Θερμοδυναμικό Αξίωμα.....	11
1.3.2 Θερμικές Μηχανές.....	12
1.3.3 Δεύτερο Θερμοδυναμικό Αξίωμα.....	13
1.3.4 Θερμοδυναμική Εντροπία.....	13
1.3.5 Εντροπία και Δεύτερος Νόμος.....	14
1.3.6 Τρίτο Θερμοδυναμικό Αξίωμα.....	15
1.4 Θερμοδυναμικές μεταβολές/ διεργασίες.....	15
1.4.1 Ισόθερμη μεταβολή (Νόμος του Boyle).....	16
1.4.2 Ισόχωρη ή Ισομετρική μεταβολή ( Νόμος του Charles).....	18
1.4.3 Ισοβαρής ή Ισοτονική μεταβολή (Νόμος Gay-Lussac).....	19
1.4.4 Αδιαβατική ή Ισεντροπική μεταβολή .....	19
1.4.5 Πολύτροπη μεταβολή.....	20
1.4.6 Κλειστή ή κυκλική μεταβολή.....	20
1.4.7 Αντιστρεπτή μεταβολή.....	21

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ - ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

2.1 Βασικές αρχές ψύξης.....	22
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	23

2.3 Σχέση μεταξύ πίεσης και θερμοκρασίας .....	25
2.4 Ψυκτικός κύκλος με συμπίεση ατμών – Αντλία θερμότητας.....	27
2.4.1 Θεωρητική αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας.....	28
2.4.2 Τεχνολογία της Αντλίας Θερμότητα.....	31
2.4.3 Εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου.....	33
2.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας.....	57

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΨΥΚΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ – ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

3.1 Τι είναι τα ψυκτικά ρευστά;.....	60
3.2 Η ζωή μετά το φρέον.....	64
3.3 Τι ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	65
3.4 Τα γνωστότερα ψυκτικά μέσα.....	68
3.5 Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης.....	69
3.5.1 Οι υδρογονάνθρακες σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού.....	70
3.5.2 Η αμμωνία σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού.....	72
3.5.3 Το διοξείδιο του άνθρακα σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού.....	73
3.6 Παγκόσμια νομοθεσία κατά της μεταβολής του κλίματος.....	74
3.6.1 Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ.....	74
3.6.2 Το Πρωτόκολλο του Κιότο.....	76
3.7 Μέτρα Ασφάλειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος.....	77

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ

4.1 Ιστορική εξέλιξη του κλιματισμού.....	80
4.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των κλιματιστικών.....	84
4.3 Η λειτουργία του κλιματισμού.....	84

4.4 Οι κύριοι παράγοντες του κλιματιστικού.....	85
4.5 Βασική θεωρία του κλιματιστικού.....	86
4.6 Βασική κατασκευή των κλιματιστικών.....	87
4.6.1 Τύποι κλιματιστικών.....	89
4.6.2 Δυνατότητα ψύξης και επιλογή μοντέλου.....	89
4.6.3 Ισχύς Κλιματιστικού.....	90
4.6.4 Κατανομή φορτίου.....	92
4.7 Κατανάλωση και Inverter.....	92
4.7.1. Τεχνολογία Inverter.....	93
4.7.2 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Inverter.....	94
4.7.3 Συντήρηση.....	94

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΓΙΑΤΙ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ

5.1 Η επίδραση στην ατομική απόδοση.....	96
5.2 Επίδραση στην υγεία .....	97
5.3 Επίδραση στον εξοπλισμό εσωτερικής χρήσης.....	99
5.4 Επιλογή κατάλληλου συστήματος κλιματισμού.....	99
5.5 Εναλλακτικές μέθοδοι κλιματισμού .....	101

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Άσκηση 1.....	106
Άσκηση 2.....	120
Βιβλιογραφία.....	129

# **Κεφάλαιο 1 : Θερμοδυναμική**

## **1.1 Εισαγωγή**

Η επιστήμη της θερμοδυναμικής έχει τη βάση της σε τρεις (3) θεμελιώδεις νόμους. Μέσα από αυτούς τους νόμους εισάγονται δύο κεντρικές έννοιες, η ενέργεια και η εντροπία. Κεντρικές στη μελέτη της θερμοδυναμικής είναι οι έννοιες του συστήματος και του περιβάλλοντος. Αν και η συστηματική μελέτη της θερμοδυναμικής ξεκίνησε από την κατασκευή των πρώτων κινητήρων στα τέλη του 17ου αιώνα, σήμερα έχει αποκτήσει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και σε άλλες επιστήμες πλην της μηχανικής και των εφαρμογών της όπως η χημεία, η βιολογία και η επιστήμη υλικών.

## **1.2 Ιστορική Εξέλιξη**

Η ιδέα για τη χρήση της θερμότητας για τη μετάδοση κίνησης υπάρχει από την αρχαιότητα, εντούτοις οι θερμικές μηχανές εκείνης της περιόδου δεν είχαν πρακτική χρήση. Η πρώτη θερμική μηχανή είναι ο αιολικός κινητήρας του Ήρωνα. Ο Ήρωνας περιγράφει ένα σύστημα που έκλεινε τις πόρτες ενός ναού με χρήση της θερμότητας από τη φωτιά που άναβε το βωμό του ναού. Το μοντέρνο ενδιαφέρον για τη θερμοδυναμική σαν επιστήμη ξεκινάει με την κατασκευή του πρώτου κινητήρα ατμού από τον Thomas Savery το 1697 και τον Thomas Newcomen στην Αγγλία το 1712. Έκτοτε, η ιστορία της θερμοδυναμικής είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εικόνα που είχε ο άνθρωπος για τη θερμότητα.

Αρχικά, υπήρχε η αντίληψη ότι η θερμότητα ήταν ένα είδος ρευστού και η θέρμανση ενός σώματος δεν ήταν παρά η μεταφορά αυτού του ρευστού από το ένα σώμα στο άλλο. Εντούτοις, αυτή η αντίληψη δεν απέτρεψε τον Sadi Carnot, τον "πατέρα της θερμοδυναμικής" να αντιληφθεί τους φυσικούς περιορισμούς της μετατροπής αυτού του "θερμικού ρευστού" σε έργο, και να διατυπώσει



μόλις το 1824, αυτό που σήμερα αποκαλούμε δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής. Θα έπρεπε να περάσουν άλλα 18 χρόνια μέχρι να ανακαλύψει ο R. J. Mayer την ισοδυναμία έργου και θερμότητας και να διατυπώσει την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Ο όρος θερμοδυναμική χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1849 από τον λόρδο Kelvin, ενώ το πρώτο σύγγραμμα πάνω στο αντικείμενο γράφτηκε το 1859 από τον καθηγητή William Rankine.

### **1.3 Ορισμός Θερμοδυναμικής**

Κατά την πάροδο των χρόνων έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για τη Θερμοδυναμική, μερικοί από τους οποίους δίνονται παρακάτω.

Κατά τον Epstein `` Θερμοδυναμική είναι η επιστήμη που για την μελέτη των συστημάτων που εξετάζει χρησιμοποιεί παραμέτρους από τη μηχανική, τον ηλεκτρομαγνητισμό και μια ακόμα θερμική λόγω χάρη τη θερμοκρασία. Γενικά, η θερμοδυναμική εξετάζει τις συνθήκες ισορροπίας των διαφόρων συστημάτων ή τις μεταβολές καταστάσεων που βρίσκονται πολύ κοντά στην κατάσταση ισορροπίας ``.

Οι Χατζόπουλος και Keenan δίνουν τον εξής ορισμό: `` Θερμοδυναμική είναι η επιστήμη που εξετάζει τις καταστάσεις και τις μεταβολές των φυσικών συστημάτων. Επί πλέον, εξετάζει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ συστημάτων που μπορεί να συνοδεύονται και από μεταβολές των καταστάσεων``.

Κατά τον Kestin `` η θερμοδυναμική είναι ένας κλάδος της Φυσικής, που περιγράφει φυσικές μεταβολές στις οποίες η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο. Οι μεταβολές αυτές περιλαμβάνουν την μετατροπή της ενέργειας από μια

μορφή σε άλλη. Κατά συνέπεια, η Θερμοδυναμική ασχολείται με τους νόμους που διέπουν αυτή τη μετατροπή ενέργειας ``.

Κατά τους Van Wylen και Sonntag ``Θερμοδυναμική είναι η επιστήμη της ενέργειας και της εντροπίας``.

Όλοι οι παραπάνω ορισμοί είναι σωστοί και ο καθένας έχει τη δικιά του γοητεία. Σε συμπέρασμα και πολύ απλά θα μπορούσαμε να πούμε ότι : ``Θερμοδυναμική είναι η επιστήμη που έχει ως αντικείμενο μελέτης την ενέργεια και την ύλη σε συνδυασμό με τις αλλαγές των μορφών τους``.

(Τεχνική Θερμοδυναμική, Κων/νος Δελίδης, εκδόσεις Ίων, Αθήνα 2006, σελ.15-16)

### **1.3.1 Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος**

Ο νόμος αυτός δηλώνει ότι η ενέργεια διατηρείται σε ένα Κλειστό Σύστημα. Σε όλες τις διαδικασίες ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος ισχύει η βασική αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Όμως, θα πρέπει να τροποποιήσουμε την αρχή αυτή για να συμπεριλάβει μέσα της και τη νέα μορφή ενέργειας που είναι η θερμότητα. Η θερμότητα που προσφέρουμε σ'ένα αέριο είναι ίση με το άθροισμα της αύξησης της εσωτερικής ενέργειάς του και του έργου που παράγει το αέριο. Η μαθηματική του διατύπωση είναι :  $Q = \Delta U + W$  όπου:  $Q$  η θερμότητα,  $\Delta U$  η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας και  $W$  το έργο.

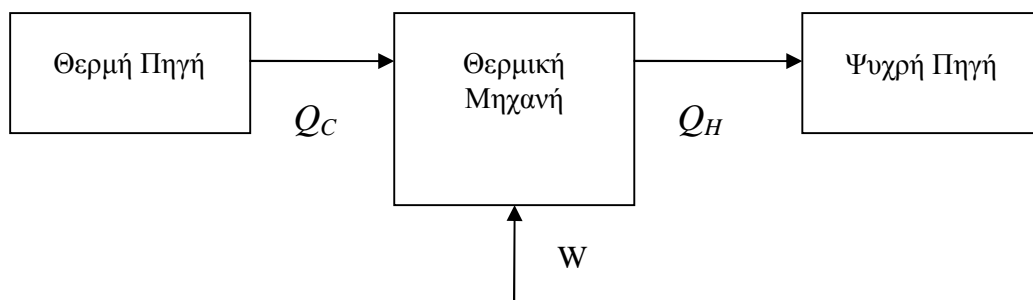
### 1.3.2 Θερμικές Μηχανές

Οι θερμικές μηχανές είναι διατάξεις που υποβάλλουν ένα 'μέσον' σε μια κυκλική μεταβολή με σκοπό να μετατρέπουν συνεχώς τη θερμότητα σε μηχανικό έργο(και όχι μόνο). Το μέσον μπορεί να είναι υγρό ή αέριο.

Μία θερμική μηχανή αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

1. τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας  $T_H$
2. τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας  $T_C$
3. και το μέσον που υποβάλλεται σε κυκλική μεταβολή

Σχηματικά παριστάνεται ως εξής :



Ποσά θερμότητας αντλούμε από την δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας. Ένα μέρος τους μετατρέπεται σε έργο και το υπόλοιπο διοχετεύεται στη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.

Για κάθε μηχανή , άρα και τη θερμική, ορίζεται ένας συντελεστής απόδοσης:

$$E = \text{Wοφέλιμο} / \text{Δαπανώμενη Ενέργεια} = W / Q_H$$

### 1.3.3 Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος

Σύμφωνα με το “Δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο” η εντροπία, δηλαδή η αταξία ενός συστήματος τείνει αν αφηθεί μόνο του να αυξηθεί. Δηλαδή, δεν μπορεί από μόνο του ένα σύστημα να πάει σε κατάσταση μεγαλύτερης τάξης, αλλά τείνει σε κατάσταση μεγαλύτερης αταξίας. (Το θερμοδυναμικό αυτό νόμο διατύπωσε και απέδειξε ο λόρδος Kelvin, το 1859).

Με άλλα λόγια, ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής απαγορεύει (μεταξύ των άλλων) σε δύο σώματα ίσης θερμοκρασίας, που είναι σε επαφή μεταξύ τους και απομονωμένα από το περιβάλλον, από το να εξελιχθούν σε μια κατάσταση στην οποία το ένα από τα δύο να έχει μια σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία από το άλλο.

Ο δεύτερος νόμος εκφράζεται επίσης και ως εξής: σε ένα απομονωμένο σύστημα η ολική εντροπία δεν μειώνεται ποτέ. Η μαθηματική του διατύπωση είναι :  $ds_{\text{total}} \geq 0$  ,  $(ds_{\text{ολικό}} = ds_{\text{συστ.}} + ds_{\text{περιβ.}}) \geq 0$

### 1.3.4 Θερμοδυναμική Εντροπία

Ο Clausius επινόησε τον όρο εντροπία υπό την εξής έννοια. Είχε παρατηρήσει ότι σε μια ιδανική Αντιστρεπτή Μεταβολή, υπό σταθερή θερμοκρασία, το πηλίκο της θερμότητας που ανταλλάσσει το Θερμοδυναμικό Σύστημα με το περιβάλλον του, προς την απόλυτη θερμοκρασία υπό την οποία συμβαίνει η μεταβολή είναι ένα σταθερό μέγεθος.

Συμπέρανε λοιπόν, ότι αφού το πηλίκο αυτό ήταν σταθερό, θα έπρεπε να παριστάνει ένα πραγματικό, μετρήσιμο μέγεθος. Το μέγεθος αυτό ονόμασε μεταβολή της εντροπίας. Δεν σημαίνει βέβαια, ότι κάθε διατηρούμενο πηλίκο

πρέπει να παριστάνει και ένα πραγματικό Φυσικό Μέγεθος. Παρ' όλα αυτά, για διάφορους ιστορικούς λόγους, ο όρος παρέμεινε στη Φυσική.

Για μια αντιστρεπτή μεταβολή που δεν γίνεται υπό σταθερή θερμοκρασία, η μεταβολή της εντροπίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta S = \Sigma( \delta Q / T )$$

Έκτοτε, ο όρος αυτός απέκτησε διάφορες σημασίες, οι οποίες εκ πρώτης όψεως δεν φαίνονται καθόλου ισοδύναμες. Συχνά λόγω χάρη, αναφέρεται ο εξής ορισμός της εντροπίας: "Για ένα κλειστό σύστημα, το μέτρο της θερμικής ενέργειας που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί έργο, καλείται εντροπία του συστήματος". Αποτελεί δηλαδή το αντίθετο της διαθέσιμης ενέργειας.

### **1.3.5 Εντροπία και Δεύτερος Νόμος**

Σήμερα, συνηθίζεται να χρησιμοποιούμε τον όρο εντροπία σε συνδυασμό με τον δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο. Αφού λοιπόν η εντροπία δηλώνει την μη διαθέσιμη ενέργεια ενός συστήματος, η έκφραση του Δεύτερου Νόμου που αναφέρει "ότι σε ένα Κλειστό Σύστημα η διαθέσιμη ενέργεια δεν μπορεί να αυξάνει" είναι ισοδύναμη με εκείνη που δηλώνει "ότι η εντροπία ενός κλειστού συστήματος δεν μπορεί ποτέ να μειώνεται".

Μια άλλη μαθηματικοποιημένη μορφή του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου λέει ότι το στοιχειώδες ποσό θερμότητας που ανταλλάσσει ένα σύστημα κατά τη διάρκεια μιας μεταβολής, η οποία γίνεται υπό σταθερή θερμοκρασία  $T$ , συνδέεται με τη μεταβολή ενός μεγέθους που ονομάζεται εντροπία, με τη σχέση:  $\delta Q = < S dT$

Η ισότητα ισχύει στις λεγόμενες αντιστρεπτές μεταβολές. Δηλαδή, σε εκείνες που αν κάνουμε τους αντίθετους ακριβώς χειρισμούς από αυτούς που κάναμε κατά τη διάρκεια της μεταβολής, τόσο το σύστημά μας όσο και το περιβάλλον του, οδηγούνται ξανά στις αρχικές τους καταστάσεις. Οι αντιστρεπτές μεταβολές είναι εξιδανικευμένες μεταβολές. Για τις πραγματικές μεταβολές που δεν είναι αντιστρεπτές, ισχύει το σύμβολο  $<$  στην παραπάνω σχέση.

### **1.3.6 Τρίτος Θερμοδυναμικός Νόμος**

Η εντροπία ενός συστήματος στην απόλυτη θερμοκρασία του μηδενός ( $T=0$  K) είναι μηδέν ( $S=0$ ). Αυτό προκύπτει από την κβαντική συμπεριφορά του συστήματος, καθώς στο απόλυτο μηδέν το σύστημα βρίσκεται στη θεμελιώδη κατάστασή του ( $\Omega = 1$ ).

### **1.4 Θερμοδυναμικές μεταβολές/ διεργασίες**

Η μετάβαση ενός συστήματος από μια κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας σε μια άλλη λέγεται θερμοδυναμική μεταβολή. Ο χαρακτηρισμός μιας μεταβολής καθορίζεται από τις συνθήκες κάτω από τις οποίες γίνεται η μεταβολή. Η δε γνώση όλων των μεταβολών ενός συστήματος είναι απόλυτα απαραίτητη για το μηχανικό, γιατί η βασική επιδίωξη είναι η αύξηση της απόδοσης του συστήματος με την κατάλληλη εκλογή και συνδυασμό των διαφόρων μεταβολών. Οι διάφορες μεταβολές παρατίθενται παρακάτω.

### 1.4.1 Ισόθερμη μεταβολή (Νόμος του Boyle)

Στη θερμοδυναμική ο Νόμος του Μπόιλ είναι ένας από τους τρεις νόμους των αερίων. Γνωστός και σαν νόμος Μπόιλ-Μαριότ, πήρε το όνομά του αρχικά από τον Ιρλανδό φυσικό φιλόσοφο Ρόμπερτ Μπόιλ (*Robert Boyle*), που πρώτος τον διατύπωσε το 1662. Σύμφωνα με αυτό το νόμο, ο όγκος ενός αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης αυτού, σε σταθερή θερμοκρασία.

Για τις μεταβολές πίεσης και θερμοκρασίας, αν  $P_1$  η αρχική πίεση του αερίου,  $V_1$  ο αρχικός ειδικός όγκος του και  $T$  η σταθερή θερμοκρασία του, προκληθεί μεταβολή της πίεσης και του όγκου του σε  $P_2$  και  $V_2$  κατά τρόπο που η θερμοκρασία μείνει αμετάβλητη, τότε μεταξύ των παραπάνω στοιχείων του αερίου θα ισχύει η μαθηματική σχέση:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{ή} \quad P_1V_1 = P_2V_2$$

Το γινόμενο επομένως  $PV$  είναι σταθερό και ισούται με  $nRT$  όπου  $n$  ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου και  $R$  η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων που στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) έχει τιμή :

$$R = 8,314 \frac{\text{Joule}}{\text{mole} \cdot \text{K}}$$

Αυτό σημαίνει, πως αν διπλασιαστεί η πίεση ενός αερίου, ο όγκος του θα υποδιπλασιαστεί και αντίστροφα (αρκεί μόνο η θερμοκρασία του να παραμένει σταθερή). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον νόμο αυτό, όταν σπρώχνεται η λαβή της αεραντλίας ποδηλάτου προς τα μέσα, μειώνεται ο όγκος του αέρα με

αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεσή του και να διοχετεύεται πλέον με πίεση στο λάστιχο του ποδηλάτου ώστε να το αναγκάζει τούτο να φουσκώνει.

Επομένως, όταν η θερμοκρασία αερίου παραμένει σταθερή, το γινόμενο πίεσης του αερίου επί του αντίστοιχου ειδικού όγκου του είναι πάντοτε σταθερός αριθμός. Η δε μαθηματική διατύπωση αυτού είναι :

$$PV = k$$

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν προφανώς για 1 kg αερίου, δεδομένου ότι σ' αυτές υπεισέρχεται ο ειδικός όγκος του  $V$ , που παριστά τον όγκο στη μονάδα μέτρησης 1 kg αερίου. Εφαρμόζονται όμως και για περισσότερα του ενός χιλιογράμματος με την διαφορά μόνο ότι αντί ειδικού όγκου  $v$  τοποθετείται τότε ο ολικός όγκος  $V$  του αερίου.

Αν τώρα ληφθεί υπ' όψη ότι ειδικός όγκος και ειδικό βάρος είναι μεγέθη αντίστροφα μεταξύ τους τότε εύκολα συνάγεται ότι η σχέση μεταξύ πιέσεων και ειδικών βαρών του αερίου θα παρίσταται από τον μαθηματικό τύπο:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{g_1}{g_2}$$

Ο τελευταίος παραπάνω τύπος αποτελεί μια άλλη έκφραση του Νόμου Boyle - Mariotte κατά την οποία υπό σταθερή θερμοκρασία τα ειδικά βάρη του αερίου είναι κατ' ευθείαν ανάλογα προς τις αντίστοιχες πιέσεις αυτού.

Ο νόμος των Boyle και Mariotte όπως και οι άλλοι νόμοι των αερίων, ισχύει επακριβώς για ιδανικά αέρια. Οι νόμοι όμως μπορούν να εφαρμοστούν σαν καλή προσέγγιση και σε πραγματικά αέρια.



### 1.4.2 Ισόχωρη ή Ισομετρική μεταβολή ( Νόμος του Charles)

Ο νόμος Charles αναφέρει ότι η πίεση  $P$  είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας  $T$  μιας ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου, υπό την προϋπόθεση ότι ο όγκος είναι σταθερός ( $V = \text{σταθ.}$ ).

$$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{σταθ.}$$

όπου  $n$  ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου και  $R$  η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων που στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) έχει τιμή :

$$R = 8,314 \frac{\text{Joule}}{\text{mole} \cdot ^\circ\text{K}}$$

Αν ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου μεταβαίνει ισόχωρα ( $V = \text{σταθ.}$ ) από την θερμοδυναμική κατάσταση  $A(P_A, V, T_A)$  στην κατάσταση  $B(P_B, V, T_B)$  τότε ισχύει η σχέση:

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

Ο νόμος του Charles, όπως και οι άλλοι νόμοι των αερίων, ισχύει επακριβώς για ιδανικά αέρια. Οι νόμοι όμως μπορούν να εφαρμοστούν σαν καλή προσέγγιση και σε πραγματικά αέρια.

### 1.4.3 Ισοβαρής ή Ισοτονική μεταβολή (Νόμος Gay-Lussac)

Ο νόμος Gay-Lussac (ή νόμος της ισοβαρούς μεταβολής) αναφέρει πως υπό σταθερή πίεση  $P$  και για ορισμένη μάζα αερίου, ο όγκος  $V$  είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας  $T$ .

$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{P} = \text{σταθ.}$$

όπου  $n$  ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου και  $R$  η παγκόσμια σταθερά των ιδανικών αερίων που στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) έχει τιμή :

$$R = 8,314 \frac{\text{Joule}}{\text{mole} \cdot \text{°K}}$$

Αν ορισμένη ποσότητα ιδανικού αερίου μεταβαίνει ισοβαρώς ( $P=\text{σταθ.}$ ) από την θερμοδυναμική κατάσταση  $A(P, V_A, T_A)$  στην κατάσταση  $B(P, V_B, T_B)$  τότε ισχύει η σχέση :

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

Ο νόμος του Gay Lussac, όπως και οι άλλοι νόμοι των αερίων, ισχύει επακριβώς για ιδανικά αέρια. Οι νόμοι όμως μπορούν να εφαρμοστούν σαν καλή προσέγγιση και σε πραγματικά αέρια.

### 1.4.4 Αδιαβατική ή Ισεντροπική μεταβολή

Είναι η μεταβολή όπου το σύστημα δεν ανταλλάσει ποσά θερμότητας με το περιβάλλον ( $Q = \text{σταθερό}, dQ = 0$ ).

#### **1.4.5 Πολυτροπική μεταβολή**

Τόσο η ισόθερμη όσο και η αδιαβατική είναι ιδανικές μεταβολές, γιατί η πρώτη προϋποθέτει τοιχώματα τέλεια θερμοδιαπερατά, ενώ η δεύτερη τέλεια θερμομονωτικά και για τον λόγο αυτό δεν πραγματοποιούνται στην πράξη. Αντίθετα, όλες οι μεταβολές, συμπίεσεις ή εκτονώσεις που γίνονται μέσα σε δοχεία, κυλίνδρους κ.λ.π. είναι περιπτώσεις ενδιάμεσες μεταξύ ισόθερμης και αδιαβατικής και λέγονται πολυτροπικές. Είναι δηλαδή μεταβολές που γίνονται σε δοχεία με ημιδιαπερατά τοιχώματα. Ανάλογα με τις συνθήκες μια πολυτροπική μεταβολή πλησιάζει πιο πολύ προς την ισόθερμη ή την αδιαβατική.

Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχουν μόνο πολυτροπικές μεταβολές και ότι η ισόθερμη και η αδιαβατική είναι δυο ακραίες ιδανικές και διαμετρικά αντίθετες περιπτώσεις μιας πολυτροπικής μεταβολής. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος είναι: α) γραφικά η καμπύλη μιας πολυτροπικής μεταβολής να βρίσκεται μεταξύ της αντίστοιχης ισόθερμης και αδιαβατικής και β) η εξίσωση που περιγράφει μια πολυτροπική μεταβολή μπορεί να θεωρηθεί σαν ενδιάμεση μορφή μεταξύ της αντίστοιχης ισόθερμης και της αδιαβατικής.

#### **1.4.6 Κλειστή ή κυκλική μεταβολή**

Κυκλική ονομάζεται η μεταβολή της κατάστασης ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου, η οποία αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας διαφορετικών μεταξύ τους, εκτός από την αρχική και τελική κατάσταση που συμπίπτουν.

#### **1.4.7 Αντιστρεπτή μεταβολή**

Μια μεταβολή λέγεται αντιστρεπτή όταν είναι δυνατόν να επανέλθει και κατά την αντίθετη φορά. Η διαδοχική διαγραφή κατά τις δυο αντίστροφες φορές δεν επιφέρει καμία μεταβολή στο σύστημα (γενικά στον κόσμο), μ' άλλα λόγια δεν αφήνει κανένα ίχνος πουθενά. Μια μεταβολή για να είναι αντιστρεπτή θα πρέπει όλα τα στοιχειώδη κομμάτια από τα οποία αποτελείται να είναι αντιστρεπτά.

Οι αντιστρεπτές μεταβολές είναι ιδανικές μεταβολές και δεν παρουσιάζονται στη φύση. Αντίθετα, όλες οι μεταβολές που γίνονται στη φύση είναι μη αντιστρεπτές και η αιτία γι αυτό είναι η ύπαρξη τριβών που έχουν σαν συνέπεια τη μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε θερμότητα, η οποία όμως δεν είναι εκμεταλλεύσιμη.

Λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που κάνουν μια μεταβολή μη αντιστρεπτή, εύκολα συμπεραίνουμε ότι όλες οι πραγματικές μεταβολές είναι μη αντιστρεπτές αλλά υπάρχουν μερικές μεταβολές που είναι λιγότερο μη αντιστρεπτές από άλλες. Επειδή οι αντιστρεπτές μεταβολές έχουν το μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης, κύριο μέλημα στην Τεχνική Θερμοδυναμική είναι να συνδυάσουμε κατά τέτοιο τρόπο τους διάφορους παράγοντες, ώστε να πλησιάσουμε όσο γίνεται τις αντιστρεπτές μεταβολές.

## **Κεφάλαιο 2 : Ψυκτικός Κύκλος - Αντλία Θερμότητας**

### **2.1 Βασικές αρχές ψύξης**

Όταν τοποθετήσουμε ένα θερμό σώμα κοντά σε ένα ψυχρό, παρατηρείται μεταφορά θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, το αντικείμενο που ήταν πιο θερμό να αρχίζει να γίνεται ψυχρότερο από πριν. Όταν για παράδειγμα το σώμα μας έρθει σε επαφή με νερό χαμηλότερης θερμοκρασίας, θα αρχίσουμε να κρυώνουμε. Αυτό οφείλεται στην εξάτμιση του νερού, απορροφώντας θερμότητα από το δέρμα. Σε σχέση με το νερό, το οινόπνευμα προσφέρει ακόμα μεγαλύτερη ψύξη στο δέρμα, γιατί εξατμίζεται πιο γρήγορα.

Τα υγρά λοιπόν που χρησιμοποιούνται στα ψυκτικά συστήματα και παράγουν ψύξη απάγοντας θερμότητα, ονομάζονται ψυκτικά μέσα. Ένα από τα πρώτα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η αμμωνία. Όταν η καθαρή αμμωνία τοποθετηθεί σε ανοικτό δοχείο, τότε εξατμίζεται τόσο γρήγορα ώστε κοχλάζει.

Εφαρμογή της ψυκτικής δράσης έχουμε με μια ψυκτική μονάδα, η οποία αποτελείται από ένα απομονωμένο κουτί ψύξης, μια δεξαμενή με υγρό κάτω από πίεση και ένα χώρο ψύξης, ο οποίος απορροφά θερμότητα από την εξάτμιση της αμμωνίας σε ατμοσφαιρική πίεση. Πρακτικά βέβαια, η χρήση ενός τέτοιου συστήματος δεν είναι δυνατή λόγω του μεγάλου κόστους της αμμωνίας και των επικίνδυνων καυσαερίων που θα πρέπει να οδηγηθούν έξω με ασφάλεια. Το ψυκτικό μέσο πρέπει να επανέρχεται στην υγρή του μορφή και να φυλάσσεται, ώστε να μπορεί πάλι να μετατραπεί σε αέριο. Για την εργασία αυτή υπάρχουν δύο αρχικές μέθοδοι. Η πρώτη βασίζεται στην ανακάλυψη πάνω από έναν αιώνα πριν, του Michael Faraday.

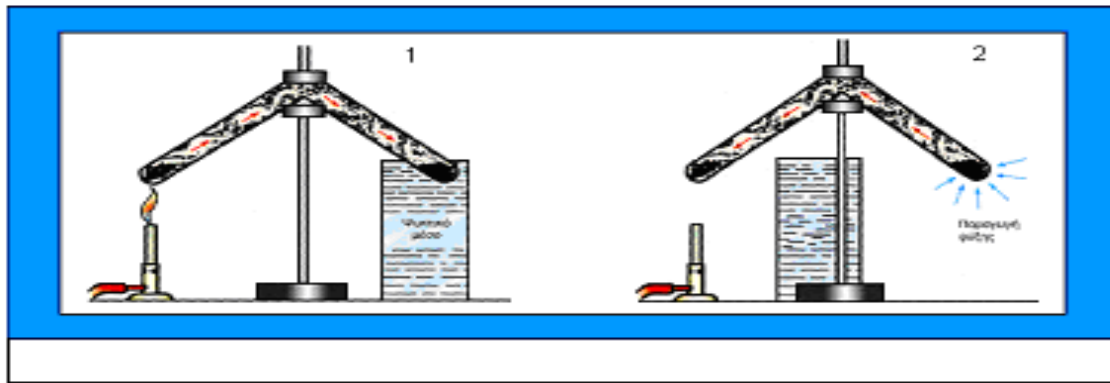
## 2.2 Ιστορική αναδρομή

### *Τα πειράματα του Faraday*

Στην εποχή του Faraday ήταν γνωστό πως τα αέρια μπορούν να μετατραπούν σε υγρά κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (πίεσης και θερμοκρασίας), αν και δεν είχαν στη διάθεσή τους τον απαιτούμενο εξοπλισμό για αυτή την εργασία. Ένα από τα πιο δύσκολα σε υγροποίηση αέρια ήταν η αμμωνία. Ο Faraday γνώριζε πως ο χλωριούχος άργυρος είχε την ιδιότητα να απορροφά την αέρια αμμωνία. Γι' αυτό το λόγο έριξε σκόνη χλωριούχου αργύρου σε αέρια αμμωνία και έκλεισε το μίγμα αυτό σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα, που είχε σχήμα V.

Με την παροχή θερμότητας στη σκόνη, τα αέρια της αμμωνίας ξεχώριζαν από τον χλωριούχο άργυρο. Τα αέρια αυτά ψύχονταν λόγω βύθισης του άλλου άκρου του σωλήνα V σε νερό. Όταν η θερμική αμμωνία έμπαινε στο ψυχρό μέρος του σωλήνα, άρχισαν να σχηματίζονται σταγόνες υγρής αμμωνίας. Ο Faraday μετατόπισε το θερμαντήρα και τον ψύκτη και έκπληκτος παρατήρησε την αμμωνία να βράζει και να μετατρέπεται πάλι σε ατμό. Είχε απορροφηθεί θερμότητα η οποία μεταφερόταν κατά την διεργασία. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε. Όταν ο Faraday ακούμπησε το τέλος του σωλήνα είδε ότι ήταν πολύ κρύος. Το πιο εντυπωσιακό ήταν όμως, ότι η ψύξη παραγόταν από το υγρό που έβραζε χωρίς ορατή πηγή θέρμανσης.

Όσο αρχαίο και αν δείχνει το πείραμα, στις ίδιες αρχές στηρίζεται ακόμη και σήμερα η ψύξη. Το ένα μέρος της ψυκτικής μονάδας μπορεί να θερμαίνεται την στιγμή που το άλλο μέρος μπορεί να ψύχεται σε δοχείο με νερό, ώστε να αλλάξει η κατάσταση του ψυκτικού μέσου σε υγρό. Η ανακάλυψη αν γίνει σε μονωμένο κουτί τότε μπορεί να παρουσιασθεί και σαν ψυγείο. Όμως, μειονεκτεί στο ότι είναι διακοπτόμενη και μη αποδοτική.



### *Τα πειράματα των Black και Watt*

Η δεύτερη μέθοδος βασίζεται σε μία άλλη ανακάλυψη των Black και Watt. Τα πρώτα πειράματά τους έγιναν θερμαίνοντας ένα δοχείο με νερό. Όσο θερμαινόταν το δοχείο με το νερό, η θερμοκρασία αυξανόταν. Σταθεροποιήθηκε όταν το νερό άρχισε να βράζει και δεν υπερέβη τους  $100^{\circ}\text{C}$  ( $212^{\circ}\text{F}$ ).

Αυτό που απέδειξαν δηλαδή, ήταν ότι καθώς το υγρό μετατρέπεται σε αέριο μπορεί να απορροφήσει μεγάλα ποσά θερμότητας, χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία του. Αυτή η θερμότητα ονομάστηκε λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, διότι υπήρξε απορρόφηση μεγάλων ποσών θερμικής ενέργειας, χωρίς αύξηση θερμοκρασίας. Η δε ενέργεια αυτή έδειχνε να εξαφανίζεται. Έτσι εξηγείται γιατί τα εν βρασμό ψυκτικά μέσα είναι τόσο αποδοτικά.

Άλλοι επιστήμονες, μετά τους Black και Watt κατάφεραν να μετατρέπουν τον ατμό σε υγρό ψύχοντας το με μίγμα αλατιού και πάγου. Απέδειξαν ότι η θερμότητα που μεταφερόταν κατά την υγροποίηση ήταν ακριβώς ίση με το ποσό της θερμότητας που χρειαζόταν για να ατμοποιηθεί η ουσία στην ίδια πίεση.

### *Αλλαγή του σημείου βρασμού σε σχέση με την πίεση*

Πολλοί ήταν οι επιστήμονες που για να υγροποιήσουν τον ατμό, χρησιμοποίησαν την πίεση. Γνώριζαν πως κάθε ουσία συμπυκνώνεται με την ίδια θερμοκρασία με την οποία βράζει.

Επίσης, έγινε γνωστή η θεωρία ότι αν μεταβληθεί η πίεση, τότε μεταβάλλεται το σημείο βρασμού. Το νερό έβραζε στους 100°C (212°F) και οι επιστήμονες περίμεναν να συμπυκνωθεί ο ατμός στην ίδια θερμοκρασία. Με την εφαρμογή της πίεσης όμως, η θερμοκρασία συμπύκνωσης έγινε μεγαλύτερη από 100°C. Κατάλαβαν λοιπόν, ότι όσο μεγαλύτερη πίεση εφαρμόζεται, τόσο μεγαλύτερη γίνεται και η θερμοκρασία συμπύκνωσης.

Όλα όσα προαναφέρθηκαν σχετικά με τα πειράματα και τις αρχές που διατύπωσαν αυτοί οι επιστήμονες, αποτέλεσαν τα θεμέλια για τα ψυκτικά συστήματα που λειτουργούν με την εφαρμογή πίεσης.

Η θερμοκρασία του ατμού μπορεί να αυξηθεί με συγκέντρωση ή με συμπίεση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη εφαρμογή πίεσης.

Η δημιουργία ενός μηχανικού συστήματος ψύξης είναι δυνατή διότι:

1. Όλα τα υγρά απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας όταν ατμοποιούνται.
2. Εφαρμόζοντας πίεση, είναι δυνατή η συμπύκνωση του ατμού σε υγρό και αυτή η διεργασία είναι δυνατόν να γίνει επαναλαμβανόμενη.

### **2.3 Σχέση μεταξύ πίεσης και θερμοκρασίας**

Το σημείο βρασμού του νερού μπορεί να αλλάξει και να ρυθμιστεί, ρυθμίζοντας την πίεση του ατμού πάνω από το νερό.

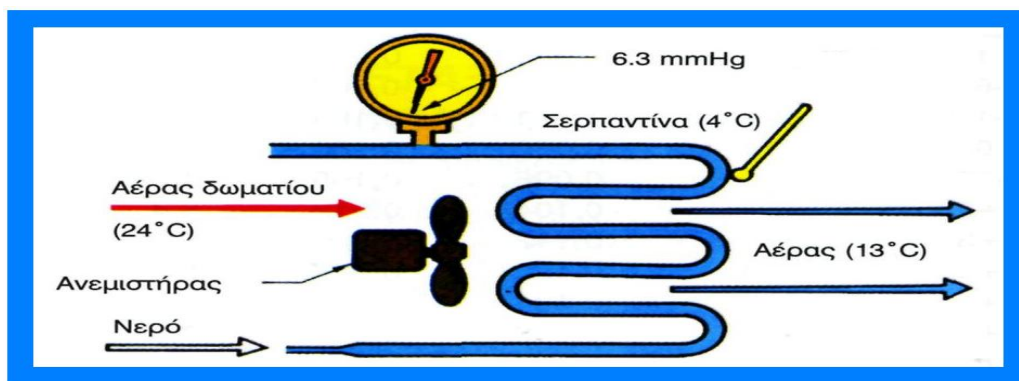


Το καθαρό νερό βράζει στους 100°C στην επιφάνεια της θάλασσας, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 21°C (κανονικές συνθήκες) επειδή κάτω απ αυτές τις συνθήκες ασκείται μια πίεση 760mm.Hg (14,696 psi) πάνω στην επιφάνεια του νερού. Όταν το ίδιο δοχείο με το νερό μεταφερθεί σε μια κορυφή βουνού, το σημείο βρασμού μεταβάλλεται, επειδή προκαλείται πτώση της πίεσης (περίπου 83mm.Hg / 1000m) λόγω της αραιότερης ατμόσφαιρας.

Η μελέτη του πίνακα πίεσης / θερμοκρασίας του νερού φανερώνει ότι, όποτε αυξάνεται η πίεση αυξάνεται και το σημείο βρασμού και αντιθέτως, όποτε μειώνεται η πίεση μειώνεται και το σημείο βρασμού.

Αν σε μια σερπαντίνα χρησιμοποιήσουμε νερό, το οποίο βρίσκεται σε πίεση 6,3mm.Hg, από τον παρακάτω πίνακα θα βρούμε ότι αντιστοιχεί σε μια θερμοκρασία βρασμού 4° C.

Εάν ο αέρας του δωματίου περάσει στη σερπαντίνα, τότε αυτή θα απορροφήσει θερμότητα από τον αέρα του δωματίου και ο αέρας θα εγκαταλείψει τη σερπαντίνα κρύος.



Όταν το νερό χρησιμοποιείται με αυτόν τον τρόπο, τότε ονομάζεται ψυκτική ουσία (ή ψυκτικό μέσο). Ψυκτικό μέσο είναι ένα υλικό που μπορεί εύκολα να μεταβληθεί σε ατμό με το βρασμό του και μετά να μεταβληθεί πάλι σε υγρό, με

τη συμπύκνωση του. Το ψυκτικό μέσο πρέπει να έχει τη δυνατότητα αυτής της γρήγορης μεταβολής χωρίς όμως να αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά του. Το νερό δεν χρησιμοποιείται συνήθως σαν ψυκτικό μέσο στις μικρές εφαρμογές.

Η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου θα βρίσκονται σε αντιστοιχία μεταξύ τους, όταν συνυπάρχουν το υγρό και το αέριο (ατμός) κάτω από δύο προϋποθέσεις:

- 1) Όταν λαμβάνει χώρα η αλλαγή της κατάστασης (βρασμός ή συμπύκνωση)
- 2) Όταν το ψυκτικό μέσο βρίσκεται σε ισορροπία (δηλαδή, δεν προστίθεται ούτε αφαιρείται θερμότητα).

Όταν ισχύουν οι παραπάνω προϋποθέσεις, μπορούμε να βρούμε για κάθε ψυκτικό ρευστό από πίνακες, τη θερμοκρασία και την πίεση που βρίσκονται σε αντιστοιχία.

#### **2.4 Ψυκτικός κύκλος με συμπίεση ατμών – Αντλία θερμότητας**

Σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα, η πρώτη αντλία θερμότητας κατασκευάστηκε από τον Perkins το 1820. Το 1824, ο Carnot πέτυχε τη θεωρητική της θεμελίωση. Η πρώτη εμπειρική εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, έγινε στη Σκωτία το 1927.

Μετά το 1950, έγιναν πολλές βελτιώσεις στον σχεδιασμό και τα συστήματα ελέγχου, οπότε οι αντλίες θερμότητας άρχισαν να χρησιμοποιούνται εκτεταμένα, ειδικά σε χώρες με ήπιο κλίμα, όπου η αποδοτικότητά τους αναμενόταν αυξημένη. Όμως, οι τεχνικές αδυναμίες που παρουσιάστηκαν κατά τη λειτουργία τους οδήγησαν σε μια ύφεση στην παραγωγή και χρήση των συσκευών αυτών.

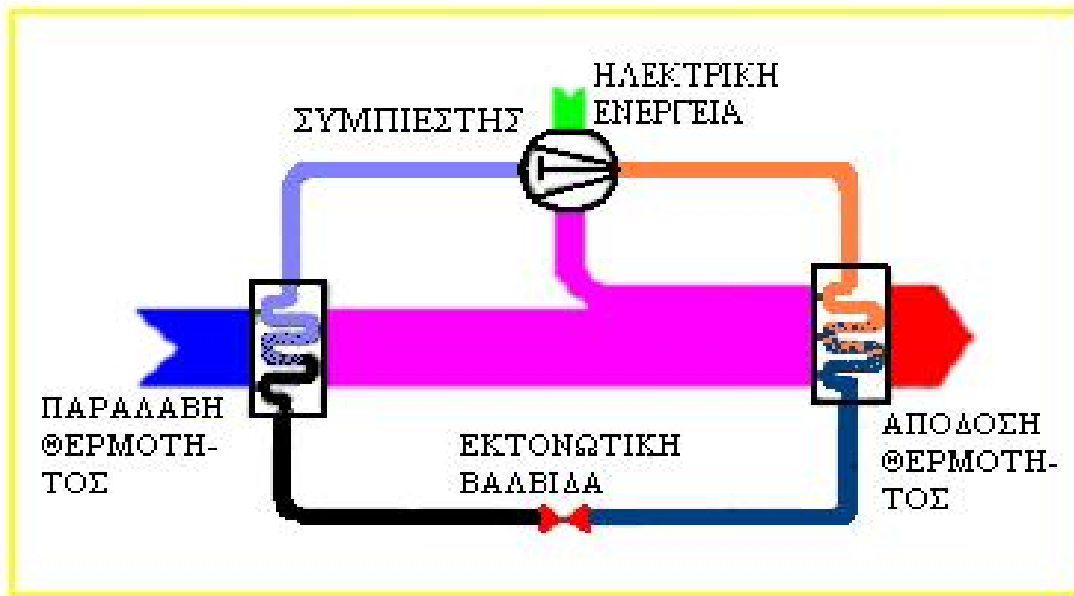
Η ενεργειακή κρίση του 1973, έφερε ξανά στο προσκήνιο τις αντλίες θερμότητας, με τις οποίες επιτυγχάνεται όχι μόνον εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας που είναι διάχυτη στη φύση.

Στις μέρες μας, η αντλία θερμότητας αποτελεί συσκευή κλιματισμού ή απλής ψύξης, με μεγάλο εύρος εφαρμογών στη βιομηχανία και τα κτίρια κατοικιών, εργασίας κ.λπ.

#### **2.4.1 Θεωρητική αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας**

Από το 2<sup>ο</sup> θερμοδυναμικό νόμο, γνωρίζουμε ότι η θερμότητα μεταδίδεται μόνη της από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης και ποτέ προς την αντίθετη κατεύθυνση. Κι αυτό όμως είναι εφικτό, με την κατανάλωση κάποιας μορφής ενέργειας, λόγω χάρη της ηλεκτρικής και την προσφορά αυτής μέσω της αντλίας θερμότητας.

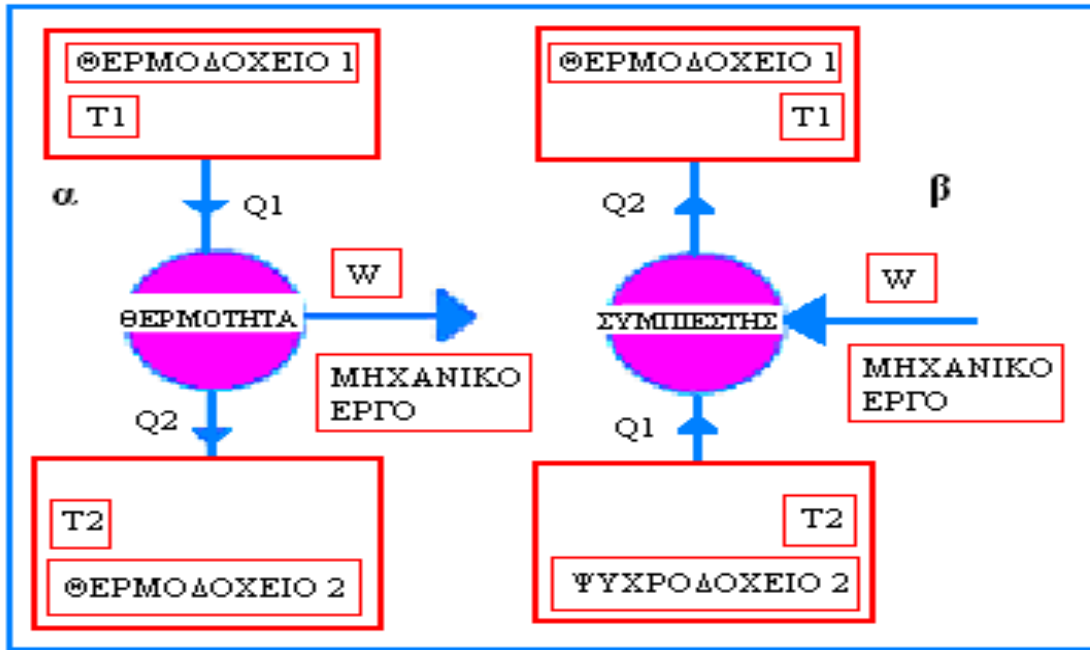
Έτσι, με τη βοήθεια μιας πηγής ηλεκτρικού ρεύματος και ενός ψυκτικού κύκλου συμπίεσης ατμού επιτυγχάνεται η μεταφορά (προς ένα χώρο ή από ένα χώρο) ποσού ενέργειας διπλάσιου ή και τριπλάσιου της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Το έργο που παράγεται (στον συμπιεστή)  $W$  προστίθεται στη θερμότητα που μεταφέρεται  $Q_1$  και έτσι έχουμε:  $Q_1 + W = Q_2$



Άρα, γίνεται κατανοητό ότι η αντλία θερμότητας δίνει μεγαλύτερο ποσό ενέργειας από το έργο που καταναλώνεται και αυτό είναι φυσικό, αφού η θερμότητα δεν παράγεται με το έργο που δαπανάται, αλλά αποσπάται από το εξωτερικό περιβάλλον ή από τον χώρο και μεταφέρεται αντίστοιχα στον χώρο ή το περιβάλλον.

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας είναι η αντίθετη φορά της αρχής της μηχανής του Carnot. Για να λειτουργήσει η μηχανή Carnot είναι απαραίτητα δύο θερμοδοχεία, ένα υψηλής ( $T_1$ ) και ένα χαμηλής θερμοκρασίας ( $T_2$ ). Κατά τη λειτουργία της μηχανής αυτής, έχουμε την παραγωγή έργου με πρόσδοση θερμότητας. Σε ιδανικές συνθήκες πλήρους αντιστρεψιμότητας και χωρίς απώλειες θερμότητας, ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου αυτού δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1$$



(α) Η αρχή λειτουργίας του κύκλου Carnot και (β) η αντίστροφη λειτουργία

Αντιστρέφοντας τη λειτουργία του παραπάνω κύκλου, δίνεται η λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Εδώ, παράγεται ψυκτική ή θερμαντική ισχύς με κατανάλωση μηχανικού έργου.

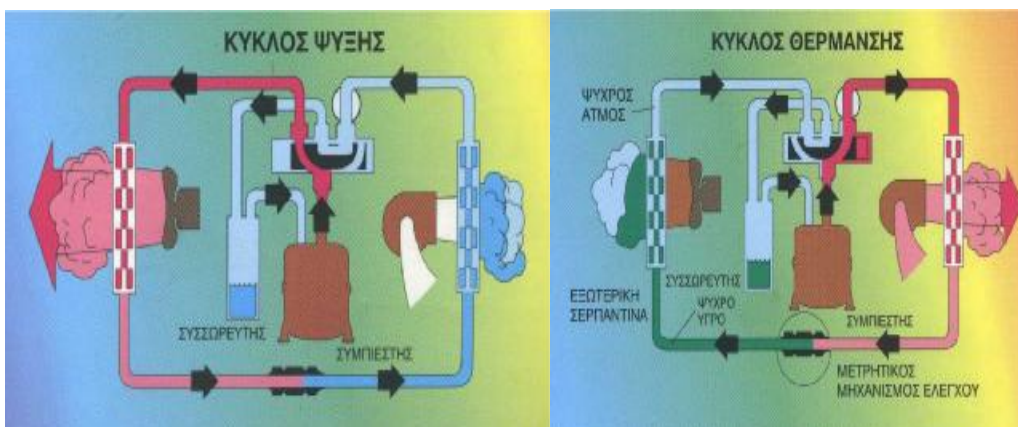
Ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας σε ιδανικές συνθήκες, ο οποίος χαρακτηρίζει και την ποιότητα της, δίνεται από το αντίστροφο του συντελεστή, που αναφέρεται στη διεθνή βιβλιογραφία ως C.O.P.:  $C.O.P. = T_1 / (T_1 - T_2)$ .

Ο ειδικός αυτός βαθμός απόδοσης χαρακτηρίζεται με τον όρο συντελεστής λειτουργίας και κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 2,5 και 3,5. Σύμφωνα με την προηγούμενη σχέση, ο C.O.P. της αντλίας θερμότητας εξαρτάται μόνο από τις θερμοκρασίες των δύο θερμοδοχείων, κάτι που ισχύει και σε πραγματικές συνθήκες. Ο συντελεστής δίνεται από τη σχέση :  $C.O.P. = Q_h / (Q_h - Q_c)$ .

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η θερμοκρασία της πηγής από την οποία αντλείται η θερμότητα, η θερμοκρασία με την οποία αποβάλλεται η θερμότητα και το έργο που καταναλώνεται είναι πολύ σημαντικά στοιχεία για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον βαθμό απόδοσης και την οικονομική λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Έτσι, όσο μικρότερη είναι η διαφορά μεταξύ των δύο θερμοκρασιών (ήπιο κλίμα), τόσο λιγότερο έργο καταναλώνεται, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται ο βαθμός απόδοσης (C.O.P.) της αντλίας θερμότητας.

#### 2.4.2 Τεχνολογία της Αντλίας Θερμότητας

Η αντλία θερμότητας μπορεί να οριστεί ως μια μηχανή που μεταφέρει τη θερμότητα που βρίσκεται στη φύση, από κάποια θερμοκρασιακή στάθμη σε μια άλλη, υψηλότερη. Δηλαδή, η αντλία θερμότητας, με τη δαπάνη ενέργειας, μεγαλώνει τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο θερμοδοχείων, αντιμαχόμενη τη θερμοδυναμική τάση προς εξισορρόπηση των θερμοκρασιών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για ψύξη το καλοκαίρι, όσο και για θέρμανση τον χειμώνα.



Η αντλία θερμότητας αποτελείται από δύο τμήματα, ένα εσωτερικό που τοποθετείται στον κλειστό χώρο και ένα εξωτερικό, που αποτελεί τον κύριο

μηχανισμό της αντλίας θερμότητας και βρίσκεται στο εξωτερικό περιβάλλον που είναι διαθέσιμη και ανεξάντλητη (ή έστω πολύ μεγάλη) ενεργειακή δεξαμενή, όπως ο αέρας, το έδαφος ή το νερό. Αυτές οι ενεργειακές δεξαμενές θεωρούνται πρακτικά σταθερή θερμοκρασία.

Αυτό συμβαίνει γιατί ο ατμοσφαιρικός αέρας, το έδαφος (σε κάποιο βάθος από την επιφάνεια), όπως και μια μεγάλη φυσική δεξαμενή νερού, δεν παρουσιάζουν αισθητή διαφορά θερμοκρασίας αν τους διοχετευτούν κάποιες σχετικά μικρές ποσότητες θερμότητας, που αντλούνται για τον δροσισμό ενός χώρου, ή τους αφαιρεθούν ανάλογες ποσότητες θερμότητας, που χρειάζονται για τη θέρμανση του ίδιου χώρου, το χειμώνα.

Η απορρόφηση και η απόδοση θερμότητας γίνονται με μεταβολή φάσεων ρευστού (από υγρό σε αέριο και από αέριο σε υγρό), κατάλληλων θερμοδυναμικών χαρακτηριστικών του ψυκτικού ρευστού.

Το καλοκαίρι, στη λειτουργία για δροσισμό ο συμπιεστής που παίρνει κίνηση από έναν ηλεκτροκινητήρα, αναρροφά το ψυκτικό ρευστό σε αέρια κατάσταση και σε χαμηλή πίεση. Στην έξοδο του συμπιεστή, η πίεση και η θερμοκρασία του αέρα έχουν ανέβει αρκετά. Καθώς περνάει από το συμπυκνωτή – εναλλάκτη έρχεται σε έμμεση επαφή με τη χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος και αποβάλλει θερμότητα προς το περιβάλλον, υπό σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβληθεί το αέριο σε κορεσμένο υγρό ή και υπόψυκτο.

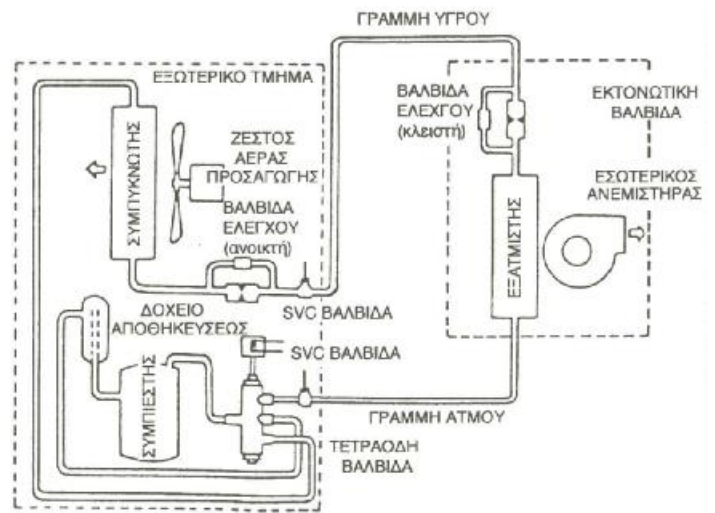
Έπειτα, το υγρό περνάει μέσα από τη βαλβίδα εκτόνωσης, όπου μειώνονται η πίεση και η θερμοκρασία του. Στο σημείο αυτό, η αέρια και η υγρή φάση του ρευστού συνυπάρχουν και η αναλογία τους εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες. Τώρα, η θερμοκρασία του ρευστού είναι χαμηλότερη από τη

θερμοκρασία εσωτερικού χώρου που περιβάλλει τον εξατμιστή, ώστε ο αέρας του χώρου, κατά την επαφή του με το ψυκτικό ρευστό, απορροφά θερμότητα κάτω από σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Το αποτέλεσμα είναι να φτάσει το ρευστό σε κατάσταση κορεσμένου ή και υπέρθερμου αερίου και είναι έτοιμο να εκτελέσει ξανά τον κύκλο. Η αποβολή και απορρόφηση θερμότητας που πραγματοποιείται στο συμπυκνωτή και εξατμιστή αντίστοιχα, υποβοηθείται από ειδικούς ανεμιστήρες, οι οποίοι συντελούν στην ταχύτερη κυκλοφορία του περιβάλλοντος αέρα (νωπού ή εσωτερικού χώρου).

### 2.4.3 Εξαρτήματα του ψυκτικού κύκλου

Τα κύρια εξαρτήματα του κύκλου ψύξης με συμπίεση ατμών είναι:

- Ο συμπιεστής
- Ο συμπυκνωτής
- Η βαλβίδα εκτόνωσης (διάταξη στραγγαλισμού)
- Ο εξατμιστής
- Οι ενδιάμεσες σωληνώσεις (για τη σύνδεση των παραπάνω στοιχείων)
- Τα βοηθητικά εξαρτήματα (συλλέκτης υγρού)
- Εξαρτήματα αυτόματου ελέγχου της



#### Πιο αναλυτικά:

Ο συμπιεστής δημιουργεί τη διαφορά πίεσης που είναι απαραίτητη για την κίνηση του ψυκτικού ρευστού μέσα στους αγωγούς και τις επιμέρους συσκευές των ψυκτικών μηχανών, υπερνικώντας τις τριβές ροής. Αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξατμιστή και ρυθμίζει την πίεση και την ποσότητα που

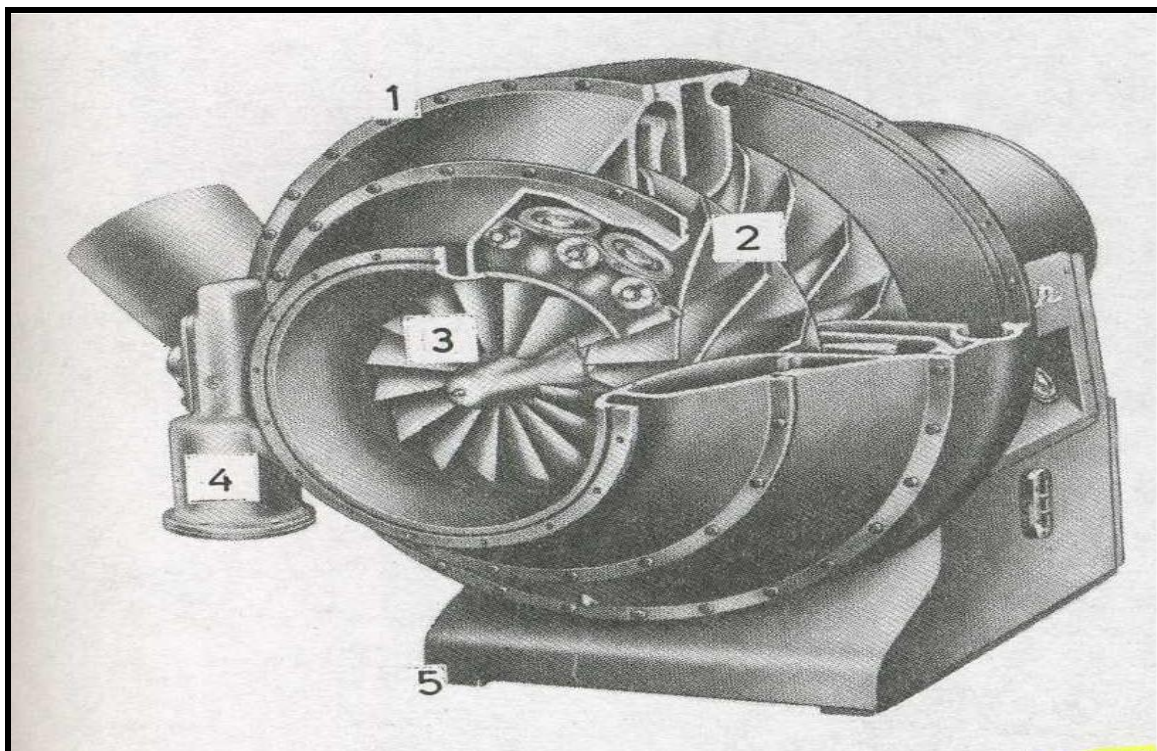


ατμοποιείται και στη συνέχεια συμπιέζει το ψυκτικό αέριο προς το συμπυκνωτή της μονάδας, ώστε αυξάνει την πίεση του ατμού σε μια θερμοκρασία συμπύκνωσης μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

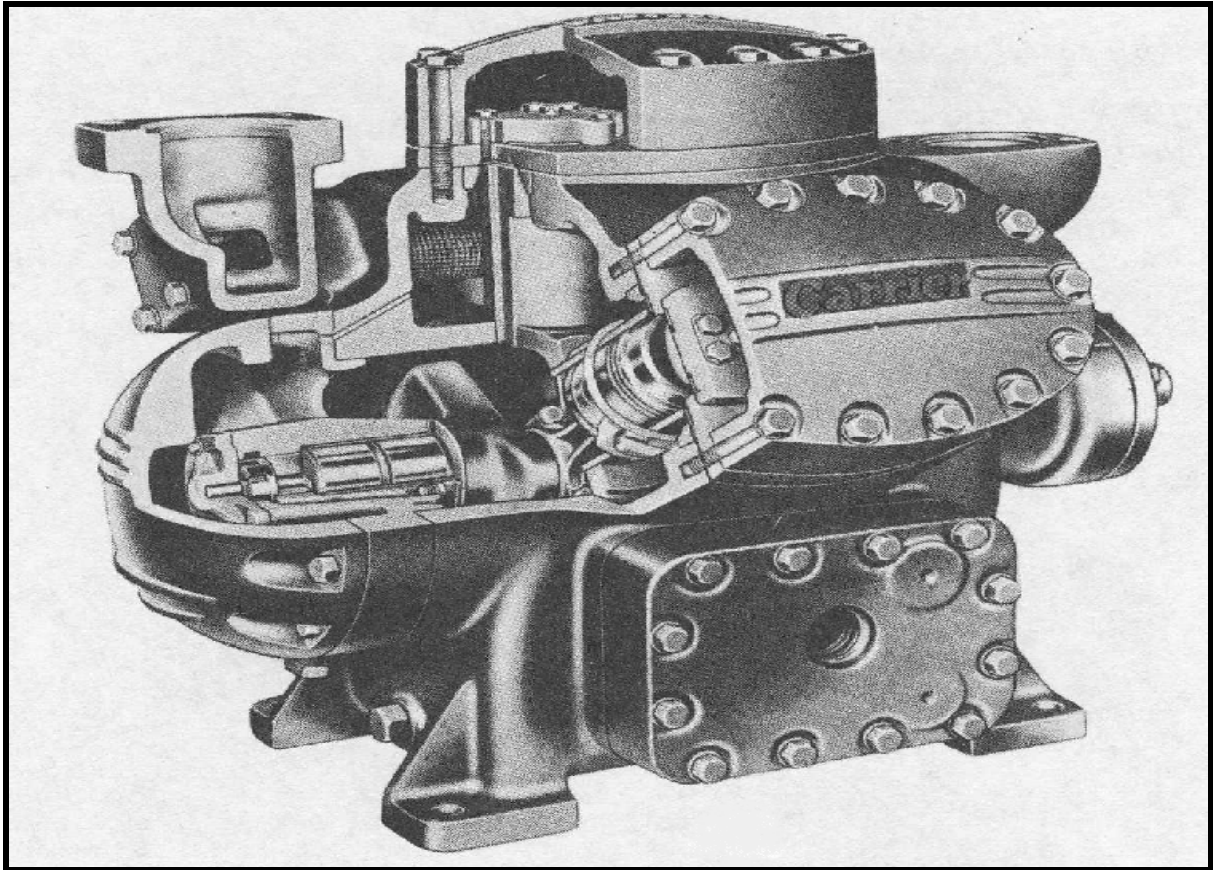
Ο συμπιεστής, για να λειτουργήσει, χρειάζεται μηχανική ενέργεια, η οποία πρέπει να προσδοθεί στον άξονα περιστροφής του. Αυτή η ενέργεια, συνήθως δίνεται από έναν ηλεκτροκινητήρα.

Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης του συμπιεστή διακρίνουμε τους εξής τύπους:

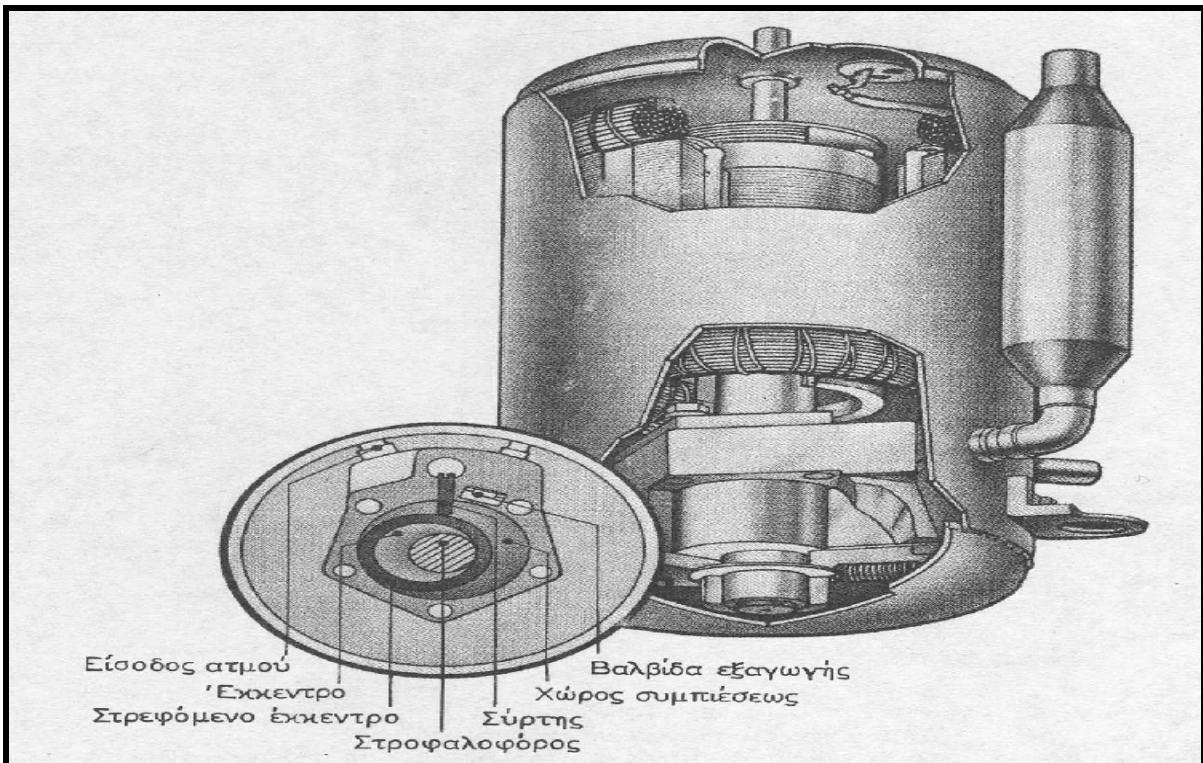
- Εμβολοφόρους συμπιεστές
- Φυγοκεντρικούς συμπιεστές
- Κοχλιόμορφους συμπιεστές
- Συμπιεστές τυμπάνου



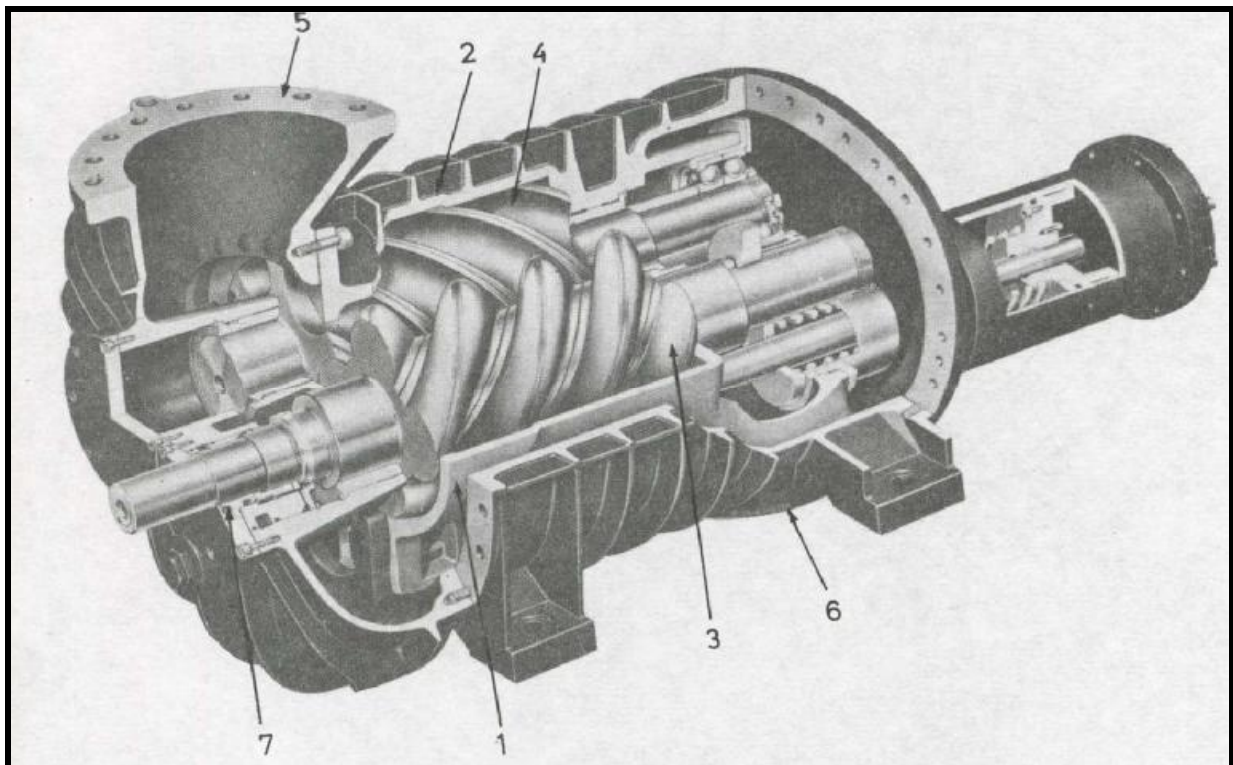
*Συμπιεστές: Φυγοκεντρικός ερμητικός: 1 à διβάθμιος συμπιεστής και ηλεκτροκινητήρας, 2 à στροφέιο, 3 à πτερόγια προσυστροφής, 4 à υδραυλική βαλβίδα.*



Πολυκύλινδρος εμβολοφόρος ανοιχτού τύπου, σε ημιτομή.



Συμπιεστής τυμπάνου ερμητικός, κατάλληλος για χρήση αντλίας θερμότητας, με ψυκτικό μέσο R-22



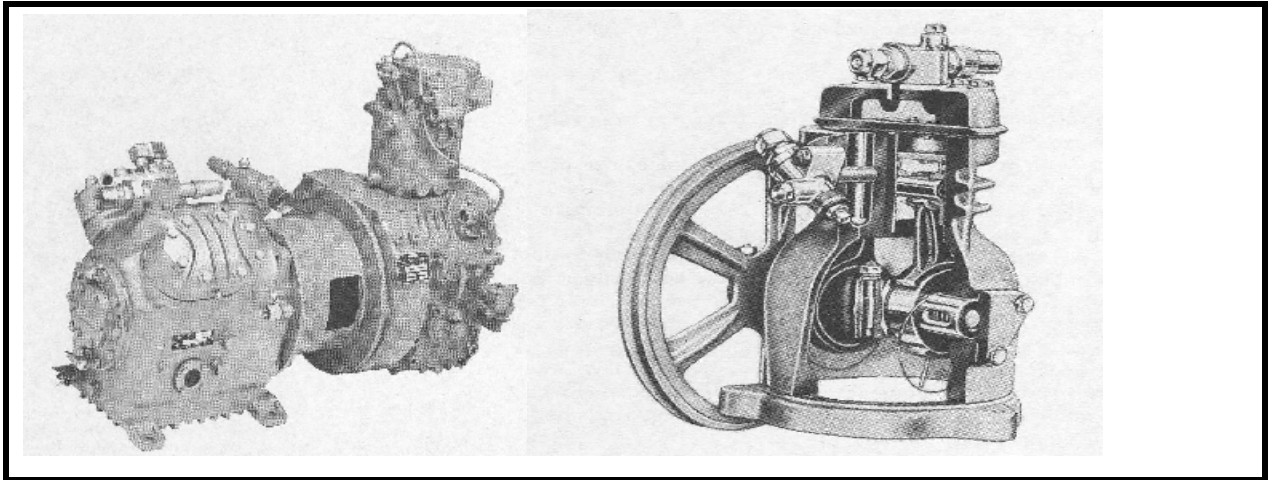
*Κοχλιόμορφος συμπιεστής: 1 à κέλυφος συμπίεσης αρσενικού λοβού, 2 à κέλυφος συμπίεσης θηλυκού λοβού, 3 à αρσενικός λοβός, 4 à θηλυκός λοβός, 5 à αναρρόφηση, 6 à εξαγωγή, 7 à στεγανοποίηση ανοικτού άξονα*

Τα υλικά κατασκευής των συμπιεστών είναι κατάλληλα για να συνεργάζονται με το ψυκτικό μέσο και το λάδι λίπανσης κατά τρόπο που να αποκλείει την εμφάνιση χημικών επιδράσεων, όπως οξείδωση των μετάλλων, προσβολή μέσων στεγανοποίησης, καταλυτική διάσπαση του ψυκτικού μέσου κ.α.

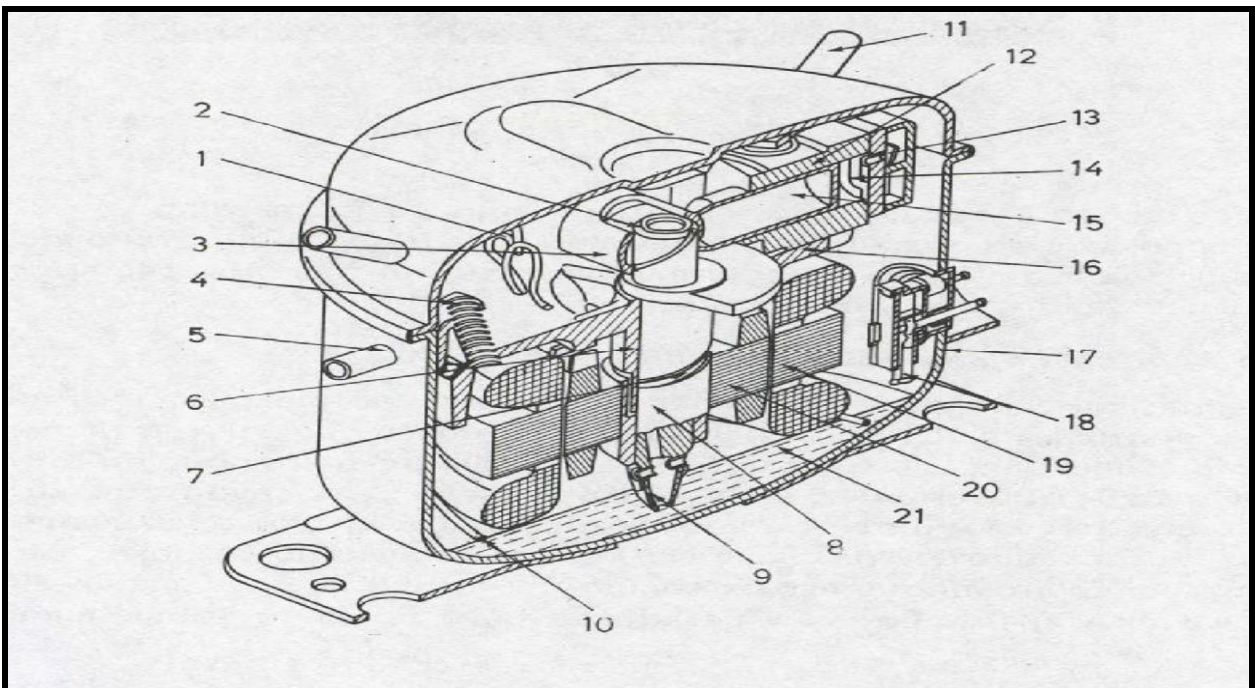
Ως προς τη στεγανότητα, οι συμπιεστές διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Τους κλειστούς ή ερμητικούς συμπιεστές: ο ηλεκτροκινητήρας και ο συμπιεστής βρίσκονται μέσα στο ίδιο στεγανό κέλυφος και δεν υπάρχει διαρροή ψυκτικού μέσου προς το περιβάλλον. Αυτοί οι συμπιεστές είναι συνήθως μικρής ισχύος.

- Τους ανοιχτούς συμπιεστές: η περιστρεφόμενη άτρακτος του συμπιεστή, διαπερνά, το κατά τα άλλα στεγανό περίβλημα, για να συνδεθεί με τον κινητήρα. Η θέση στην οποία η άτρακτος διαπερνά το συμπιεστή είναι ευαίσθητη προς τη στεγανότητα.



*Συμπιεστές ανοιχτού τύπου: εμβολοφόρος, που κινείται από μικρό κινητήρα Diesel (αριστερή εικόνα), μονοκύλινδρος, σε ημιτομή (δεξιά εικόνα)*



Διάταξη ερμητικού συμπιεστή 1/12 PS.

1. Βρόχος αγωγού υψηλής πίεσης.
2. Γόμφος στροφαλοφόρου ατράκτου.
3. Κέλυφος αρθρώσεως ολισθήσεως.
4. Ελατήριο αναρτήσεως.
5. Αναμονή υψηλής πίεσης.
6. Έδρανο στροφαλοφόρου ατράκτου.
7. Αυλάκι λιπάνσεως.
8. Στροφαλοφόρος άτρακτος.
9. Προστατευτικό έλασμα.
10. Φυγόκεντρη αντλία λιπάνσεως.
11. Αναμονή αναρροφήσεως.
12. Κύλινδρος.
13. Βαλβίδα καταθλίψεως.
14. Βαλβίδα αναρροφήσεως.
15. Έμβολο.
16. Περιβλήμα στροφαλοφόρου ατράκτου.
17. Κέλυφος.
18. Γυάλινος μονωτήρας διαβάσεως ηλεκτρικού ρεύματος.
19. Ελάσματα και τύλιγμα ηλεκτροκινητήρα.
20. Στροφέιο ηλεκτροκινητήρα.
21. Στάθμη λαδιού.

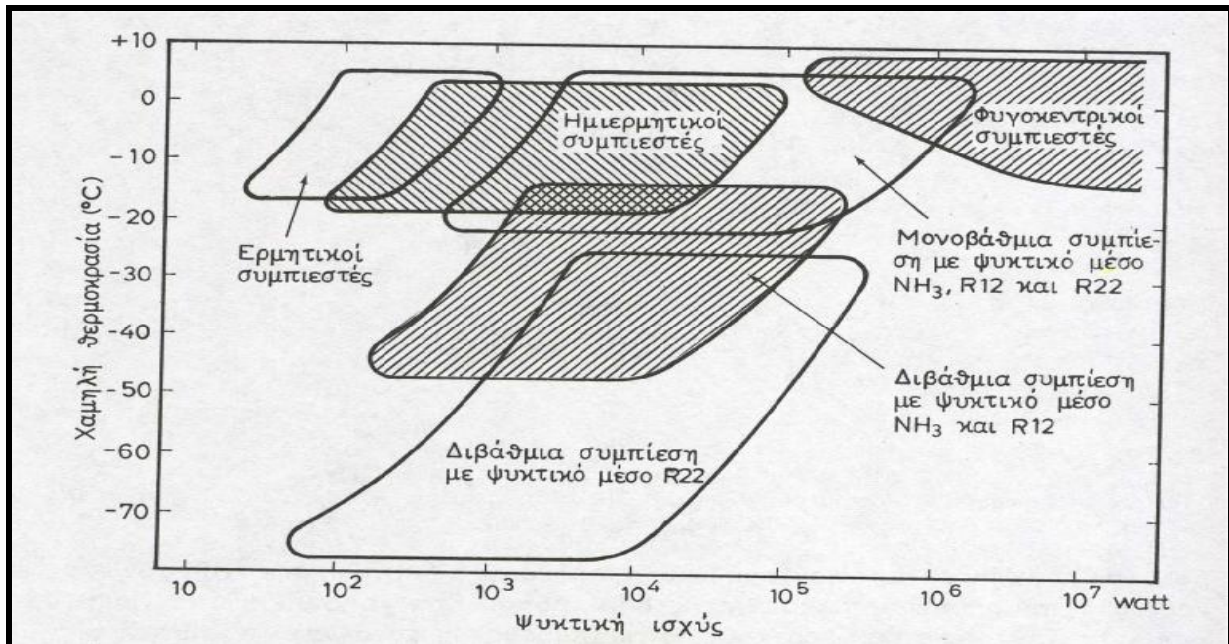


*Εξωτερική μορφή ερμητικών, εμβολοφόρων συμπιεστών, σύγχρονης τεχνολογίας*

Οι ανάγκες για εγκαταστάσεις ψύξης είναι πολλές και διαφορετικές, γι' αυτό κατασκευάζονται διάφορα μεγέθη και τύποι συμπιεστών για την κάλυψή τους. Στο παρακάτω σχήμα, έχει γίνει μια συνοπτική αναπαράσταση των πιο συνηθισμένων ψυκτικών εφαρμογών, ανάλογα με την ψυκτική ισχύ και τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Όπως φαίνεται, για μεγάλες τιμές ψυκτικής ισχύος και σχετικά υψηλότερες θερμοκρασίες, κατάλληλοι είναι οι φυγόκεντρικοί συμπιεστές. Για μεσαίες τιμές ψυκτικής ισχύος, χρησιμοποιούνται οι ημιερμητικοί συμπιεστές, ενώ για μεσαίες τιμές ψυκτικής ισχύος και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες,

χρησιμοποιούνται διβάθμιες εγκαταστάσεις με συνηθισμένα ψυκτικά μέσα (R-22).

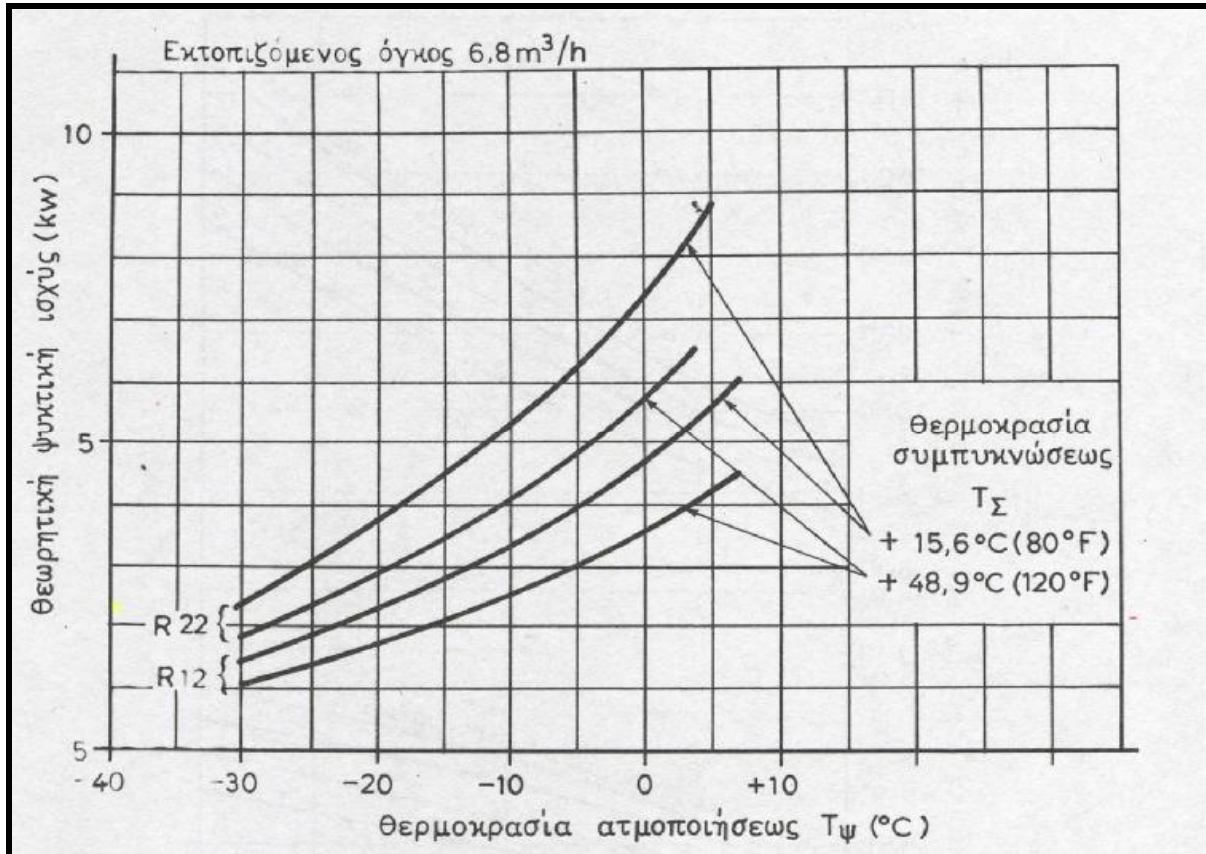


### Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας συμπιεστών

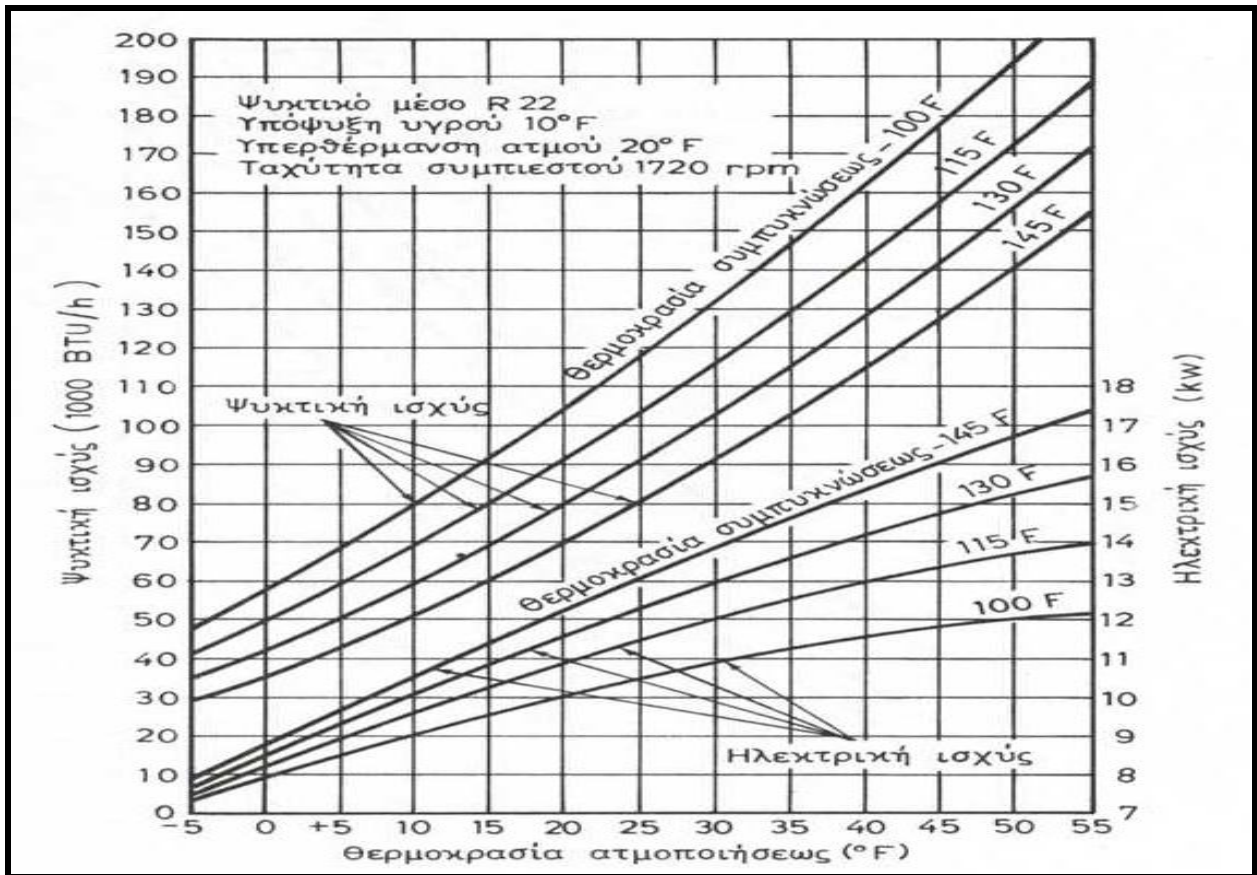
Οι χαρακτηριστικές λειτουργίες είναι τα διαγράμματα εκείνα που περιγράφουν την ικανότητα και τις επιδόσεις του συμπιεστή, κάτω από ορισμένες συνθήκες λειτουργίας. Οι συνθήκες λειτουργίας ενός συμπιεστή καθορίζονται από αρκετές παραμέτρους, που οι σημαντικότερες είναι οι εξής:

1. αριθμός περιστροφών στη μονάδα του χρόνου (rpm)
2. είδος ψυκτικού μέσου
3. θερμοκρασία ατμοποίησης (και πίεση)
4. θερμοκρασία συμπύκνωσης (και πίεση)
5. υπόψυξη συμπυκνώματος
6. υπερθέρμανση αναρρόφησης
7. σταθερότητα παροχής ψυκτικού μέσου
8. θερμοκρασία αέρα περιβάλλοντος
9. ψύξη λαδιού (αν χρησιμοποιείται)

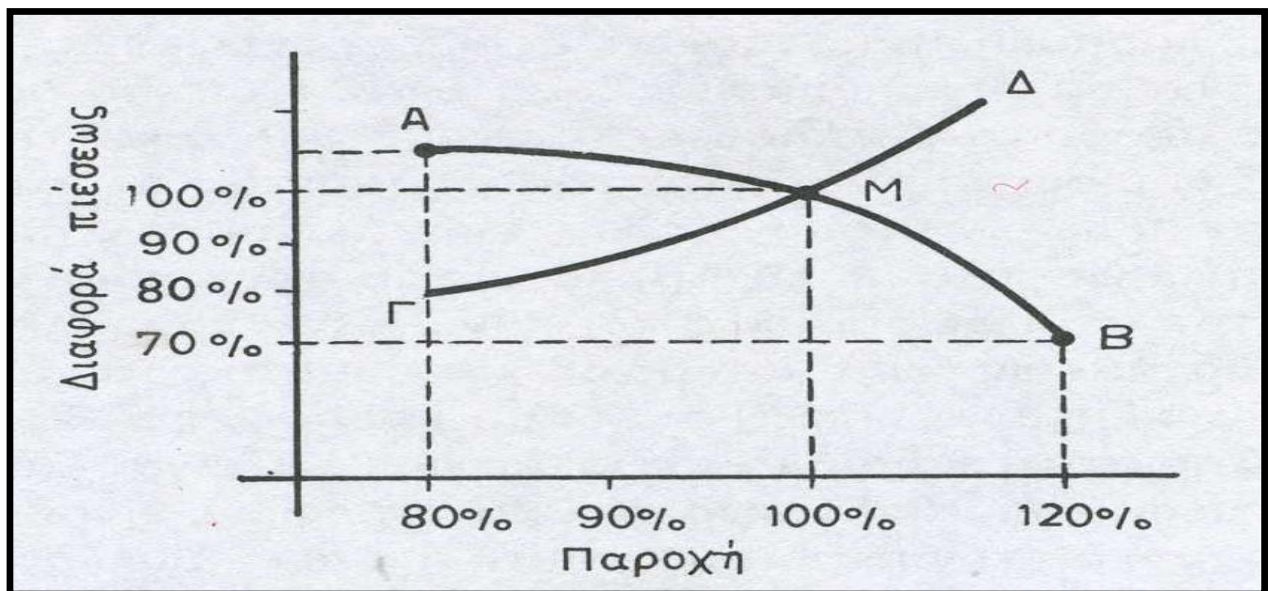
Τα μεγέθη αυτά επηρεάζουν τη λειτουργία και τις χαρακτηριστικές του συμπιεστή και πρέπει να είναι γνωστά, όταν συγκρίνονται ή κατασκευάζονται εγκαταστάσεις. Παρακάτω, ακολουθούν μερικά παραδείγματα χαρακτηριστικών καμπύλων λειτουργίας διάφορων συμπιεστών.



Θεωρητική ψυκτική ισχύς για ογκομετρική παροχή  $6,8 \text{ m}^3/\text{hr}$  για διάφορες θερμοκρασίες ατμοποίησης και συμπύκνωσης, με ψυκτικό μέσο R-22



Τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες εμβολοφόρου, ερμητικού συμπιεστή. Δίνεται η πραγματική, ψυκτική ισχύς και η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς.



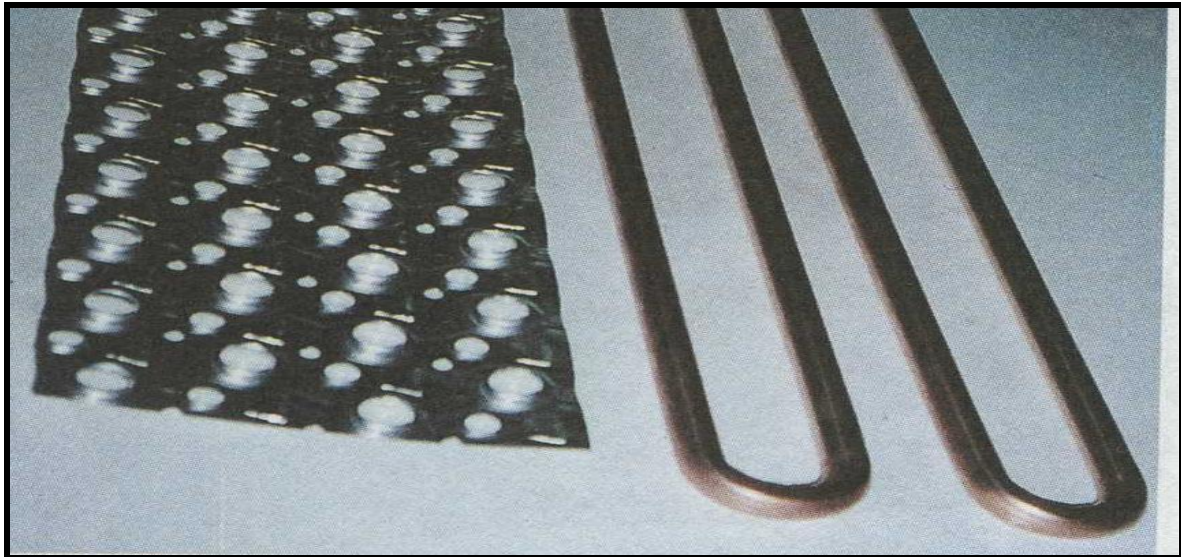
Χαρακτηριστική καμπύλη λειτουργίας φυγοκεντρικού συμπιεστή AB και καμπύλη αντίστασης ροής ΓΔ, συναρτήσει της διαφοράς πίεσης και της παροχής.



### Ο συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής απορρίπτει (αποβάλλει) την αισθητή και τη λανθάνουσα θερμότητα από το ψυκτικό σύστημα, με αποτέλεσμα να συμπυκνώνεται ο υπέρθερμος ατμός που προέρχεται από το συμπιεστή. Η θερμότητα αυτή μπορεί να προέρχεται από αυτήν που έχει απορροφήσει ο εξατμιστής, από αυτήν που έχει δημιουργηθεί κατά τη συμπίεση ή από μηχανικές τριβές, από αυτήν που προέρχεται από τις περιελίξεις του κινητήρα και από οποιαδήποτε θερμότητα έχει απορροφηθεί κατά την υπερθέρμανση της γραμμής αναρρόφησης, πριν αυτή εισέλθει στο συμπιεστή.

Δηλαδή, ο συμπυκνωτής είναι στην πραγματικότητα ένας θερμικός εναλλάκτης, όπου θερμότητα  $Q_h$  αφαιρείται από το ψυκτικό αέριο προς το περιβάλλον, με τη βοήθεια του μέσου ψύξης (ανεμιστήρας). Όταν το σύστημα λειτουργεί, το ψυκτικό κυκλοφορεί στις σωληνώσεις του συμπυκνωτή, ενώ εξωτερικά ρέει αέρας που τροφοδοτείται από έναν ανεμιστήρα, ώστε να αυξάνει το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας. Για τον ίδιο λόγο, στις σωληνώσεις του συμπυκνωτή προστίθενται και πτερύγια. Με την αφαίρεση της θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον, πραγματοποιείται η υγροποίηση (συμπύκνωση) του ψυκτικού αερίου. Το αέριο (ατμός) που εισέρχεται στο συμπυκνωτή, είναι πολύ θερμό σε σύγκριση με τον περιβάλλοντα αέρα, ούτως ώστε να αρχίζει αμέσως η ανταλλαγή θερμότητας στον αέρα.



*Τα κυριότερα υλικά κατασκευής των συμπυκνωτών*

Μόλις αρχίσει η μετακίνηση του αερίου (ατμού) μέσα στο συμπυκνωτή, τότε αυτό αρχίζει να αποβάλλει θερμότητα στον περιβάλλοντα αέρα. Αυτό το γεγονός προκαλεί μια πτώση της θερμοκρασίας του αερίου (ατμού). Το αέριο (ατμός) συνεχίζει να ψύχεται, έως ότου φτάσει στη θερμοκρασία συμπύκνωσης, οπότε αρχίζει η αλλαγή της κατάστασης. Το υγρό, στο τέλος (στην έξοδο) του συμπυκνωτή βρίσκεται στη θερμοκρασία συμπύκνωσης και έχει τη δυνατότητα ακόμα να αποδώσει κάποια ποσά θερμότητας προς τον περιβάλλοντα αέρα, που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία. Αν η θερμοκρασία κατέβει κάτω από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού υγρού, τότε αυτό καλείται υπόψυκτο. Το «περιβάλλον» στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα είναι, είτε ο ατμοσφαιρικός αέρας, είτε κάποιο διαθέσιμο ρεύμα νερού, είτε ένας συνδυασμός αέρα περιβάλλοντος και νερού που εξατμίζεται.

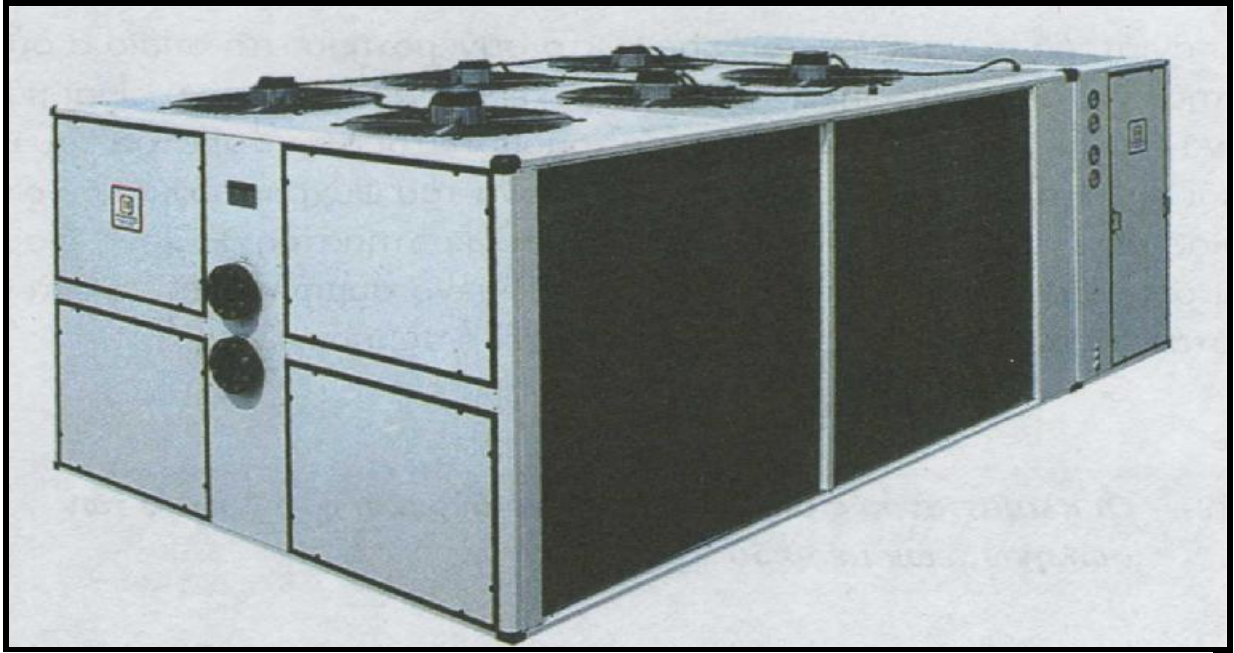
Ο συμπυκνωτής υπολογίζεται πάντοτε έτσι, ώστε να επαρκεί για το μέγιστο φορτίο της εγκατάστασης, κάτω από τις πιο δυσμενείς συνθήκες, που προβλέπονται να εμφανιστούν.

Για να λειτουργήσει ικανοποιητικά η ψυκτική διάταξη, πρέπει η πίεση στο συμπυκνωτή να παραμένει σε ορισμένα όρια. Αύξηση της πίεσης συμπύκνωσης προκαλεί μείωση της ψυκτικής ισχύος. Η ελάττωση προκαλεί μείωση στη ροή του υγρού, ψυκτικού μέσου προς το σημείο ατμοποίησης και απώλεια ψυκτικής ισχύος. Τα φαινόμενα αυτά προλαμβάνονται με χρήση κατάλληλων διατάξεων αυτοματισμού για το νερό και τον αέρα ή για το ψυκτικό μέσο.

Ανάλογα με το «περιβάλλον» στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα των συμπυκνωτών των ψυκτικών εγκαταστάσεων, έχουν αναπτυχθεί και οι αντίστοιχοι τύποι συμπυκνωτών που είναι οι εξής:

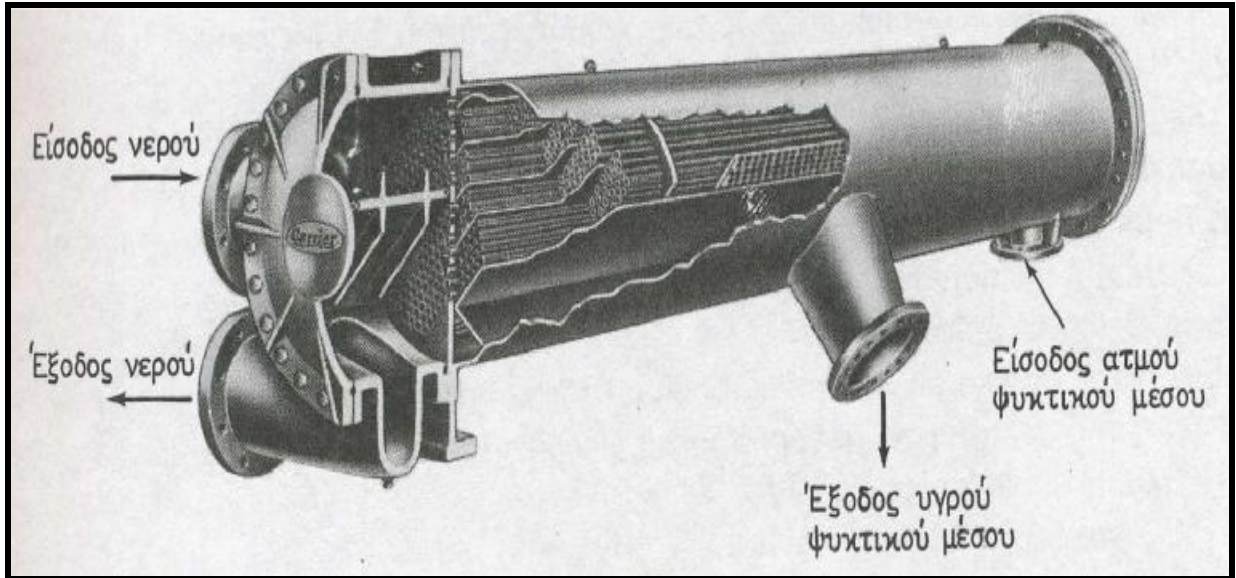
- Αερόψυκτοι συμπυκνωτές: στους συμπυκνωτές αυτού του είδους, το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο εσωτερικό σωλήνων, ενώ η εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων ψύχεται από τον αέρα του περιβάλλοντος. Η εξωτερική επιφάνεια των σωληνώσεων αυξάνεται τεχνητά με την προσθήκη επιφάνειας που έχει τη μορφή πτερυγίου ή συρμάτων. Η αύξηση αυτή της επιφάνειας είναι αναγκαία, λόγω του μικρού συντελεστή ειδικής συναγωγιμότητας του αέρα. Για αύξηση της αποδοτικότητας του συμπυκνωτή, ώστε να αξιοποιηθούν καλύτερα οι επιφάνειες συναλλαγής θερμότητας με τον αέρα του περιβάλλοντος, χρησιμοποιούνται συνήθως ηλεκτροκίνητοι ανεμιστήρες που αυξάνουν τις ταχύτητες ροής του αέρα. Πολλές φορές το μέγεθος του συμπυκνωτή καθορίζεται για μια δεδομένη θερμοκρασιακή διαφορά, μεταξύ θερμοκρασίας συμπύκνωσης του ψυκτικού μέσου και θερμοκρασίας του αέρα περιβάλλοντος.



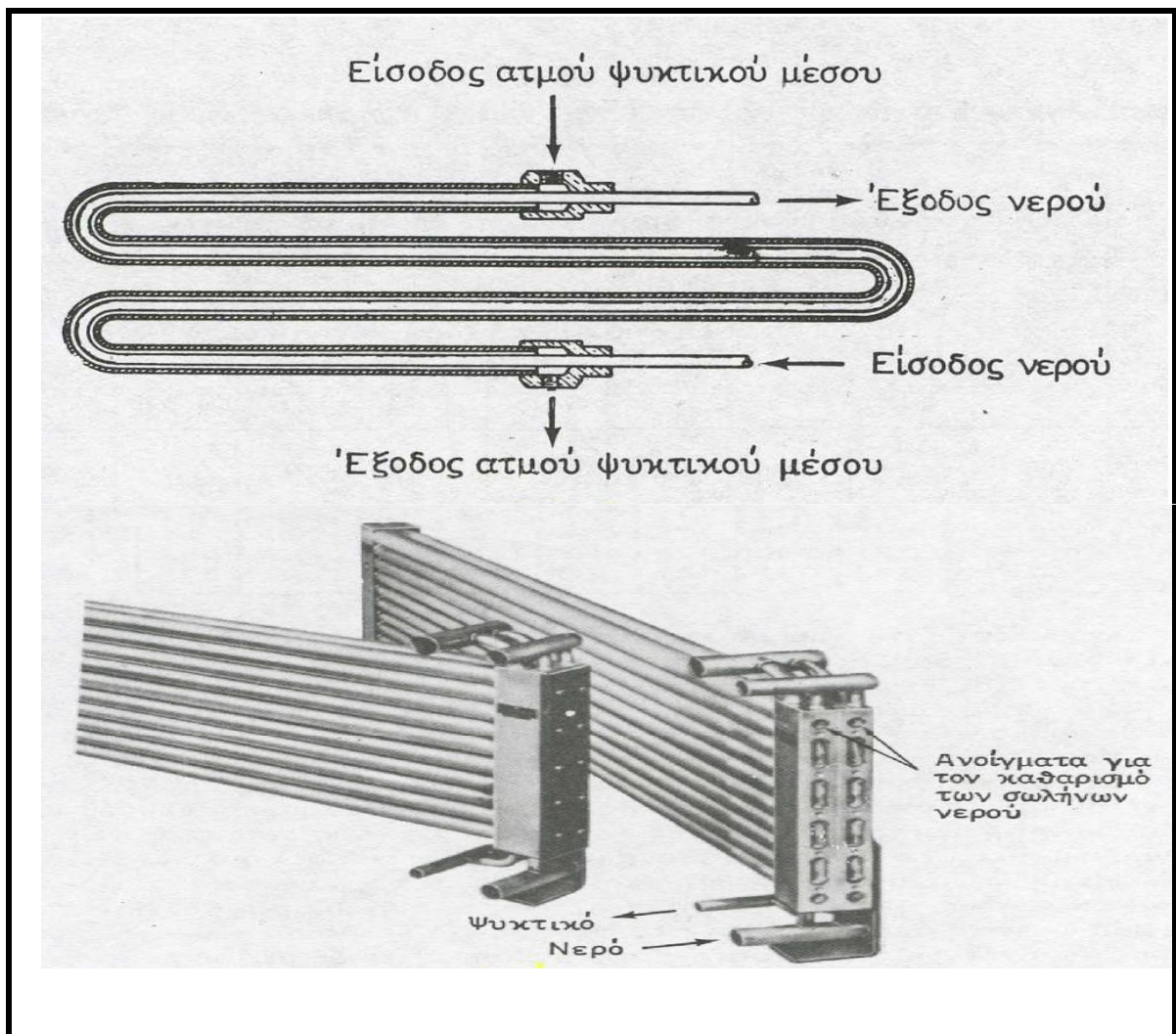


*Αερόψυκτο συγκρότημα κλειστό σε μεταλλική κατασκευή*

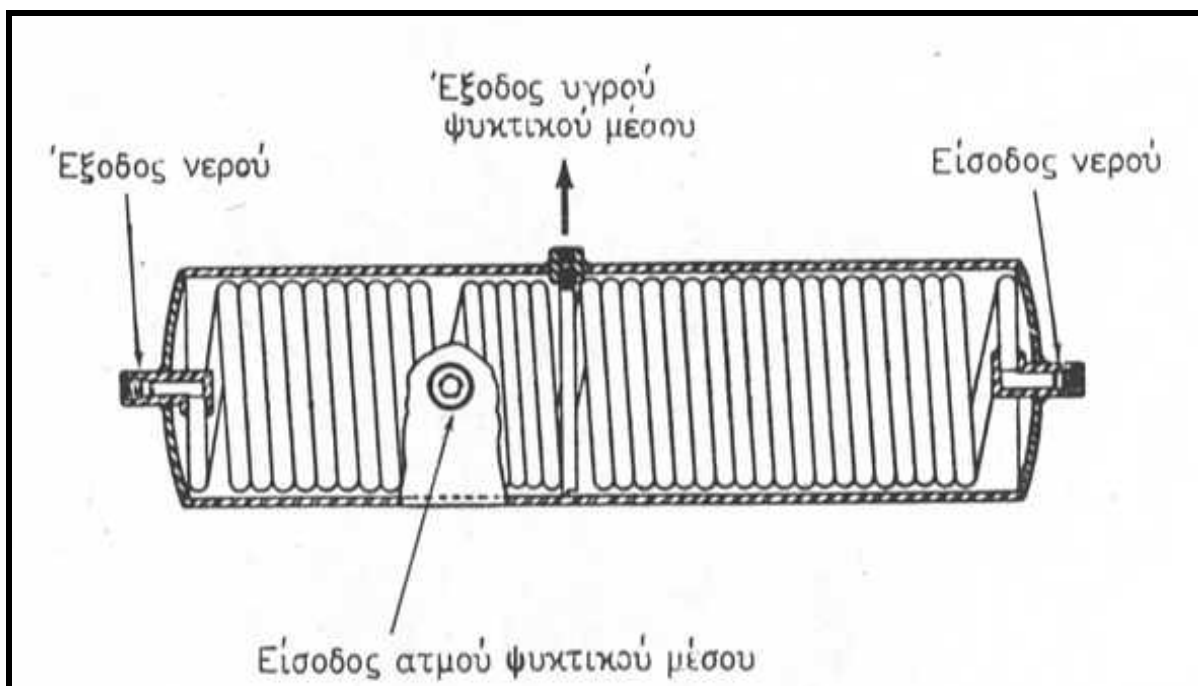
- Υδροψυκτοι συμπυκνωτές: σε αυτούς τους συμπυκνωτές, νερό που κυκλοφορεί ανάγει τη θερμότητα που αφαιρείται από το ψυκτικό μέσο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συμπυκνωτών, ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση:
  - ο Κελύφους – σωλήνων
  - ο Κελύφους – σπειρών
  - ο Ομοαξονικών σωλήνων
  - ο Ελεύθερης επιφάνειας νερού
  - ο Πλακοειδείς



Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους - σωλήνων



Υδρόψυκτος συμπυκνωτής ομοαξονικών σωλήνων



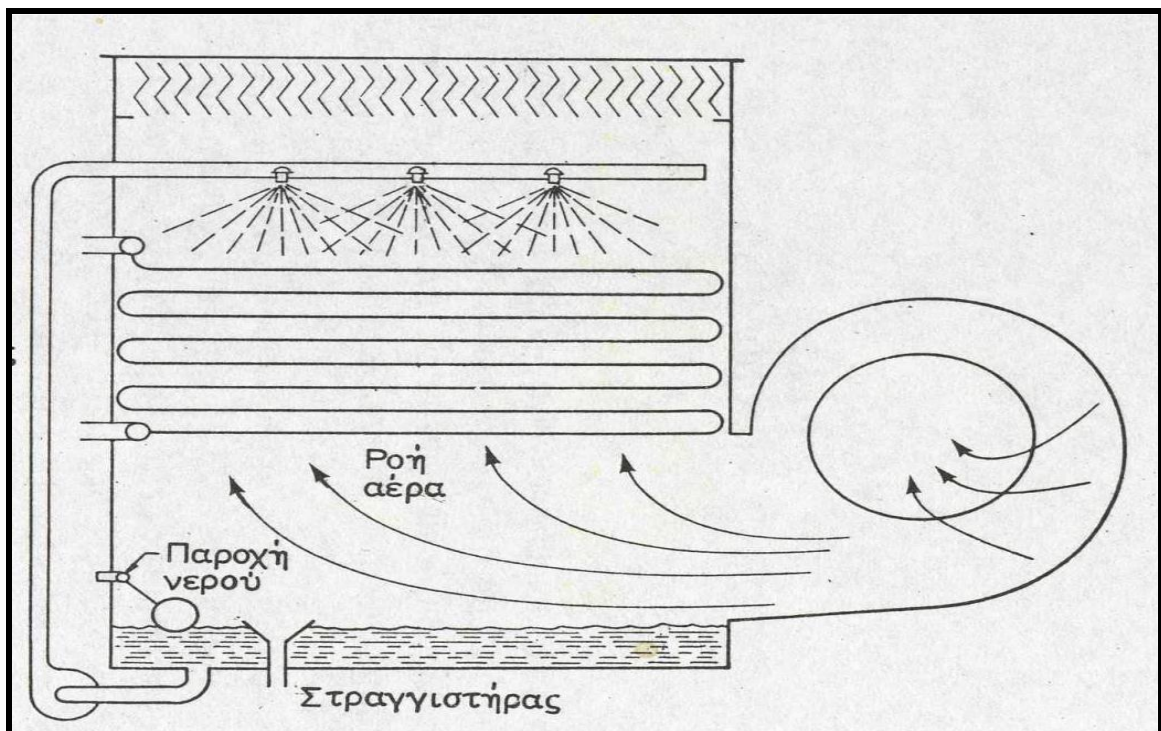
Υδρόψυκτος συμπυκνωτής κελύφους – σπειρών



Κατασκευαστική διαμόρφωση πλακοειδούς εναλλάκτη

- Συμπυκνωτές εξάτμισης νερού: στους συμπυκνωτές εξάτμισης νερού, το νερό που παίρνει την απορριπτόμενη θερμότητα φτάνει έως την εξάτμιση. Για να λειτουργήσουν οι συμπυκνωτές του τύπου αυτού, πρέπει να προσάγεται αέρας και νερό. Ο αέρας θερμαίνεται, αλλά κυρίως

παρασύρει τους υδρατμούς που παράγονται από το εξατμιζόμενο νερό και βοηθάει ώστε να συνεχίζεται η εξάτμιση. Το ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί στο εσωτερικό ενός σπειροειδούς σωλήνα και συμπυκνώνεται. Το νερό στάζει πάνω στους σωλήνες σε μορφή σταγονιδίων και τους βρέχει. Ο αέρας κυκλοφορεί στην εξωτερική πλευρά των σωληνώσεων και συμπαρασύρει το εξατμιζόμενο νερό προς το περιβάλλον.



Συμπυκνωτής εξάτμισης νερού, τύπου καταθλίψεως

### Εκτονωτικοί μηχανισμοί

Μετά το συμπυκνωτή, το θερμό, υπόψυκτο υγρό κινείται προς τα κάτω στη γραμμή υγρού, προς την κατεύθυνση του εκτονωτικού μηχανισμού, ώστε να υποβιβάσει την πίεσή του και να επιστρέψει στο στοιχείο ατμοποίησης για να ξαναγίνει ατμός.



Η βαλβίδα εκτόνωσης (διάταξη στραγγαλισμού) είναι το εξάρτημα στο οποίο το ψυκτικό υγρό εκτονώνεται. Δηλαδή, το ψυκτικό μέσο μεταβάλλεται από υγρό (συνήθως υπόψυκτο) υψηλής πίεσης, σε μίγμα υγρού – ατμού χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Ο στραγγαλισμός εάν υποθεθεί ότι γίνεται αδιαβατικά, είναι μεταβολή ισηenthalπική. Επειδή οι πιέσεις λειτουργίας της εγκατάστασης μεταβάλλονται με την εποχή και με το ψυκτικό φορτίο που υπάρχει κάθε φορά, η παροχή της διάταξης στραγγαλισμού πρέπει να μπορεί να προσαρμόζεται σε αυτές τις ανάγκες. Γι' αυτό το σκοπό, επιβάλλονται ρυθμιστικές διατάξεις ελέγχου των διαφορών σημείων της εγκατάστασης, ώστε η διάταξη του στραγγαλισμού να προσαρμόζεται στο μέσο όρο της παροχής του συμπιεστή.

Για τον παραπάνω λόγο μετρούνται και ελέγχονται η θερμοκρασία, η πίεση, η στάθμη υγρού του ψυκτικού μέσου και η υπερθέρμανση του ατμού του ψυκτικού μέσου στην έξοδο του εξατμιστή. Με βάση αυτές τις τιμές ρυθμίζεται η παροχή του ψυκτικού μέσου. Οπότε η διάταξη στραγγαλισμού έχει διπλή αποστολή. Στραγγαλίζει δηλαδή, την πίεση στην πίεση λειτουργίας του εξατμιστή και ρυθμίζει την παροχή μάζας του ψυκτικού μέσου από το συμπυκνωτή προς τον εξατμιστή.

Ένας τύπος μηχανισμού ελέγχου είναι ο τριχοειδής σωλήνας. Αυτός είναι ένας μικρός σωλήνας, πολύ μικρής διατομής, που παρεμβάλλεται στην κανονική σωλήνωση. Αυτός ο μηχανισμός, εμποδίζει την πλήρη ροή του ψυκτικού μέσου και είναι το διαχωριστικό σημείο μεταξύ της πλευράς υψηλής πίεσης και της πλευράς χαμηλής πίεσης του συστήματος. Το μήκος και η διάμετρος του σωλήνα εξαρτώνται από το είδος του ψυκτικού μέσου, από τη διαφορά πίεσης και από την ψυκτική ισχύ. Μέσα σ' αυτόν το μηχανισμό μπορεί να εισέλθει μόνο υγρό. Η ροή του υγρού είναι πολύ περιορισμένη σε αυτό το σημείο. Το υγρό ψυκτικό μέσο εισέρχεται στο τριχοειδές με υψηλή πίεση. Το ψυκτικό μέσο εγκαταλείπει το τριχοειδές σαν μίγμα υγρού (75% περίπου) και ατμού (25% περίπου) σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία.



Επειδή, ο τριχοειδής σωλήνας έχει σταθερή διάμετρο και σταθερό μήκος εργάζεται ικανοποιητικά μόνο σε μια καθορισμένη περιοχή λειτουργίας και δεν έχει την ικανότητα προσαρμογής που έχει λόγω χάρη η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης. Όταν η ψυκτική μονάδα είναι εκτός λειτουργίας, ο τριχοειδής σωλήνας εξισώνει την πίεση σε ολόκληρη την εγκατάσταση και έτσι ο συμπιεστής μπορεί να εκκινήσει με ευνοϊκές συνθήκες αντιθλίψεως.

Στον επόμενο πίνακα, φαίνονται τυποποιημένες διαστάσεις διάφορων τριχοειδών σωλήνων.

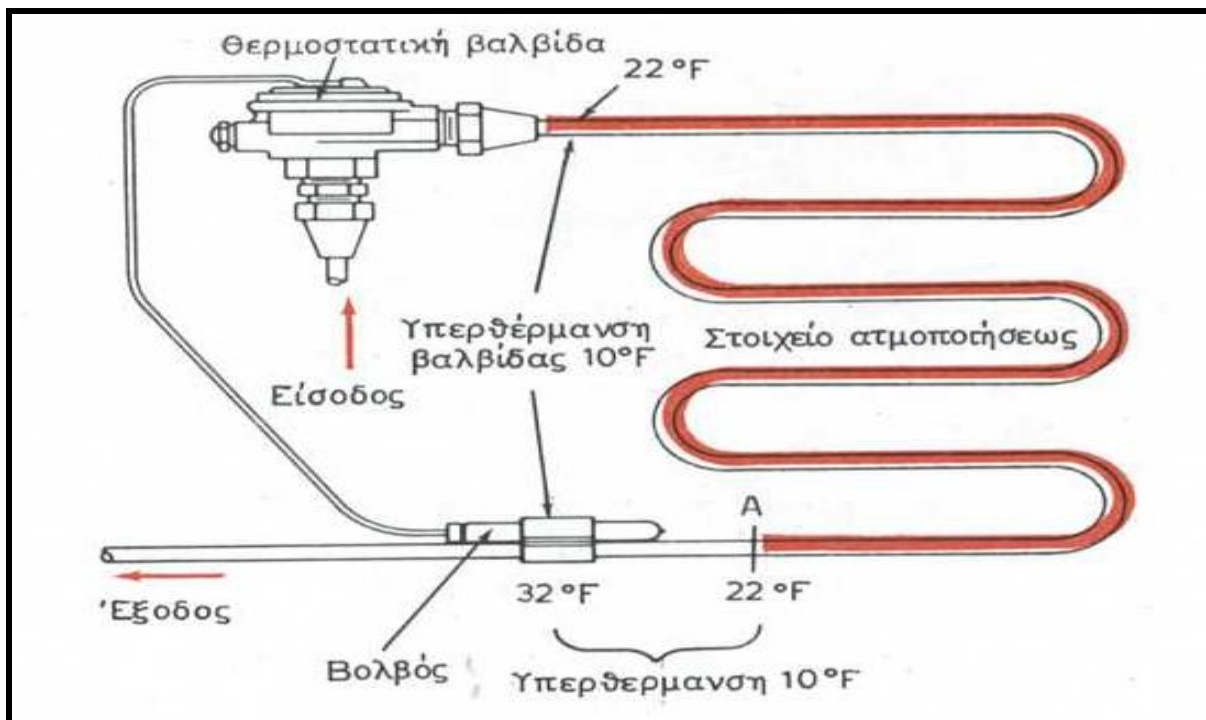
<b>Διάμετρος τριχοειδών σωλήνων</b>	
<b>Εξωτερική (in)</b>	<b>Εσωτερική (in)</b>
0,083	0,031
0,094	0,036
0,109	0,042
0,114	0,049
0,120	0,055
0,130	0,065

#### Μηχανικές βαλβίδες εκτόνωσης

Ένα άλλο είδος εκτονωτικού μηχανισμού είναι οι μηχανικές βαλβίδες εκτόνωσης. Έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν πληροφορίες για την πίεση ατμοποίησης, τη θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού, το ύψος στάθμης υγρού ή το συνδυασμό αυτών και να ρυθμίζουν την παροχή του ψυκτικού μέσου προς τον εξατμιστή. Σε όλες τις περιπτώσεις, το ρυθμίζον μέγεθος είναι η διαδρομή μιας βαλβίδας που ανοιγοκλείνει κατάλληλα και αλλάζει την παροχή του

ψυκτικού μέσου. Ο ρυθμιστής που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι θερμικής ή υδραυλικής δράσης ή και ηλεκτρικός. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι είναι οι εξής:

- Θερμοστατική βαλβίδα
- Πιεζοστατική βαλβίδα
- Θερμοηλεκτρική βαλβίδα
- Βαλβίδα πλωτήρα χαμηλής και υψηλής πίεσης



Θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης, για λειτουργία με υπερθέρμανση 10° F (5,6° C)

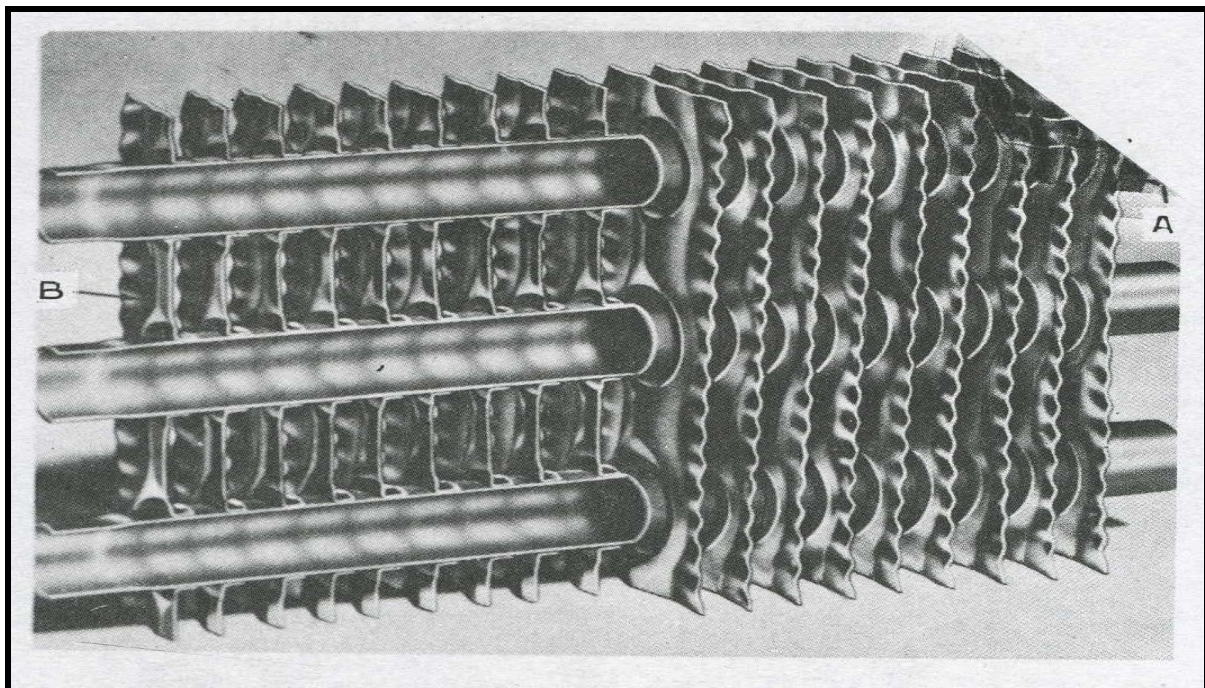
### Ο εξατμιστής

Ο εξατμιστής ή στοιχείο ατμοποίησης είναι όμοια διάταξη με τον συμπυκνωτή, μόνο που εργάζεται αντίθετα. Σκοπός του είναι η αφαίρεση θερμότητας από τον κλιματιζόμενο χώρο και η πρόσδοσή της στο υγρό ψυκτικό μέσο, το οποίο αλλάζει φάση και γίνεται ατμός. Η αλλαγή φάσης γίνεται εν γένει σε χαμηλή θερμοκρασία και πίεση του ψυκτικού μέσου, που εξαρτάται από την επιθυμητή θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου. Η θερμότητα που αποβάλλεται από

τον αέρα είναι ίση με τη θερμότητα που απορροφάται από το ψυκτικό, όταν περνά μέσα από τον εξατμιστή.

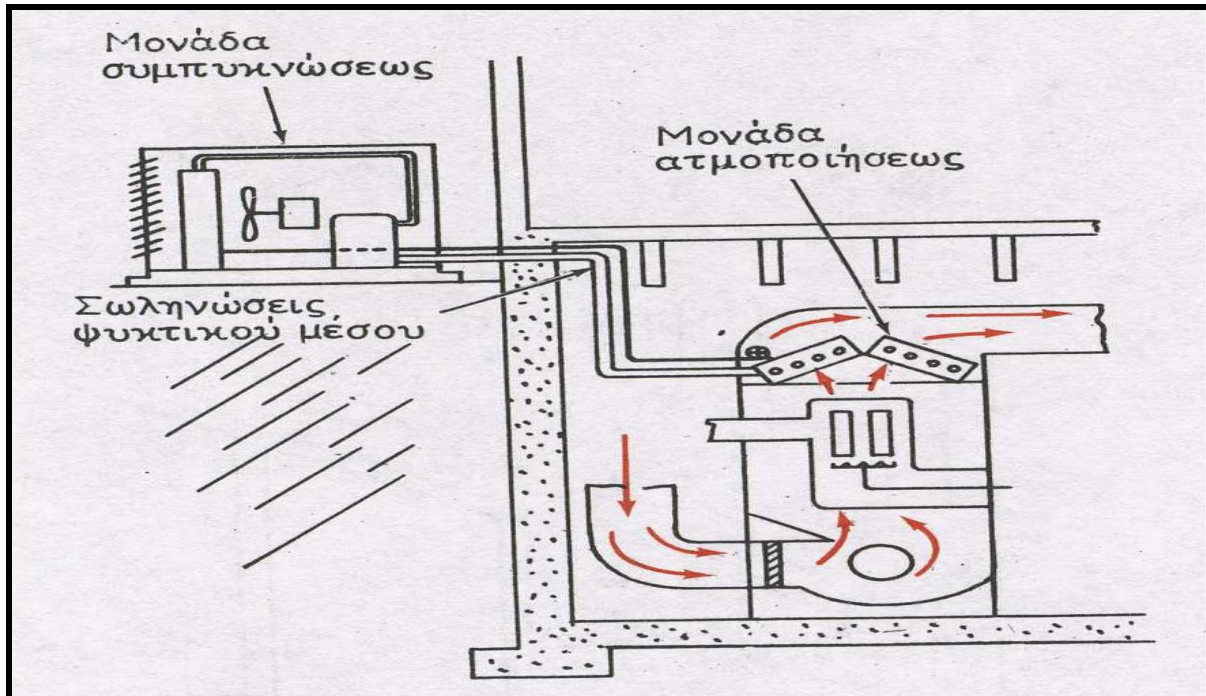
Υπάρχει πολλή μεγάλη ποικιλία στοιχείων ατμοποίησης με μορφή και κατασκευή που ανταποκρίνεται στις ανάγκες της κάθε εγκατάστασης. Το ρευστό που ψύχεται χαρακτηρίζει τις δύο μεγάλες κατηγορίες των στοιχείων ατμοποίησης:

- Τα στοιχεία ψύξης αέρα: στο είδος αυτό, το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται μέσα σε σωλήνες κυκλικής διατομής, οι οποίοι, ανάλογα με την εφαρμογή στην εξωτερική τους πλευρά είναι λείοι ή έχουν πτερύγια τα οποία αυξάνουν την επιφάνειά τους. Τα πτερύγια αυτά, ανάλογα με την ανάγκη που εξυπηρετεί το στοιχείο ατμοποίησης, μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφα ή και να έχουν και κατάλληλη κλίση. Επίσης, μπορεί να είναι μονά ή διπλά.



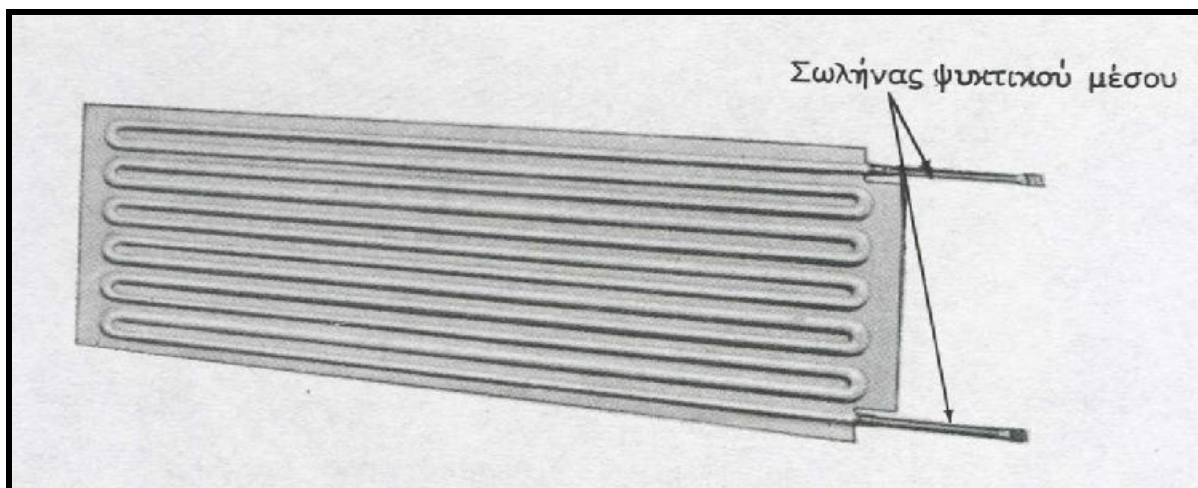
Τομή σε στοιχείο ατμοποίησης *A* ð σωλήνες *B* ð πτερύγια

Ανάλογα με τη ροή του αέρα, τα στοιχεία ατμοποίησης, μπορεί να είναι φυσικής ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Ο τρόπος ενσωμάτωσης των στοιχείων στην όλη εγκατάσταση εξαρτάται από το είδος της εγκατάστασης.



*Κλιματιστική συσκευή που διαμορφώθηκε κατάλληλα στη γεωμετρία του χώρου με διπλό κεκλιμένο στοιχείο ατμοποίησης*

Για ορισμένες εφαρμογές, τα στοιχεία ατμοποίησης κατασκευάζονται από δύο ελάσματα, τα οποία σχηματίζουν τους αγωγούς – σωλήνες με κατάλληλα βαθουλώματα, όπως φαίνεται και στο σχήμα, όπου επάνω στα επίπεδα ελάσματα τυπώνεται το σχήμα των σωληνώσεων που θέλουμε να κατασκευαστεί.



*Στοιχείο ατμοποίησης κατασκευασμένο από δύο ελάσματα με κατάλληλη διαμόρφωση*

Μετά, τα δύο επίπεδα ελάσματα, τοποθετημένα αντικριστά, συμπιέζονται τόσο ισχυρά ώστε να γίνουν ένα σώμα.

- Τα στοιχεία ψύξης υγρών: τα στοιχεία ατμοποίησης που ψύχουν υγρά, είναι εναλλάκτες θερμότητας, στους οποίους η μία πλευρά διαρρέεται από υγρό που ψύχεται, ενώ η άλλη πλευρά από ψυκτικό μέσο που ατμοποιείται. Υπάρχουν πολλοί τύποι τέτοιων στοιχείων, οι οποίοι έχουν διαμορφωθεί για να εξυπηρετούν συγκεκριμένες ανάγκες και δίνονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας, ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης, όπου χρησιμοποιούνται.

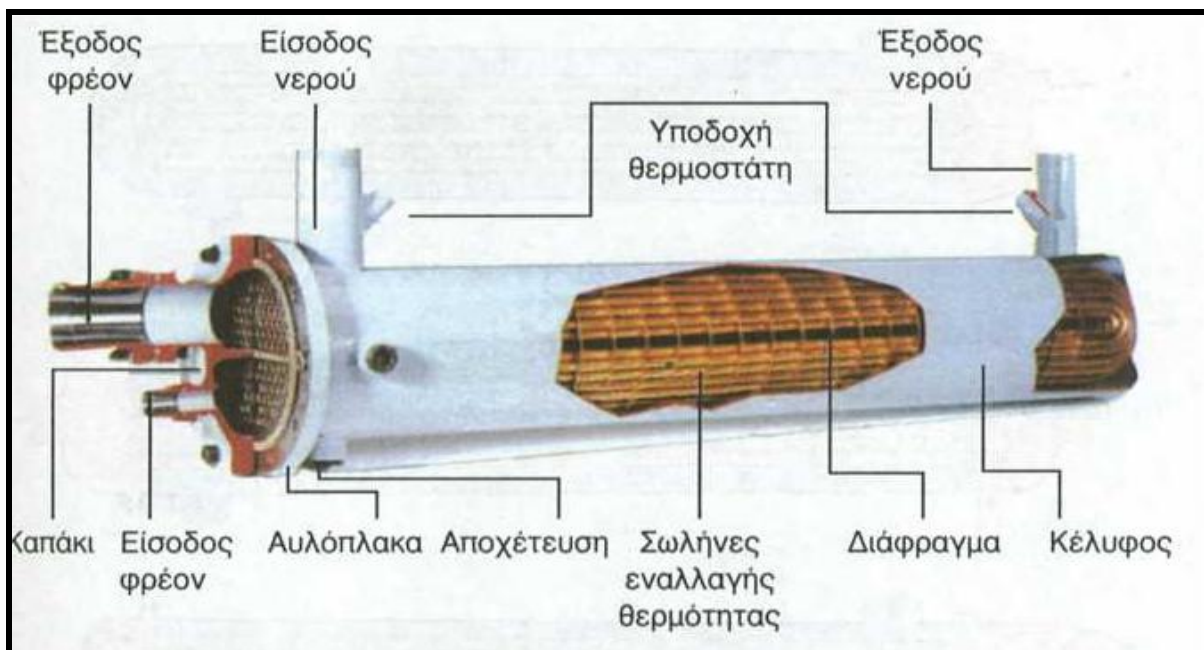
Για οποιονδήποτε όμως τύπο στοιχείου ατμοποίησης, υπάρχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του ή το σχεδιασμό του και είναι:

- Επιφάνεια μετάδοσης θερμότητας
- Μέθοδος παροχής ψυκτικού μέσου στο στοιχείο
- Ασφάλεια της κατασκευής
- Απώλειες ψυκτικού μέσου, λόγω διαρροών
- Περιεκτικότητα υγρού, ψυκτικού μέσου
- Ρύπανση επιφανειών

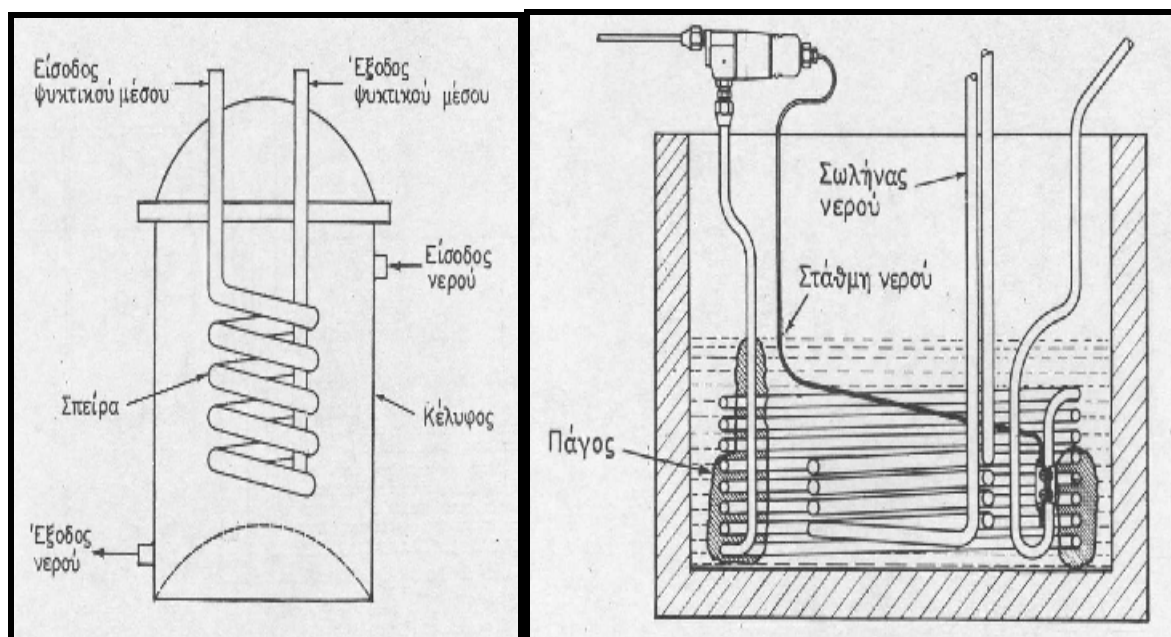
- Οξείδωση των μεταλλικών επιφανειών
- Όγκος και βάρος της κατασκευής
- Δυνατότητα παγώματος ψυχόμενου υγρού
- Πτώση πίεσης ψυχόμενου υγρού, λόγω κυκλοφορίας του
- Κόστος του στοιχείου

Τύπος στοιχείου	Συνηθισμέ- νη διάταξη παραχής ψυ- κτικού μέσου	Συνηθισμέ- νη ψυκτι- κή ισχύς (ψυκτικοί τόνοι, RT).	Ψυκτικό μέσο, που συνήθως χρησιμοποιείται
1. Κελύφους- απλών σωλή- νων υπερ- χειλίσεως.	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	50 – 500	717 (αμμωνία)
2. Κελύφους- περυγο- φόρων σωλή- νων υπερ- χειλίσεως.	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως. Πλωτήρας υψηλής πίεσεως.	25 – 2000 50 – 5000	11, 12, 22, 113 114, 500
3. Κελύφους- σωλήνων κα- ταιωνισμού (ισπρέϋ).	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως. Πλωτήρας υψηλής πίεσεως.	50 – 5000	11, 12, 113, 114
4. Κελύφους- σωλήνων «ξηρή» εκτα- νώσεως.	Θερμοστατι- κή βαλβίδα στραγγαλι- σμού.	5 – 350	12, 22, 500 502, 717 717
5. Καταιωνισμό νερού υπερχειλί- σεως.	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	10 – 100	717
6. Καταιωνισμό νερού «ξηρή» εκτα- νώσεως.	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλι- σμού.	5 – 25	12, 22, 717
7. Ομοαξονικών σωλήνων υπερχειλί- σεως.	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	10 – 25	717
8. Ομοαξονικών σωλήνων «ξηρή» εκτα- νώσεως.	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλι- σμού.	5 – 25	12, 22, 717
9. Κελύφους- σπείρας.	Θερμοστατική βαλβίδα στραγγαλι- σμού.	2 – 10	12, 22, 717
10. Δοχείου ανα- δεύσεως, υπερχειλί- σεως.	Πλωτήρας χαμηλής πίεσεως.	50 – 200	717

Όπως είναι γνωστό, ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε μία ποσότητα υδρατμού που εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες της κάθε στιγμής. Όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας έρθει σε επαφή με κάποια ψυχρή επιφάνεια, ψύχεται και ο υδρατμός που εμπεριέχει. Εάν η ψύξη αυτή είναι αρκετή, τότε ο υδρατμός συμπυκνώνεται, κατά κάποιο ποσοστό, και επάνω στην ψυχρή επιφάνεια εμφανίζονται σταγόνες νερού. Τα στοιχεία ατμοποίησης πολλές φορές χρησιμοποιούνται και για να αφυγράνουν τον αέρα και με κατάλληλη διάταξη, απομακρύνουν τα συμπυκνώματα. Βέβαια, η συμπύκνωση των υδρατμών πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε να μην σχηματίζεται πάγος επάνω στην επιφάνεια του εξατμιστή, διότι δυσκολεύει τη μετάδοση θερμότητας.



*Κατασκευαστική διαμόρφωση εναλλάκτη κελύφους – σωλήνα, με σωλήνες μορφής U*



Σχηματική παράταξη στοιχείου κελύφους – σπειρών (αριστερή εικόνα), στοιχείο εμβαπτισμένο σε νερό για συσσώρευση πάγου (δεξιά εικόνα).

#### 2.4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αντλιών θερμότητας

Το κόστος των αντλιών θερμότητας εξαρτάται μόνο από την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι αρκετά χαμηλότερο από το κόστος λειτουργίας και συντήρησης μιας μικρής εγκατάστασης, κλασσικού συστήματος κεντρικής θέρμανσης, με ζεστό νερό και θερμαντικά σώματα. Η αντλία θερμότητας είναι αρκετά οικονομική για τον κλιματισμό μεμονωμένων χώρων ή μικρών κτιρίων, γιατί εκμεταλλεύεται ποσά θερμότητας του φυσικού περιβάλλοντος. Δε συμβάλλει στη ρύπανση του περιβάλλοντος και η εγκατάσταση δεν απαιτεί μεγάλους χώρους. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να θερμαίνει ή να ψύχει ένα χώρο, ανάλογα με τις απαιτήσεις του καταναλωτή.

Για ήπια κλίματα, όπως αυτό της χώρας μας, η αντλία θερμότητας παρουσιάζει υψηλό συντελεστή απόδοσης (C.O.P.). Ο C.O.P. είναι ακόμα



καλύτερος όταν πρόκειται για μεγάλες εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας, όπου η κίνηση δίνεται από μια μηχανή Diesel.

Απεναντίας, το κόστος εγκατάστασης μιας αντλίας θερμότητας είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός συμβατικού καλοριφέρ και ο C.O.P. της αντλίας μειώνεται αισθητά σε περιόδους που οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι μεγάλες. Ενώ ο ονομαστικός C.O.P. μιας αντλίας είναι συνήθως 3,25 για 10° C στο εξωτερικό περιβάλλον και 21° C στο εσωτερικό, ο βαθμός πέφτει κάτω από 1,5, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι κάτω από -6° C. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται αντιστάσεις θέρμανσης που θα καλύψουν το επιπλέον φορτίο.

Επιπλέον, η οικονομικότητα ή όχι των αντλιών θερμότητας εξαρτάται από την απαραίτητη ισχύ που θα πρέπει να καταναλώνεται στις αντιστάσεις. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή θερμότητας το νερό ή το έδαφος, όπου η θερμοκρασία δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου. Το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης βέβαια, σε αυτές τις περιπτώσεις είναι μεγάλο.

Οι μεγάλες αντλίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλα κτίρια και η απόδοσή τους κορυφώνεται, όταν υπάρχουν ανάγκες θέρμανσης κάποιων χώρων και ταυτόχρονα, ψύξης κάποιων άλλων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται εντυπωσιακή εξοικονόμηση ενέργειας, αφού έχουμε μεταφορά θερμότητας από τον ένα χώρο στον άλλο. Οι αντλίες επίσης, γίνονται ανταγωνιστικές, όταν παράλληλα με τη θέρμανση του χειμώνα απαιτείται και ψύξη το καλοκαίρι και η διάχυτη θερμοκρασιακή κατάσταση έχει ευνοϊκά χαρακτηριστικά για την αποδοτική άντληση θερμότητας.

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν ένα σοβαρό αντίπαλο για τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που έχουν, αλλά και για το γεγονός ότι εκμεταλλεύονται χαμηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. Πάντως, θα πρέπει να προηγείται η οικονομική σύγκριση των αντλιών θερμότητας, όταν προορίζονται για ένα χώρο με συσκευές που χρησιμοποιούν άλλες πηγές ενέργειας.

## **Κεφάλαιο 3 : Ψυκτικά ρευστά – Ψυκτικές ουσίες**

### **3.1 Τι είναι τα ψυκτικά ρευστά;**

Το ψυκτικό ρευστό είναι το μέσο που χρησιμοποιούν τα συστήματα κλιματισμού, για τη θερμική επικοινωνία των επιμέρους εξαρτημάτων μιας εγκατάστασης. Στον ψυκτικό κύκλο, το ρευστό αυτό εξατμίζεται στον εξατμιστή απορροφώντας θερμότητα, ενώ συμπυκνώνεται στον συμπυκνωτή, απορρίπτοντας τη θερμότητα που μεταφέρει (Μπαλαράς Κ., Μπίμης Π. & Θεοφύλακτος Κ. (2003), *Εγκαταστάσεις Κλιματισμού Ι*, Αθήνα, Ο.Ε.Δ.Β., σελ.199).

Η εκλογή του κατάλληλου ψυκτικού μέσου για μια εγκατάσταση, δεν γίνεται μόνο με θερμοδυναμικά κριτήρια. Σημαντικό ρόλο παίζουν και άλλες ιδιότητες του ψυκτικού μέσου, όπως η τοξικότητα, η αναφλεξιμότητα, το ιξώδες κ.α.

Επίσης, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο είδος των μετάλλων που χρησιμοποιούνται στην ψυκτική εγκατάσταση, στις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν, λόγω χάρη μέσα στα τοιχώματα των εμβολοφόρων συμπιεστών και στη συνεργασία του ψυκτικού μέσου με το λάδι λίπανσης. Βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος του ψυκτικού μέσου είναι η θερμότητα ατμοποίησης. Όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η ψυκτική ικανότητα του ψυκτικού μέσου που επιφέρει οικονομία στην παροχή μάζας για μια δεδομένη ψυκτική ισχύ και συνεπώς, μικρότερη εγκατάσταση από άποψη όγκου.

Υπάρχουν αρκετά προϊόντα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ψυκτικά μέσα. Συνήθως στα οικιακά και τα ελαφρά εμπορικά κλιματιστικά συστήματα, χρησιμοποιούνται τα εξής: R-11, R-12, R-22 και τα οικολογικά R-134, R-407, R-410.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία του περιβάλλοντος, θα πρέπει να σταματήσει η παραγωγή των μη οικολογικών ψυκτικών υγρών, μέχρι το πέρας του χρονικού ορίου που έχει καθορισθεί. Όσον αφορά τα ήδη υπάρχοντα κλιματιστικά μηχανήματα, αυτά θα πρέπει να υποστούν τις απαραίτητες τροποποιήσεις, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία τους με τη χρήση οικολογικών ψυκτικών μέσων.

Στον παρακάτω πίνακα, ανάλογα με την εφαρμογή του μη οικολογικού ψυκτικού υγρού, δίνεται το φιλικό προς το περιβάλλον εναλλακτικό, ψυκτικό μέσο.

<b>Προϊόν</b>	<b>Εφαρμογές</b>	<b>Αντικαθιστά</b>
<b>AZ-50 (R-507)</b>	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας ψυκτικά μέσα	R-502, R-22, R-12, R-22, R-502
<b>404A</b>	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας	R-502, R-22, R-12
<b>402A (HP80)</b>	Χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας Retrofits	- R-502
<b>AZ-20 (R410A)</b>	Κλιματιστικά & αντλίες θέρμανσης, μέσης θερμοκρασίας ψύξης	R-22
<b>407C</b>	Κλιματιστικά	R-22
<b>134A</b>	Μέσης θερμοκρασίας, κλιματιστικά	R-12, R-12, R-22,

	αυτοκινήτων, Κλιματιστικά ψυκτικοί θάλαμοι.	R-12, R-12	R-22
<b>401A (MP39)</b>	Μέσης θερμοκρασίας - Retrofits	R-12	
<b>401B (MP66)</b>	Χαμηλής θερμοκρασίας Retrofits	- R-12	
<b>409A</b>	Retrofits Ψύξης	R-12	
<b>123</b>	Centrifugal chillers	R-11	
<b>124</b>	Specialty Chillers	R-11	
<b>23</b>	Χαμηλής θερμοκρασίας ψύξη	R-13, R-503	

Η σωστή επιλογή του ψυκτικού μέσου είναι σημαντική, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος της μόλυνσης του περιβάλλοντος. Επίσης, η ψυκτική ουσία θα πρέπει να είναι ασφαλής για την προστασία των ανθρώπων από ασθένεια ή τραυματισμό.

Βέβαια, τα σύγχρονα ψυκτικά μέσα είναι μη τοξικά και ο εξοπλισμός είναι σχεδιασμένος ώστε να χρησιμοποιεί την ελάχιστη ποσότητα ψυκτικού μέσου που απαιτείται για να εκτελέσει τη δουλειά του. Ακόμη, είναι σημαντικό το ψυκτικό μέσο να μπορεί να ανιχνεύεται αμέσως καθώς επίσης, το σημείο βρασμού του να είναι χαμηλό στην ατμοσφαιρική πίεση, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται χαμηλές θερμοκρασίες, χωρίς να οδηγούμαστε σε υποπίεση.

Αξίζει να σημειωθεί, πως τα ψυκτικά ρευστά συμβολίζονται με το λατινικό γράμμα (R), από τη λέξη Refrigerant, που σημαίνει ψυκτικό ρευστό και στη

συνέχεια με ένα διψήφιο, τριψήφιο ή τετραψήφιο αριθμό, που υποδηλώνει τη χημική ένωση τους.

Κάθε ψυκτικό μέσο έχει ένα χημικό τύπο και μια ονομασία. Οι διάφοροι χλωροφθοράνθρακες (με γενικό τύπο  $C_xH_yF_zCl_w$ ) χαρακτηρίζονται από ένα κωδικό διψήφιο ή τριψήφιο αριθμό από τον οποίο προκύπτει ο μοριακός τους τύπος με βάση μνημονικό κανόνα, γνωστό και ως **κανόνας του 90** (rule of 90). Στον κωδικό αριθμό προστίθεται το 90, οπότε προκύπτει ο τριψήφιος αριθμός xyz. Έτσι, οι αριθμοί των εκατοντάδων, δεκάδων και μονάδων, αντιστοιχούν στον αριθμό των ατόμων **C**, **H**, και **F** στο μόριο του CFC. Ο αριθμός w προκύπτει εκ διαφοράς δεδομένου ότι ισχύει πάντοτε η σχέση  $y+z+w = 2x+2$ .

Για παράδειγμα, για το Freon-12 (ή CFC-12 ή R-12) ισχύει  $12+90=102$ , έχει χημικό τύπο  $CF_2Cl_2$  και ονομάζεται διχλωροδιφθορομεθάνιο. Για το Freon-23 (ή CFC-23 ή R-23) ισχύει  $23+90=113$  και έχει χημικό τύπο  $CHF_3$ . Αντίστοιχα, για το Freon-114 (ή CFC-114 ή R-114) ισχύει  $114+90 = 204$  και είναι το  $C_2F_4Cl_2$ , ενώ το  $CHF_3$  θα είναι το Freon 23 ( $= 113 - 90$ ). Ο κάθε τύπος ψυκτικού μέσου περιέχεται σε έναν κύλινδρο που έχει ένα χαρακτηριστικό χρώμα. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα χρώματα των κυλίνδρων που περιέχουν τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά μέσα.

R - 407 B	Κρεμ	R - 717	Ασημί
R - 407 C	Σοκολατί	R - 409 A	Μελανό
R - 410 A	Ροζ	R - 123	Ανοιχτό γκρι
R - 11	Πορτοκαλί	R - 401 A	Κόκκινο
R - 12	Άσπρο	R - 401 B	Μουσταρδί
R - 22	Πράσινο	R - 401 C	Νερού
R - 113	Βυσσινί	R - 402 A	Ανοιχτό καφέ
R - 134a	Ανοιχτό μπλέ	R - 402 B	Πράσινο - καφέ
R - 114	Σκούρο μπλέ	R - 404 A	Πορτοκαλί
R - 500	Κίτρινο	R - 406 A	Ανοιχτό γκρι - πράσινο
R - 502	Το χρώμα της ορχιδέας	R - 407 A	Ανοιχτό πράσινο



Θα πρέπει

επίσης να αναφερθεί, ότι η συλλογή και η ανακύκλωση των ψυκτικών μέσων με ειδικές μονάδες, βοηθάει στην αποφυγή εκπομπής των χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα, που είναι καταστροφικοί για το όζον. Ένα τέτοιο μηχάνημα συλλογής ψυκτικού ρευστού φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



### **3.2 Η ζωή μετά το φρέον**

Δύο δεκαετίες πριν, η επιλογή του ψυκτικού μέσου για τις ανάγκες ψύξης-κλιματισμού ήταν απλή υπόθεση. Ουσίες αδρανείς, μη τοξικές και μη εύφλεκτες, όπως ήταν π.χ. οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs, γνωστοί και με την εμπορική ονομασία “φρέον”) κυριαρχούσαν στην αγορά. Η μακαριότητα αυτή ταράχτηκε όταν αποκαλύφθηκε ότι οι ουσίες αυτές καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος.

Η βιομηχανία αντέδρασε προσπαθώντας να υποκαταστήσει τους CFCs με άλλες ουσίες, οι οποίες είτε έβλαπταν λιγότερο το όζον (υδροχλωροφθοράνθρακες – HCFCs), είτε ήταν ασφαλείς για τη στιβάδα του όζοντος (υδροφθοράνθρακες - HFCs). Αν και η κίνηση αυτή έγινε για περιβαλλοντικούς λόγους, η βιομηχανία ψυκτικών εισήλθε σε ένα νέο φαύλο κύκλο, αφού οι νέες ψυκτικές ουσίες (όπως άλλωστε και οι παλαιότερες) συμβάλλουν –και μάλιστα σημαντικά- στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη.

Γι' αυτό το λόγο, όλες οι προαναφερθείσες ουσίες τελούν υπό απαγόρευση, περιορισμούς ή ελέγχους από διεθνείς συμβάσεις και συγκεκριμένα από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών. Επιπλέον, νομοθετικές ρυθμίσεις σε περιφερειακό ή/και εθνικό επίπεδο βάζουν πλέον φραγμούς στην περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των επιβλαβών για το περιβάλλον ουσιών.

Υπάρχουν βέβαια και καλά νέα. Την ώρα που η πλειοψηφία της βιομηχανίας ψυκτικών αναζητούσε λύσεις, άλλες ουσίες και εφαρμογές, πραγματικά φιλικές προς το περιβάλλον εισέβαλαν στην αγορά. Πρόκειται για τα λεγόμενα “φυσικά ψυκτικά” (όπως π.χ. οι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι κάνουν μια θριαμβευτική επανεμφάνιση μετά την απόρριψή τους από την αγορά στις αρχές του 20ου αιώνα, η αμμωνία, το νερό κ.λ.π.). Έτσι σήμερα, παρέχονται πλέον ασφαλή και επαρκή υποκατάστατα για όλες τις χρήσεις (ψύξη, κλιματισμό, αντλίες θερμότητας, διογκωτικά υλικά, προωθητικά αέρια κ.λ.π.) όπου κυριάρχησαν επί δεκαετίες οι CFCs και στη συνέχεια τα HCFCs και τα HFCs.

### **3.3 Τι ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

Τα φθοριούχα αέρια είναι λιγότερο γνωστά από το διοξείδιο του άνθρακα αλλά έχουν συμβάλει τουλάχιστον κατά 5% στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, η Ε.Ε. και κυρίως το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο επιθυμούν να περιορίσουν σημαντικά την χρήση τους.

Τα φθοριούχα αέρια βρίσκει κανείς στα συστήματα κλιματισμού, στα ψυγεία αλλά και στις σόλες ορισμένων αθλητικών παπουτσιών. Αν εκλυθούν δε στην ατμόσφαιρα, οι βλαβερές τους επιδράσεις μπορεί να διαρκέσουν εκατοντάδες ακόμη και χιλιάδες χρόνια. Τα αέρια αυτά κατευθύνονται ταχύτατα στην



στρατόσφαιρα, δημιουργώντας τόσο το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όσο και τη γνωστή τρύπα του όζοντος.

Σήμερα, εκπέμπονται ετησίως άνω των 30.000 τόνων πάσης φύσεως αέρια τύπου φρέον, τα οποία έχουν συσσωρευτεί μέχρι στιγμής στην ατμόσφαιρα ποσότητα άνω των 500.000 τόνων. Από αυτούς, καταστρέφονται οι 5.000 τόνοι περίπου το χρόνο ενώ οι υπόλοιποι 25.000 εξακολουθούν να συσσωρεύονται.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 2037/2000 για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, ισχύει σε ευρωπαϊκό επίπεδο το παρακάτω χρονοδιάγραμμα:

*Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην E.E.*

*1/1/2001*

- Απαγόρευση χρήσης CFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό
- Τα ανακτώμενα CFCs πρέπει να καταστρέφονται καταλλήλως
- Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας > 100 kW

*1/7/2002*

- Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας < 100 kW

*1/1/2004*

- Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέα συστήματα inverter και αντλίες θερμότητας

*1/1/2010*

- Απαγόρευση χρήσης παρθένων HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό

*1/1/2015*

- Απαγόρευση χρήσης όλων των HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό

Η πρόσφατη εμπειρία έχει δείξει ότι οι κοινοτικοί κανονισμοί για το όζον τροποποιούνται – επί το αυστηρότερον πάντα- μετά από λίγα χρόνια. Λογικά λοιπόν, μετά την οριστική απαγόρευση της χρήσης CFCs, θα πρέπει να αναμένει κανείς απομάκρυνση και των HCFCs από την αγορά πολύ πιο σύντομα απ’ ό τι περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα. Άλλωστε, η χρήση των HCFCs έχει ουσιαστικά απαγορευτεί σε νέες συσκευές κλιματισμού, δίνοντας τη θέση τους σε μία άλλη προβληματική κατηγορία ουσιών, τους υδροφθοράνθρακες (HFCs).

Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και ελέγχονται πλέον (όλοι, χωρίς εξαιρέσεις) από το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο κυρώθηκε από το ελληνικό Κοινοβούλιο στις 30/5/2002 και από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις 31/5/2002.

Οι HFCs αποτελούν σήμερα την αιχμή του δόρατος σε ότι αφορά τα βιομηχανικής προέλευσης “αέρια του θερμοκηπίου”. Ενώ το 1990 οι ποσότητές τους στην ευρωπαϊκή αγορά ήταν σχεδόν μηδενικές, έφτασαν στους 37.500 τόνους το 1998 και εκτιμάται ότι θα εκτιναχθούν στους 129.000 τόνους ως το 2012. Αν δεν ληφθούν επιπλέον μέτρα, εκτιμάται ότι τα λεγόμενα F-gases (HFCs, PFCs και SF<sub>6</sub>, τα οποία όλα ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο) θα αποτελούν το 15% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2040 και το 40% ως το 2100. Η ίδια η βιομηχανία βέβαια εκτιμά ότι θα είναι μόλις το 3% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050, μια εκτίμηση όχι και τόσο ρεαλιστική αν αναλογιστεί κανείς πως ήδη αποτελούν το 3-5% σε ορισμένες χώρες (3,3% στην Ελλάδα για το έτος 2000) και χωρίς λήψη μέτρων θα φτάσουν στο 4% όλων των αερίων του θερμοκηπίου στην Ε.Ε. το 2010 (από 2% το 1995).

### **3.4 Τα γνωστότερα ψυκτικά μέσα**

**R12(CF<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>):** Το R-12 κυκλοφορούσε με την εμπορική ονομασία Φρέον-12 και χρησιμοποιούνταν ως ψυκτικό υγρό και προωθητικό αέριο σε σπρέι (αεροζόλ). Η κυκλοφορία του διακόπηκε το 1994 για οικολογικούς λόγους, μιας και θεωρείται καταστρεπτικό για την στοιβάδα του όζοντος που προφυλάσσει την γη από την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία. Είναι ευδιάλυτο σε πολλούς οργανικούς διαλύτες.

**R22(CHF<sub>2</sub>Cl):** Το Χλωροδιφθορομεθάνιο, γνωστό και με τον κωδικό R-22, είναι ένα σχεδόν άχρωμο και άοσμο αέριο με σημείο βρασμού από -40,8 ° C και σημείο ψύξης στους -160 ° C. Ωστόσο, μπορεί να έχει και υγρή μορφή υπό συνθήκες με πολύ κρύο. Το Φρέον-22 χρησιμοποιείται σε κλιματισμούς ως προωθητικό αεροζόλ και ως διαλύτης με χαμηλή θερμοκρασία. Επίσης, χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο σε προθήκες των τροφίμων, καταψύκτες σπιτιών και αντλίες θερμότητας. Αξίζει να τονιστεί, πως το συγκεκριμένο φρέον μπορεί να έχει σοβαρές τοξικές αντιδράσεις όταν εισπνέεται. Είναι όπως και η αμμωνία(R717) ψυκτικό ρευστό μέσης πίεσεως αλλά πλεονεκτεί με τη μικρότερη σχέση συμπίεσεως και ως εκ τούτου ο βαθμός αποδόσεως είναι υψηλότερος.

**R502:** Το χλωροπενταφθοροαιθάνιο είναι ένα μείγμα αζεοτροπικού με ποσοστό 48,8% R-22 και 51,2% R-115 που χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο. Η παραγωγή και η κατανάλωση του έχει απαγορευτεί από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1996 στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, λόγω της καταστροφής του όζοντος. Το R502 είναι μη διαβρωτικό, άφλεκτο, σχεδόν τοξικό και έχει σημείο βρασμού από -50 °F σε ατμοσφαιρική πίεση.

Αυτό το ψυκτικό μέσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε παλινδρομικούς συμπιεστές. Συνήθως, χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ψύξης για εμπορικούς εξοπλισμούς κατεψυγμένων τροφίμων.

### **3.5 Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης**

Ως απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τη χρήση CFCs, HCFCs, και HFCs, έχουν αναπτυχθεί πολλά εναλλακτικά προϊόντα και τεχνικές. Κάποια από τα προϊόντα αυτά είναι γνωστά από παλιά και έχουν ευρεία χρήση (όπως π.χ. η αμμωνία), κάποια επανήλθαν στην αγορά μετά από δεκαετίες ξεπερνώντας τα τεχνικά προβλήματα του παρελθόντος (π.χ. υδρογονάνθρακες) και κάποια βρίσκονται στην αιχμή της τεχνολογικής έρευνας (όπως η ψύξη με χρήση κύκλου Stirling, η μαγνητική, η θερμοακουστική, η οπτική ψύξη, κ.λ.π). Πάνω από είκοσι διαφορετικά είδη προϊόντων και τεχνικών είναι σήμερα διαθέσιμα, τα μισά από τα οποία σε εμπορική κλίμακα. Απ' αυτά, τα σημαντικότερα είναι οι υδρογονάνθρακες, η αμμωνία (R717), το διοξείδιο του άνθρακα (R744), το νερό (R718), ο αέρας (R729), κ.λ.π.

Παρακάτω εστιάζουμε κυρίως στους υδρογονάνθρακες (και δευτερευόντως στην αμμωνία και το διοξείδιο του άνθρακα), δεδομένου ότι οι ουσίες αυτές φαίνεται πως μπορούν να εκτοπίσουν σχεδόν ολοσχερώς τα επιβλαβή ψυκτικά από την αγορά. Τονίζουμε πάντως ότι η τρέχουσα δεκαετία θα είναι μία περίοδος εντυπωσιακών αλλαγών στις τεχνολογίες και εφαρμογές της ψύξης και ότι τελικά αναμένεται πως οι τεχνολογίες που θα καταφέρουν να σταθούν στην αγορά θα είναι μάλλον διαφορετικές για κάθε ξεχωριστή εφαρμογή και χρήση.

### **3.5.1 Οι υδρογονάνθρακες σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού**

Οι υδρογονάνθρακες έχουν άριστες ψυκτικές ιδιότητες. Πριν από πολλές δεκαετίες είχαν χρησιμοποιηθεί και πάλι ως ψυκτικά, εγκαταλείφθηκαν όμως χάριν των CFCs. Οι υδρογονάνθρακες επανήλθαν ως ψυκτικά τη δεκαετία του 1990, χάρη στην εκστρατεία της Greenpeace για την προώθηση εναλλακτικών τεχνικών που δεν καταστρέφουν το όζον και δεν απειλούν το κλίμα της Γης. Για την προώθηση αυτής της τεχνολογίας (Greenfreeze), η Greenpeace βραβεύτηκε το 1997 με το Βραβείο Όζοντος των Ηνωμένων Εθνών.

Οι υδρογονάνθρακες δεν καταστρέφουν το όζον, ούτε συμβάλλουν σημαντικά ως ψυκτικά στην αλλαγή του κλίματος. Επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση των συσκευών ψύξης και κλιματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την υποκατάσταση ψυκτικών σε παλιές συσκευές χωρίς να χρειάζεται αλλαγή λαδιών ή πολύπλοκες τεχνικές διαδικασίες. Η μόνη ένσταση που έχει ποτέ διατυπωθεί για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών είναι η ευφλεξιμότητά τους.

Πράγματι, οι υδρογονάνθρακες είναι εύφλεκτοι. Αυτό όμως, δεν σημαίνει πως υπάρχει κίνδυνος από τη συγκεκριμένη χρήση τους σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού. Για να αναφλεγούν, πρέπει η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα να είναι σε συγκεκριμένα επίπεδα, διαφορετικά δεν είναι δυνατόν να υπάρξει ανάφλεξη. Με τις χρησιμοποιούμενες ποσότητες υδρογονανθράκων σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού, ακόμη κι αν διαρρεύσει όλο το ψυκτικό υγρό, είναι εξαιρετικά δύσκολο να υπάρξει ανάφλεξη. Το αποδεικνύει άλλωστε η πολύχρονη εμπειρία, αφού μέχρι σήμερα δεν είχαμε κανένα ατυχές συμβάν. Σχετικές μελέτες επικινδυνότητας έχουν αποδείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι εξαιρετικά μικρή και στην πράξη είναι μηδενική. Είναι χαρακτηριστικό π.χ. πως ένα ψυγείο έχει 40-120 γραμμάρια υδρογονανθράκων ως ψυκτικό (τις

ίδιες ουσιαστικά ουσίες που χρησιμοποιούνται σε κοινούς αναπτήρες και συσκευές υγραερίου), μια ποσότητα δηλαδή εξαιρετικά μικρή.

Για σύγκριση, ένα μικρό γκαζάκι υγραερίου για ψήσιμο καφέ έχει 300 γραμμάρια και μία φιάλη υγραερίου 15 κιλά. Επιπλέον, το ψυκτικό είναι σε ένα κλειστό κύκλωμα με μικρή πιθανότητα διαρροής, σε αντίθεση με τις άλλες χρήσεις του υγραερίου στο σπίτι. Αντιστοίχως, μία κλιματιστική μονάδα διαιρούμενου τύπου (split-unit), με υδρογονάνθρακα ως ψυκτικό, έχει 300 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 2,4 KW ή αλλιώς 8.000 Btu), 340 γραμμάρια προπανίου (για ισχύ 3,55 KW ή αλλιώς 12.000 Btu) ή έως και 1.500 γραμμάρια προπανίου για μεγαλύτερες κλιματιστικές μονάδες των 20 KW (70.000 Btu). Να σημειωθεί, πως υπάρχουν ήδη εξαιρετικά αυστηροί κανονισμοί ασφαλείας για τη χρήση υδρογονανθράκων ως ψυκτικών.

Ειδικά, για οικιακά ψυγεία και ψυγειοκαταψύκτες, η μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες είναι τα 150 γραμμάρια ανά συσκευή, ποσότητα που ούτως ή άλλως, είναι αρκετά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη. Στις Η.Π.Α., υπάρχει το παράδοξο ότι οι υδρογονάνθρακες απαγορεύονται ως ψυκτικά σε μη βιομηχανικές χρήσεις (επιτρέπονται όμως για τον κλιματισμό αυτοκινήτων). Η δικαιολογία είναι πως απαιτούνται περαιτέρω μελέτες επικινδυνότητας (τις οποίες όμως οι ίδιες οι υπηρεσίες καθυστερούν). Έτσι, η Β. Αμερική είναι προς το παρόν η μόνη περιοχή του πλανήτη όπου δεν μπορεί να βρει κανείς οικιακές συσκευές ψύξης και κλιματισμού που χρησιμοποιούν ως ψυκτικά υδρογονάνθρακες.

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι υδρογονάνθρακες είναι:

- Το ισοβουτάνιο (R600a).
- Το προπάνιο (R290) ή και μίγματα προπανίου και ισοβουτανίου.

Το R600a έχει κυριαρχήσει σήμερα στην αγορά των οικιακών ψυγείων. Πάνω από 100 εκατομμύρια ψυγεία με ψυκτικό μέσο υδρογονάνθρακες κυκλοφορούν σήμερα διεθνώς (κυρίως στην Ευρώπη, αλλά πλέον και στις ασιατικές αγορές και την Αυστραλία). Έρευνα της Greenpeace για την ελληνική αγορά (Ιούνιος 2002) έδειξε ότι τουλάχιστον 260 μοντέλα ψυγείων (περίπου το 60% όλων των μοντέλων της αγοράς) χρησιμοποιούν σήμερα για ψυκτικό το R600a (τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν τον υδροφθοράνθρακα R134a). R600a χρησιμοποιούν επίσης και όλα τα μοντέλα (46) που κατασκευάζονται σήμερα στην Ελλάδα από την εταιρία BSP.

Να σημειωθεί, ότι τα ψυγεία με R600a είναι αποδοτικότερα κατά 20% περίπου σε σχέση με τα αντίστοιχα με R134a, ενώ είναι και λιγότερο θορυβώδη. Πιο αποδοτικοί ενεργειακά (σε ποσοστά της τάξης του 10-40%) αποδεικνύονται οι υδρογονάνθρακες και σε εμπορικές εφαρμογές ψύξης (π.χ. σε ψυγεία βιτρίνες ή επαγγελματικά ψυγεία παγωτού). Όταν υπάρχει ανάγκη να συμπληρωθεί ψυκτικό ή να υποκατασταθεί το R12 που υπήρχε σε παλιές συσκευές, τότε ο ιδανικός συνδυασμός είναι ένα μίγμα R290/R600a (σε αναλογία 50- 50%).

Στη διεθνή αγορά κυκλοφορούν μίγματα υδρογονανθράκων που καλύπτουν όλες τις ανάγκες για συσκευές ψύξης-κλιματισμού, αντλίες θερμότητας, κ.λ.π, πολλά από τα οποία μπορούν να υποκαταστήσουν άμεσα (drop-in) τα R12, R22, R134a, κ.λπ. Το μίγμα R290/R600a μπορεί π.χ. να υποκαταστήσει άμεσα το R12 και το R134a, το προπυλένιο (R1270) μπορεί να υποκαταστήσει το R22, κ.λ.π.

### **3.5.2 Η αμμωνία σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού**

Η αμμωνία (R717) χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες ως ψυκτικό, κυρίως για την ψύξη τροφίμων και στη βιομηχανία. Χρησιμοποιείται επίσης σε κεντρικά

συστήματα κλιματισμού. Έχει άριστες ψυκτικές ιδιότητες, ενώ δεν καταστρέφει το όζον και δεν απειλεί το κλίμα της Γης. Το μεγάλο της μειονέκτημα είναι η τοξικότητά της. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί, πως οι σχετικοί κανονισμοί για τη χρήση της αμμωνίας ως ψυκτικού είναι ιδιαίτερα αυστηροί, ενώ η έντονη οσμή της σε περίπτωση διαρροής δρα προληπτικά για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων, αφού γίνεται αντιληπτή πολύ πριν συσσωρευτεί σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για την υγεία.

### **3.5.3 Το διοξείδιο του άνθρακα σε συσκευές ψύξης και κλιματισμού**

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιδόσεις του και τα ζητήματα ασφάλειας, το διοξείδιο του άνθρακα (R744) είναι άριστο ως ψυκτικό. Το βασικό μειονέκτημά του είναι ότι λόγω χαμηλής κρίσιμης θερμοκρασίας έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης.

Σε κάποιες εφαρμογές, το πρόβλημα αυτό λύνεται με ειδικό σχεδιασμό του εναλλάκτη θερμότητας. Το διοξείδιο του άνθρακα λειτουργεί επίσης σε υψηλότερες πιέσεις, γεγονός που σημαίνει πως απαιτείται διαφορετικός συμπιεστής και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο υποκατάστατο σε υπάρχοντα εξοπλισμό. Σημαντική πρόοδος έχει σημειωθεί στη χρήση του διοξειδίου του άνθρακα ως ψυκτικού σε μικρές εφαρμογές ψύξης, για τον κλιματισμό αυτοκινήτων, σε αντλίες θερμότητας, κ.λπ. Το διοξείδιο του άνθρακα αναμένεται να γίνει το κυρίαρχο ψυκτικό σε κλιματιστικά αυτοκινήτων, αλλά ενδεχομένως και σε μικρές κλιματιστικές μονάδες, εκτοπίζοντας τα HFCs.



### **3.6 Παγκόσμια νομοθεσία κατά της μεταβολής του κλίματος**

Η διεθνής σύμβαση – πλαίσιο για τις κλιματικές μεταβολές υπεγράφη από 154 κράτη και την Ευρωπαϊκή Ένωση τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο Ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας κατά τη διάρκεια της διεθνούς σύσκεψης για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη. Η Ελλάδα είναι ένα από τα κράτη που υπέγραψαν τη σύμβαση και η Ελληνική Βουλή την κύρωσε με τον ν.2205/1994 (ΦΕΚ 60/Α).

Η διεθνής σύμβαση συμπληρώθηκε στη συνέχεια με διάφορα νομικά κείμενα. Τα κείμενα αυτά υπεγράφησαν από τα κράτη κατά τη διάρκεια των συνόδων των συμβαλλόμενων κρατών, που πραγματοποιήθηκαν από το 1995 μέχρι και σήμερα. Τα πιο σημαντικά από αυτά τα κείμενα είναι το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και το πρωτόκολλο του Κιότο. Εκείνο που χαρακτηρίζει τις συνόδους αυτές είναι η σταθερή επιφυλακτικότητα της Αυστραλίας, της Ιαπωνίας, του Καναδά και κυρίως των Η.Π.Α. για τη λήψη μέτρων για τη μείωση των εκπομπών των βλαπτικών αερίων.

#### **3.6.1 Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ**

Το στρώμα του όζοντος απορροφά ένα μέρος της επικίνδυνης υπεριώδους Β (UV-B) ακτινοβολίας από τον ήλιο. Σαν αποτέλεσμα της ανακάλυψης της τρύπας του όζοντος στην Ανταρκτική το 1985, οι κυβερνήσεις αναγνώρισαν την ανάγκη λήψης μέτρων για περιστολή της παραγωγής και της κατανάλωσης ενός αριθμού ουσιών που μειώνουν το στρώμα του όζοντος, όπως είναι τα CFCs και τα Halons.

Το πρωτόκολλο σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε το χρονοδιάγραμμα εξάλειψης να μπορεί να αναθεωρείται επί τη βάση περιοδικών επιστημονικών και τεχνολογικών εξελίξεων. Σαν συνέπεια αυτού, το Πρωτόκολλο τροποποιήθηκε με σκοπό να επιταχυνθούν τα προγράμματα εξάλειψης στο

Λονδίνο το 1990, στην Κοπεγχάγη το 1992, στη Βιέννη το 1995 και στο Μόντρεαλ το 1997. Συμπληρώθηκε επίσης με σκοπό να εισάγει πρόσθετα μέτρα ελέγχου και προσθήκη νέων ελεγχόμενων ουσιών.

Η τροποποίηση του Λονδίνου του 1990 συμπεριέλαβε πρόσθετα CFCs και δύο διαλύτες ενώ η τροποποίηση της Κοπεγχάγης του 1992 προσέθεσε ανάμεσα στα άλλα και το Βρωμιούχο Μεθύλιο. Η Τροποποίηση του 1997 στο Μόντρεαλ οριστικοποίησε το πρόγραμμα εξάλειψης του Βρωμιούχου Μεθυλίου. Οι περισσότερες κυβερνήσεις έχουν ήδη επικυρώσει το Πρωτόκολλο. Μέχρι το Μάιο του 1999, το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ είχε επικυρωθεί από 168 χώρες.

Τα προγράμματα εξάλειψης για τις αναπτυγμένες χώρες προβλέπουν: εξάλειψη των Halons το 1994, εξάλειψη των CFCs, του τετραχλωράνθρακα και του χλωροφορμίου το 1996, μείωση του Βρωμιούχου Μεθυλίου μέχρι 25% το 1999, 50% μέχρι το 2001, 70% το 2003 και εξάλειψη μέχρι το 2005. Για τις αναπτυσσόμενες χώρες προβλέπεται περίοδος χάριτος προτού αρχίσουν τα χρονοδιαγράμματα μείωσης.

Ένα πολυμερές ταμείο εγκαταστάθηκε υπό την εποπτεία του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ τον Ιούνιο του 1990. Χρηματοδοτεί τα πρόσθετα κόστη που αναλαμβάνονται για την υλοποίηση προγραμμάτων στις αναπτυσσόμενες χώρες κατά τη διαδικασία περιορισμού της κατανάλωσης ή παραγωγής των ουσιών που μειώνουν το όζον της στρατόσφαιρας. Το Πολυμερές Ταμείο χρηματοδότησε την περίοδο 1991-1999 περί τα \$903 εκατ. για προγράμματα υλοποιούμενα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα μέτρα ελέγχου βασίζονται σε μία ολοκληρωμένη αξιολόγηση της επιστήμης, των οικονομικών επιπτώσεων και της τεχνολογίας.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενσωμάτωσε το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ στο ρυθμιστικό της πλαίσιο με τους Κανονισμούς 541/91 και 3093/94 οι οποίοι προβλέπουν αυστηρότερα μέτρα από εκείνα του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ. Ο τελευταίος βρίσκεται κάτω από διαδικασία αναθεώρησης. Ένας αριθμός βιομηχανικών κλάδων όπως η ψύξη, τα αφρώδη πλαστικά, οι διαλύτες, τα αεροζόλς καθώς και η γεωργία επηρεάζονται από τα μέτρα ελέγχου. Οφείλουν να αντικαταστήσουν τις ελεγχόμενες ουσίες από εναλλακτικές (υποκατάστατα).

### **3.6.2 Το Πρωτόκολλο του Κιότο**

Το Πρωτόκολλο του Κιότο αποτελεί έναν «οδικό χάρτη», στον οποίο περιλαμβάνονται τα απαραίτητα βήματα για τη μακροπρόθεσμη αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος που προκαλείται λόγω της αύξησης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με αυτό, τα κράτη που το έχουν συνυπογράψει δεσμεύονται να ελαττώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων (2008-2012) κατά ένα συγκεκριμένο στόχο σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 (ή του 1995 για ορισμένα αέρια).

Αυτό επιχειρείται να γίνει με τον πιο οικονομικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να μην επιβαρυνθεί η παγκόσμια οικονομία. Έτσι, το Πρωτόκολλο του Κιότο περιλαμβάνει τρεις ευέλικτους μηχανισμούς:

1. την εμπορία δικαιωμάτων εκπομπών,
2. την κοινή εφαρμογή, και
3. το μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης.

Ο πρώτος μηχανισμός προβλέπει την αγοραπωλησία δικαιωμάτων εκπομπών μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών (όπως για παράδειγμα κράτη και υπόχρεες

εγκαταστάσεις) κατά τη θεωρία των property rights, ενώ οι άλλοι δύο βασίζονται σε προγράμματα έργων.

### 3.7 Μέτρα Ασφάλειας & Προστασίας του Περιβάλλοντος

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο British Standard BS EN 378-1:2000, καθορίζει τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται κατά την σχεδίαση, κατασκευή, εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων κλιματισμού και ψύξης για την ασφαλή τους λειτουργία ως προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο αφορά σταθερό και κινητό εξοπλισμό ψύξης και αντλιών θερμότητας απευθείας εκτόνωσης, ενιαίου ή διαιρούμενου τύπου. Το πρότυπο αυτό δεν εφαρμόζεται σε συστήματα κλιματισμού, ψύξης-θέρμανσης με δίκτυο διανομής ψυχρού αέρα ή ψυχρού νερού.

Με βάση το πρότυπο, τα ψυκτικά μέσα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την επίδραση τους στην υγιεινή και ασφάλεια του χώρου, όπως αυτή καθορίζεται από τα χημικά χαρακτηριστικά που αφορούν την ευφλεκτότητα & την τοξικότητά τους. Έτσι τα ψυκτικά χαρακτηρίζονται σε 5 κλάσεις ασφαλείας χρήσης με A1 την κλάση χαμηλότερου κινδύνου και C3 την κλάση υψηλού κινδύνου.

<b>A</b>	Αφλεκτο	<b>1</b>	Μη τοξικό
<b>B</b>	Εύφλεκτο	<b>2</b>	Τοξικό
<b>C</b>	Πολύ εύφλεκτο		
<b>A1</b>	Αφλεκτο - Μη τοξικό		
<b>A2</b>	Αφλεκτο - Τοξικό		
<b>B1</b>	Εύφλεκτο - Μη τοξικό		
<b>B2</b>	Εύφλεκτο - Τοξικό		
<b>C1</b>	Πολύ Εύφλεκτο - Μη τοξικό		
<b>C2</b>	Πολύ Εύφλεκτο - Τοξικό		

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά από ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ψύξης & κλιματισμού, όπως :

- η κλάση ασφαλείας τους,

- το επιτρεπόμενο όριο συγκέντρωσης σε κλειστούς μη αεριζόμενους χώρους (Kg/m<sup>3</sup>)
- η επίδραση τους στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου (Global Warming Potential GWP)
- η επίδραση τους στην καταστροφή της στοιβάδας του Όζοντος (Ozone Depletion Potential ODP)

Ψυκτικό	Όνομα	κλάση	Όριο συγκέντρωσης Kg / m <sup>3</sup>	GWP	ODP
R22		A1	0.3	1700	0.055
R32		A2	0.052	580	0
<b>R134a</b>		<b>A1</b>	<b>0.25</b>	<b>1300</b>	<b>0</b>
<b>R407C</b>		<b>A1</b>	<b>0.31</b>	<b>1600</b>	<b>0</b>
<b>R410A</b>		<b>A1</b>	<b>0.44</b>	<b>1890</b>	<b>0</b>
R290	propane	A3	0.008	3	0
R600	butane	A3	0.008	3	0
R600a	isobutane	A3	0.008	3	0
R717	ammonia	B2	0.00035	0	0
R1270	propylene	A3	0.008	3	0

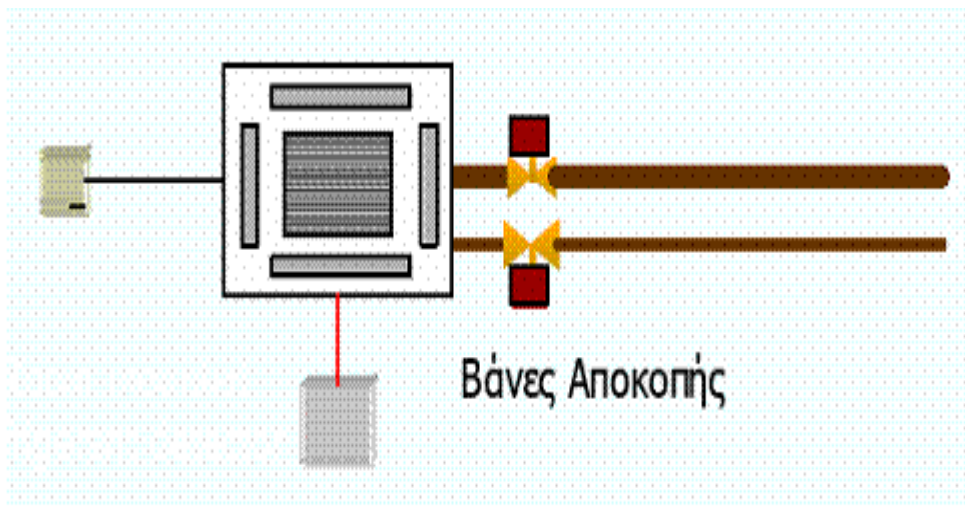
Παρατηρούμε ότι τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται ευρέως σε σύγχρονα συστήματα κλιματισμού (R410A, R407c, R134a) ανήκουν στην πιο ασφαλή κλάση A1, καθώς δεν είναι ούτε τοξικά ούτε εύφλεκτα.

Παραταύτα, επιβάλλεται από το πρότυπο μέγιστο όριο συγκέντρωσης για την κλάση A1 και αφορά το ήμισυ της συγκέντρωσης από τυχόν διαρροή αερίου, που μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα ασφυξίας λόγω υποκατάστασης του οξυγόνου και καρδιακών δυσλειτουργιών σε άτομα με ευαισθησία.

Ο μηχανικός/τεχνικός που σχεδιάζει και εγκαθιστά σύστημα κλιματισμού με εκτεταμένο δίκτυο ψυκτικών σωληνώσεων, θα πρέπει να ελέγξει το ενδεχόμενο διαρροής ψυκτικού μέσου στον χώρο με το μικρότερο όγκο και να συγκρίνει αν η

μέγιστη ποσότητα διαρροής αυξάνει το όριο συγκέντρωσης άνω από το επιτρεπόμενο όριο.

Στην περίπτωση όπου το όριο συγκέντρωσης παραβιάζεται θα πρέπει να εφαρμοστεί στον χώρο αυτό επαρκές σύστημα εξαερισμού ή να προβλεφθεί κατάλληλη διάταξη διακοπής της ροής του ψυκτικού μέσου με ανιχνευτή ποιότητας αέρα & βάνες αποκοπής ψυκτικού μέσου, όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα:



## **Κεφάλαιο 4 : Κλιματισμός**

### **4.1 Ιστορική εξέλιξη του κλιματισμού**

Παρόλο που η μεταφορά θερμότητας μέσω μηχανημάτων για την παροχή κλιματισμού είναι μια σχετικά σύγχρονη εφεύρεση, η ψύξη των κτιρίων δεν είναι. Οι ευκατάστατοι αρχαίοι Ρωμαίοι διοχέτευαν νερό υδραγωγείου μέσα στους τοίχους για να ψύχουν τα πολυτελή τους σπίτια.

Το 2<sup>ο</sup> αιώνα ο κινέζος εφευρέτης Ding Huan της Δυναστείας Han επινόησε ένα περιστρεφόμενο ανεμιστήρα για κλιματισμό, με επτά χειροκίνητους τροχούς 3 μέτρων σε διάμετρο. Το 747, ο αυτοκράτορας Xuanzong της δυναστείας Tang (618-907) είχε χτίσει στο αυτοκρατορικό ανάκτορο την Αίθουσα Δροσιάς (Liang Tian), την οποία το Tang Yulin περιγράφει ως έχουσα για κλιματισμό ανεμιστήρες τροχούς τροφοδοτούμενος με νερό, καθώς και ρεύματα πιδάκων νερού από σιντριβάνια. Κατά τη διάρκεια της μετέπειτα δυναστείας Song (960-1279), οι γραπτές πηγές ανέφεραν τον περιστρεφόμενο ανεμιστήρα κλιματισμού ως ακόμη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο.

Η μεσαιωνική Περσία είχε κτίρια που χρησιμοποιούσαν στέρνες και αιολικούς πύργους για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου: οι στέρνες ήταν μεγάλες ανοικτές (όχι υπόγειες) δεξαμενές σε κεντρικές αυλές, που συνέλλεγαν βρόχινο νερό. Οι αιολικοί πύργοι είχαν παράθυρα που μπορούσαν να αλιεύσουν τον άνεμο και εσωτερικά πτερύγια που κατεύθυναν τη ροή αέρα προς τα κάτω, στο εσωτερικό του κτιρίου, συνήθως πάνω από την στέρνα και μέσω ενός κατάντη πύργου ψύξης. Το νερό της στέρνας εξατμιζόταν ψύχοντας τον αέρα μέσα στο κτίριο.

Οι εξαεριστήρες επινοήθηκαν στην μεσαιωνική Αίγυπτο και χρησιμοποιούνταν ευρέως σε πολλά σπίτια σε όλο το Κάιρο κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Αυτοί οι ανεμιστήρες περιγράφονται αργότερα λεπτομερώς από τον Abd al-

Latif al-Baghdadi το 1200, που ανέφερε ότι σχεδόν κάθε σπίτι στο Κάιρο είχε ανεμιστήρα, και ότι κόστιζαν από 1 έως 500 δηνάρια ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους. Οι περισσότεροι ανεμιστήρες στην πόλη ήταν προσανατολισμένοι προς την Qibla, όπως ήταν η πόλη γενικότερα.

Κατά το 1600 ο Κορνήλιος Drebbel απέδειξε πως "ο Χειμώνας μετατρέπεται σε Καλοκαίρι" για τον James I της Αγγλίας, με την προσθήκη αλατιού στο νερό. Το 1820, ο βρετανός επιστήμονας και εφευρέτης Michael Faraday ανακάλυψε ότι συμπιέζοντας και υγροποιώντας αμμωνία μπορούσε να ψύξει τον αέρα, όταν η υγροποιημένη αμμωνία αφηνόταν να εξατμιστεί.

Το 1842, ο John Gorrie γιατρός από τη Φλόριδα χρησιμοποίησε τεχνολογία συμπίεσης για τη δημιουργία πάγου, τον οποίο χρησιμοποιούσε για να ψύχει αέρα για τους ασθενείς του στο νοσοκομείο. Έλπιζε να χρησιμοποιήσει τη μηχανή παραγωγής πάγου για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των κτιρίων. Ακόμη οραματιζόταν κεντρικό κλιματισμό που θα μπορούσε να ψύξει ολόκληρες πόλεις. Αν και το πρωτότυπο του Gorrie παρουσίασε διαρροή και δεν λειτούργησε σωστά, το 1851 του χορηγήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη μηχανή παραγωγής πάγου. Οι ελπίδες για την επιτυχία της εξαφανίστηκαν σύντομα, όταν πέθανε ο κύριος οικονομικός χορηγός του. Ο Gorrie δεν βρήκε τα χρήματα που χρειαζόντουσαν για την εξέλιξη της μηχανής. Σύμφωνα με την βιογράφο του, Vivian Sherlock, κατηγορούσε τον "Βασιλιά του Πάγου" Frederic Tudor για την αποτυχία του, καθώς υποψιαζόταν ότι είχε ξεκινήσει εκστρατεία εναντίον της εφεύρεσής του. Ο Δρ. Gorrie πέθανε εξαθλιωμένος το 1855 και η ιδέα του κλιματισμού ξεθώριασε για 50 χρόνια.

Πρόωρες εμπορικές εφαρμογές κλιματισμού είχαν κατασκευαστεί για την ψύξη του αέρα περισσότερο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας παρά για προσωπική άνεση. Το 1902 εφευρέθηκε το πρώτο σύγχρονο ηλεκτρικό κλιματιστικό από



τον Willis Haviland Carrier στο Syracuse, της Νέας Υόρκης. Σχεδιασμένη για να βελτιώνει τη διαδικασία ελέγχου παραγωγής σε ένα εργοστάσιο εκτύπωσης, η εφεύρεσή αυτή δεν ρύθμιζε μόνο τη θερμοκρασία αλλά και την υγρασία. Η χαμηλή θερμότητα και η υγρασία χρειαζόντουσαν για να συμβάλλουν στη διατήρηση των διαστάσεων του χαρτιού και την εξισορρόπηση των μελανιών. Αργότερα η τεχνολογία του Carrier εφαρμόστηκε για την αύξηση της παραγωγικότητας στον εργασιακό χώρο, και ιδρύθηκε η Εταιρεία Κλιματισμού Carrier Αμερικής για να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση. Με την πάροδο του χρόνου ο κλιματισμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της άνεσης σε σπίτια και οχήματα. Οι πωλήσεις κατοικιών διευρύνθηκαν σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1950.

Το 1906, ο Stuart W. Cramer από τη Νότια Καρολίνα των Η.Π.Α., διερευνούσε μεθόδους πρόσθεσης υγρασίας στην ατμόσφαιρα του κλωστοϋφαντηρίου του. Ο Cramer επινόησε τον όρο "κλιματισμός", χρησιμοποιώντας τον στην αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας που κατέθεσε εκείνη τη χρονιά, ανάλογο με τον όρο "κλιματισμός νερού", που ήταν μια πολύ γνωστή διαδικασία για τη διευκόλυνση της επεξεργασίας των υφασμάτων. Συνδύασε την ύγρανση με τον εξαερισμό για να "ρυθμίσει" και να αλλάξει την ατμόσφαιρα στα εργοστάσια, ελέγχοντας τα επίπεδα της υγρασίας που ήταν τόσο απαραίτητη στις κλωστοϋφαντουργικές μονάδες. Ο Willis Carrier υιοθέτησε τον όρο και τον ενσωμάτωσε στο όνομα της εταιρείας του. Αυτή η εξάτμιση του νερού στον αέρα, ώστε να παρέχει ψυκτική επίδραση, είναι πλέον γνωστή ως εξατμιζόμενη ψύξη.

Τα πρώτα κλιματιστικά και τα ψυγεία χρησιμοποιούσαν τοξικά ή εύφλεκτα αέρια όπως αμμωνία, χλωριούχο μεθάνιο και προπάνιο, τα οποία εάν διέρρεαν θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θανατηφόρα ατυχήματα. Το 1928, ο Midgley Thomas, Jr. δημιούργησε το Freon, το πρώτο χλωρο-φθοριο-υδρογον-ανθρακικό αέριο. Το ψυκτικό αυτό μέσο ήταν πολύ πιο ασφαλές για τον άνθρωπο αλλά

αργότερα αποδείχθηκε βλαβερό για την ατμόσφαιρα με την καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Οι βιολογικές επιπτώσεις που προκύπτουν περιλαμβάνουν την αύξηση των κρουσμάτων καρκίνου του δέρματος, καταστροφές στα φυτά, καθώς και τη μείωση του ωκεάνιου πλαγκτόν.

Το Freon είναι ένα όνομα εμπορικού σήματος της DuPont για κάθε χλωροφθορανθρακικό (CFC), υδρογονωμένο CFC (HCFC), ή υδροφθορανθρακικό (HFC) ψυκτικό μέσο. Το κάθε όνομα συμπεριλαμβάνει έναν αριθμό που δηλώνει τη μοριακή σύνθεση (E-11, E-12, E-22, E-134A). Το μείγμα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το HCFC γνωστό ως E-22. Θα πρέπει να καταργηθεί σταδιακά από το 2010 η χρήση του σε νέο εξοπλισμό και να διακοπεί πλήρως μέχρι το 2020. Το E-12 ήταν το πιο κοινό μείγμα που χρησιμοποιούνταν σε οχήματα στις ΗΠΑ μέχρι το 1994, όταν πλέον άλλαξε σε E-134A. Τα E-11 και E-12 δεν κατασκευάζονται πλέον στις Η.Π.Α., η μόνη πηγή για την αγορά τους είναι ο καθαρισμός και το καθαρό αέριο που προκύπτει από άλλα κλιματιστικά συστήματα. R-410A Διάφορα ψυκτικά μέσα που δεν καταστρέφουν το όζον έχουν αναπτυχθεί ως εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένου του E-410A, που εφευρέθηκε από την Honeywell (πρώην AlliedSignal) στο Buffalo της Νέας Υόρκης και πωλούνται με το όνομα Genetron (R) AZ-20 που χρησιμοποιήθηκε εμπορικά για πρώτη φορά από την Carrier με το εμπορικό σήμα Puron.

Η καινοτομία στις τεχνολογίες κλιματισμού συνεχίζεται, με πολύ πρόσφατη έμφαση στην ενεργειακή απόδοση και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων. Ως εναλλακτική λύση στα συμβατικά ψυκτικά μέσα, έχουν προταθεί φυσικές εναλλακτικές λύσεις όπως το CO<sub>2</sub> (E-744).

## **4.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των κλιματιστικών**

Οι αρχές λειτουργίας των συστημάτων κλιματισμού είναι σε κάθε περίπτωση η απορρόφηση ενέργειας από ένα σημείο και απελευθέρωσή της σε άλλο σημείο. Για τη διαδικασία αυτή απαιτείται μια εσωτερική μονάδα, μια εξωτερική μονάδα και σωληνώσεις από χαλκό για τη μεταξύ τους σύνδεση. Το ψυκτικό ρέει από τη μια μονάδα προς την άλλη διαμέσου των σωληνώσεων και είναι αυτό που απορροφά την ενέργεια στη μια μονάδα και την απελευθερώνει στην άλλη.

## **4.3 Η λειτουργία του κλιματισμού**

Κλιματισμός ονομάζεται η διαδικασία ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας, των επιπέδων υγρασίας, της καθαρότητας και της διανομής του αέρα.

### **Ø Ψύξη**

Έχετε τη δυνατότητα να δημιουργήσετε το ιδανικό κλίμα και τη σωστή θερμοκρασία για εσάς. Δημιουργεί ευχάριστη ατμόσφαιρα, ενώ ταυτόχρονα σας κάνει να αισθάνεστε φρέσκος και γεμάτος ενέργεια, ακόμη και στις πιο ακραίες εξωτερικές συνθήκες.

### **Ø Θέρμανση**

Τα κλιματιστικά έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση. Μπορείτε να απολαμβάνετε ιδανική, σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου ανεξαρτήτως των εξωτερικών συνθηκών. Πρόκειται για μια εναλλακτική, φιλική προς το περιβάλλον, αντί της παραδοσιακής θέρμανσης, καθώς παίρνει ενέργεια από τον εξωτερικό αέρα και την απελευθερώνει στο εσωτερικό. Εξού και το όνομα Αντλία Θερμότητας.

### **Ø Καθαρισμός**

Τα κλιματιστικά μας παράγουν καθαρό και υγιεινό αέρα. Όλες οι εσωτερικές μονάδες διαθέτουν φίλτρα, τα οποία συλλέγουν τη σκόνη, τη

γύρη, τον καπνό .από τον αέρα. Τα επίπεδα φιλτραρίσματος του αέρα μπορούν να αυξηθούν, ανάλογα με τις ανάγκες του πελάτη. Το φιλτράρισμα του αέρα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για άτομα που υποφέρουν από αλλεργίες.

#### **Ø Αφύγρανση**

Στο πρόγραμμα ψύξης το κλιματιστικό αφυγραίνει τον αέρα, δημιουργώντας μια εξαιρετική αίσθηση ευεξίας. Θα πρέπει επίσης να λάβετε υπόψη ότι τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας περιορίζουν την ανάπτυξη μούχλας, γεγονός το οποίο έχει θετικά αποτελέσματα για άτομα που υποφέρουν από αλλεργίες. Για τους ανθρώπους ποσοστά 40 - 60% αποτελούν ευχάριστα επίπεδα υγρασίας. Επίσης, τα κατάλληλα επίπεδα υγρασίας εξασφαλίζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για τις ηλεκτρικές συσκευές σας και την κατοικία σας.

#### **Ø Εξαερισμός**

Ο εξαερισμός ενσωματώνεται στα συστήματα κλιματισμού. Διοχετεύει προς τα έξω τον αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό του και απορροφά φρέσκο αέρα από έξω. Σε ενδιάμεσες εποχές που το κλιματιστικό δεν λειτουργεί, το σύστημα εξαερισμού έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί ανεξάρτητα. Τα συστήματα εξαερισμού μας μπορούν να εγκατασταθούν ακόμη και χωρίς να γίνει εγκατάσταση κλιματιστικού.

### **4.4 Οι κύριοι στόχοι του κλιματιστικού**

Ο σκοπός του κλιματιστικού είναι να διατηρήσει ένα άνετο κλίμα. Η άνεση που επιδιώκουμε καθορίζεται από το συνδυασμό τριών παραγόντων : θερμοκρασία, υγρασία, διανομή.

Για το λόγο αυτό, οι βασικοί στόχοι του κλιματιστικού είναι οι εξής:

- Έλεγχος της θερμοκρασίας ενός δωματίου (ψύξη / θέρμανση)

- Έλεγχος ενός δωματίου (ξηρασία, υγρασία)
- Βελτιστοποίηση της ροής του αέρα (κυκλοφορία / διανομή).
- Καθαρισμός αέρα (φιλτράρισμα)

#### **4.5 Βασική θεωρία του κλιματιστικού**

Όταν ένα υγρό εξατμίζεται ή βράζει (αλλαγή της κατάστασης) η θερμότητα απορροφάται από το υγρό . Αν ο αέρας είναι πηγή θερμότητας , η ψύξη του αέρα θα προέρχεται από την απώλεια θερμότητας.

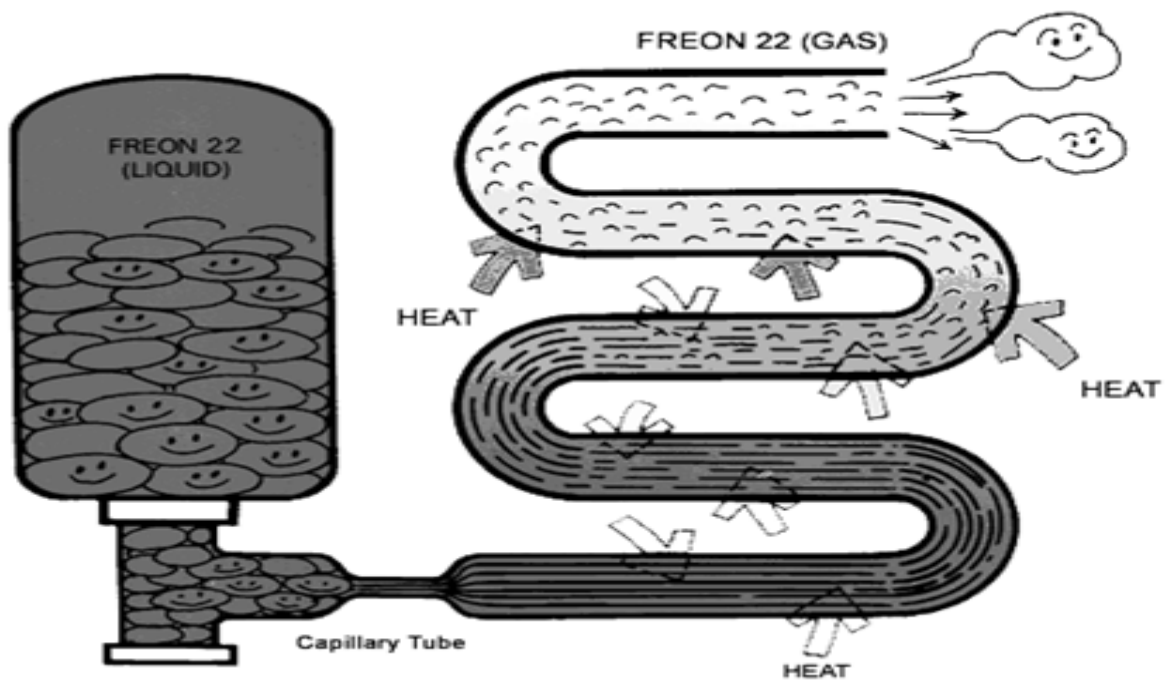
Ένα κλιματιστικό εξατμίζει ψυκτικό που περιέχεται στον εσωτερικό εναλλάκτη και απορροφά θερμότητα από τον αέρα που διέρχεται μέσα από τον εναλλάκτη . Αυτός ο δροσερός αέρας, στη συνέχεια επιστρέφει στο δωμάτιο.

Το Freon R410 χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο για οικιακή χρήση και ελαφρά εμπορική χρήση κλιματιστικών. Το Freon R410 έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ως ψυκτικό μέσο, όπως η εξάτμιση και η συμπύκνωση σε χαμηλή θερμοκρασία, υψηλή σταθερότητα και χαμηλή διαβρωτικότητα (για μέταλλα).

Το σχήμα που ακολουθεί παρακάτω δείχνει τη ροή του Freon R410 , το οποίο εξατμίζεται και ρέει στο εσωτερικό ενός σωλήνα, ενώ ταυτόχρονα απορροφά θερμότητα από τον περιβάλλοντα αέρα. Με άλλα λόγια, δείχνει πως η θερμότητα μεταφέρεται από ένα μέρος σε ένα άλλο.

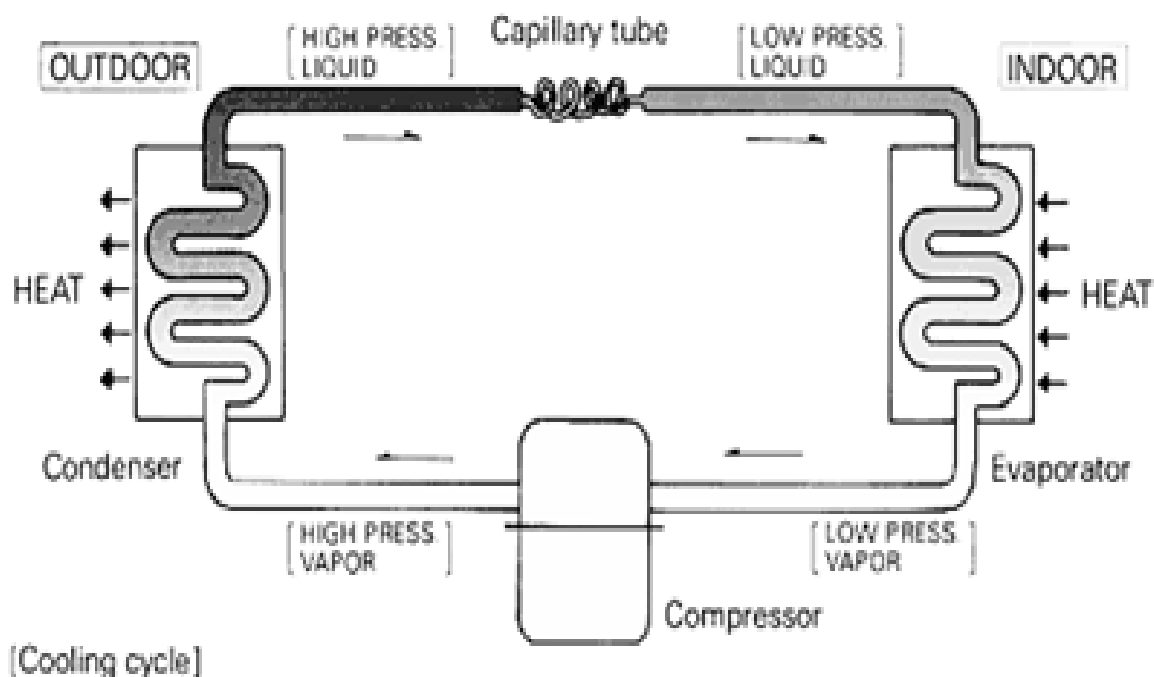
Στην πραγματικότητα, ένα κλιματιστικό έχει σχεδιαστεί με βάση τον κύκλο ψύξης που συνίσταται από θερμότητα που απορροφάται από το ψυκτικό μέσο, κατά τη διάρκεια της εξάτμισης του σε συνθήκες θερμοκρασίας κλιματιζόμενου χώρου κατά το θέρος και σε συνθήκες εξωτερικού αέρα κατά το χειμώνα. Στη συνέχεια αυτό το αέριο αντλείται από το συμπιεστή στον εξωτερικό εναλλάκτη

όπου θα τεθεί υπό υψηλή πίεση, η οποία προκαλεί αλλαγή κατάστασης του ψυκτικού μέσου, συμπύκνωση, σε θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος κατά το θέρος και σε θερμοκρασία θερμαινόμενου χώρου κατά το χειμώνα. Κατά τη διαδικασία της συμπύκνωσης αποβάλλεται θερμότητα στον ατμοσφαιρικό αέρα (η θερμότητα που απορρίφθηκε από το χώρο κατά τη διαδικασία της εξάτμισης). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κυκλικά όλο το χρονικό διάστημα που το κλιματιστικό είναι σε λειτουργία .



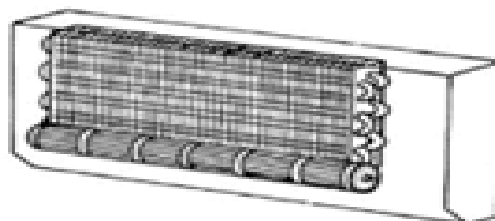
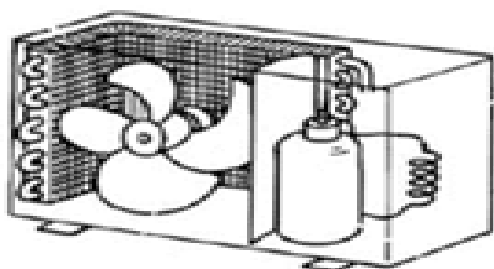
#### 4.6 Βασική κατασκευή των κλιματιστικών

Το ψυκτικό μέσο Freon R410 επαναλαμβάνει απορρόφηση και απαγωγή θερμότητας (εξάτμιση / συμπύκνωση) σε έναν κύκλο όπως φαίνεται παρακάτω :



**Το κλιματιστικό είναι κατασκευασμένο με τις εξής 4 βασικές κατηγορίες.**

- 1) Ψυκτικό κύκλωμα: Ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί για απορρόφηση και απαγωγή θερμότητας (Συμπιεστής, εξατμιστής, συμπυκνωτής, τριχοειδή σωλήνας, κ.λ.π.).
- 2) Τμήμα ανεμιστήρα: Διοχετεύεται ψυχρός αέρας (εσωτερικός χώρος), απάγεται θερμότητα (εξωτερικός χώρος, ανεμιστήρας, ανεμιστήρας κινητήρα, κ.λ.π.) κατά τη λειτουργία ψύξης.
- 3) Ηλεκτρικά μέρη: Έλεγχος κλιματιστικού (τηλεχειριστήριο, τυπωμένα κυκλώματα, καλωδιώσεις, κ.λ.π.).
- 4) Λοιπά μέρη: Περίβλημα, φίλτρα αέρα, κ.λ.π.



#### **4.6.1 Τύποι κλιματιστικών**

Τα κλιματιστικά διακρίνονται ανάλογα με τις λειτουργίες τους σε α) κλιματιστικά μόνο για ψύξη, β) κλιματιστικά για ψύξη-θέρμανση, γ) κλιματιστικά για ψύξη-αφύγρανση.

Επίσης, ανάλογα με την εγκατάσταση διακρίνονται κυρίως σε τέσσερις τύπους. Τα διαιρούμενα μοντέλα multi, τα διαιρούμενα μοντέλα (split), τα φορητά και τα δαπέδου-οροφής. Τα μηχανήματα δαπέδου και οροφής τοποθετούνται στο ταβάνι ή στο πάτωμα σε περίπτωση έλλειψης χώρου. Τα φορητά είναι εύκολα μεταφερόμενα από χώρο σε χώρο.

#### **4.6.2 Δυνατότητα ψύξης και επιλογή μοντέλου**

Για τη βέλτιστη άνεση μέσα σε ένα χώρο, το πιο σημαντικό είναι να επιλεγθεί ένα κλιματιστικό που να ταιριάζει με το περιβάλλον του χώρου. Για παράδειγμα, η εγκατάσταση μιας πολύ μικρής μονάδας (σε απόδοση) για μεγάλο χώρο, προφανώς εμποδίζει το βέλτιστο έλεγχο θερμοκρασίας και άνεσης, λόγω ανεπάρκειας δροσερού αέρα και ροής αέρα.

Έτσι, επιλέγουμε μια μονάδα που ταιριάζει με το μέγεθος του χώρου (εμβαδόν δαπέδου x ύψος οροφής). Από την άλλη πλευρά, η ψυκτική απόδοση που απαιτείται για το δωμάτιο πρέπει να μελετηθεί και από άλλους παράγοντες που αναφέρονται παρακάτω :

1) Εξωτερική θερμότητα:

- Ø Διάδοση θερμότητας
- Ø Μετάδοση θερμότητας από τοίχο, οροφή και δάπεδο
- Ø Ακτινοβολία θερμότητας από το άμεσο ηλιακό φως μέσα από το παράθυρο



2) Θερμότητα που παράγεται μέσα σε ένα δωμάτιο:

Ø Ηλεκτρικές συσκευές και συσκευές αερίου

Ø Ανθρώπινο σώμα

3) Θερμοκρασία περιβάλλοντος

4) Ποσότητα της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας (το μέγεθος της περιοχής του παραθύρου)

5) Υλικό τοίχων και οροφής

6) Αερισμός

7) Πηγή θερμότητας μέσα στο χώρο (συσκευές αερίου και ηλεκτρικές συσκευές, αριθμός ανθρώπων, κ.λ.π.)

#### **4.6.3 Ισχύς Κλιματιστικού**

Με δεδομένο ότι όποιος και αν είναι ο χώρος το ζήτημα είναι να ψύχεται επαρκώς, πρέπει να επιλεχτεί η ισχύ του κλιματιστικού βάσει των διαστάσεων του εν λόγω χώρου. Στα κλιματιστικά η πρακτική ισχύς μετράται σε BTU/h. Το BTU είναι η ενέργεια που απαιτείται για να ανέβει η θερμοκρασία μισού λίτρου νερού περίπου κατά ένα βαθμό Fahrenheit. Στην περίπτωση ενός κλιματιστικού όμως, με τον ίδιο τρόπο αναφερόμαστε στην ενέργεια που απαιτείται για να γίνει το ακριβώς αντίθετο.

Επομένως, ο αριθμός των BTU/h που αναφέρεται ως ισχύς ενός κλιματιστικού, υποδηλώνει το πόση θερμότητα μπορεί να απορροφήσει ανά ώρα από το περιβάλλον. Προφανώς, όσο μεγαλύτερος ο χώρος, τόσο περισσότερο θερμότητα πρέπει να απορροφηθεί και κατά προτίμηση, γρήγορα.

**Άρα πόσα BTU/h χρειάζονται;** Δυστυχώς δεν υπάρχει απόλυτος κανόνας για το τι ισχύς απαιτείται ανά τετραγωνικό μέτρο ενώ, πάντα παίζει ρόλο και η προσωπική προτίμηση.

Παρόλα αυτά οι ακόλουθες τιμές είναι ενδεικτικές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καθοδηγητές.

<b>Τετραγωνικά μέτρα</b>	<b>BTU/h</b>
9-14	5000
14-23	6000
23-28	7000
28-32	8000
32-37	9000
37-42	10000
42-51	12000
46-65	14000
65-93	18000
80-95+	21000+

Αυτό που δεν αλλάζει όμως, είναι πως είναι καλό να υπάρχει λίγη παραπάνω ισχύ από όση χρειαζόμαστε, για να μην χρειάζεται να λειτουργήσει το κλιματιστικό στα όρια για να έχουμε το επιθυμητό αποτελέσματα.

Ένας χονδρικός κανόνας για να υπολογιστεί σωστά η ψυκτική ικανότητα του κλιματιστικού (διαιρούμενου τύπου ή αλλιώς split unit) είναι ο εξής: (Επιφάνεια δωματίου)\*100 + 3.000 = τα Btu/h του κλιματιστικού. Για παράδειγμα, αν βάλουμε κλιματιστικό σε ένα δωμάτιο 36m<sup>2</sup>, το σωστό μέγεθος είναι: 36 \* 100 + 3.000 = 6.600 Btu/h. Άρα, θα βάλουμε ένα κλιματιστικό των 7.000 Btu/h, δεν χρειαζόμαστε μεγαλύτερο.

#### **4.6.4 Κατανομή φορτίου**

Όσον αφορά την κατανομή οι πιθανότητες είναι δύο. Είτε θέλουμε ένα κλιματιστικό για όλο μας το χώρο, είτε ο χώρος είναι τόσο μεγάλος (ή οι ανάγκες τόσο διαφορετικές) ώστε να απαιτούνται περισσότερα κλιματιστικά. Φυσικά αν το σπίτι δεν είναι πολύ μεγάλο, είναι πιθανό να ικανοποιηθούν οι ανάγκες μας με ένα μόνο κλιματιστικό. Αν όμως το σπίτι είναι μεγάλο ή μεζονέτα, τα δωμάτια πολλά και οι ανοχές στο κρύο εκείνων που βρίσκονται στο σπίτι διαφορετική, ίσως να είναι καλύτερη λύση η αγορά περισσότερων και μικρότερης ισχύος κλιματιστικών, ξεχωριστά ίσως για κάποια δωμάτια και πιο κοινόχρηστους χώρους.

#### **4.7 Κατανάλωση και Inverter**

Κατά την επιλογή ενός κλιματιστικού, καλό είναι να μην σταθούμε αποκλειστικά και μόνο στο κόστος αγοράς αλλά πρέπει να κρατάμε στην άκρη του μυαλού μας το κόστος κτήσης, το τι θα μας στοιχίσει η χρήση του. Το κλιματιστικό θα το πληρώσουμε μια φορά, αλλά δεν θα σταματήσουμε να πληρώνουμε λογαριασμό ρεύματος, στον οποίο συνεισφέρει το νέο μας μηχάνημα.

Ευτυχώς, είναι αρκετά εύκολο να διαπιστώσουμε το πόσο αποτελεσματικά χρησιμοποιεί την ενέργεια μια τέτοια συσκευή. Η ενεργειακή κλάση (ως A+, A, B, C και D με σειρά από την καλύτερη στη χειρότερη) αναγράφεται σε σημείο εμφανές. Η κοινοτική νομοθεσία επιβάλλει όλα τα νέα κλιματιστικά να έχουν μια ετικέτα με την «ενεργειακή σήμανση» της συσκευής. Καλό θα ήταν να επιλέγουμε ενεργειακή κατηγορία A ή έστω B, όχι χειρότερη. Αν δεν υπάρχει ενεργειακή σήμανση, τότε θα πρέπει να ρωτήσουμε τον πωλητή για κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά και συγκεκριμένα για το συντελεστή ενεργειακής απόδοσης (COP, Coefficient of Performance) και το βαθμό ενεργειακής

απόδοσης (EER, Energy Efficiency Ratio). Το COP για τα μικρά κλιματιστικά πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 3,4 και το EER μεγαλύτερο από 3. Όσο καλύτερη η ενεργειακή κλάση, τόσο “τσιμπάει” και λίγο η τιμή. Οι διαφορές δεν είναι τεράστιες άλλα αυτό που έχει σημασία τελικά είναι αν η οικονομία που θα έχουμε σε ρεύμα, είναι υψηλότερο από τα επιπλέον χρήματα που θα δώσουμε στην αρχή. Δεδομένου μάλιστα ότι πρόκειται για συσκευή που χρησιμοποιούμε για χρόνια πριν την αντικαταστήσουμε, είναι πρακτικά σίγουρο ότι αξίζει τον κόπο να γλιτώσουμε τελικά από το λογαριασμό ρεύματος και να δώσουμε και λίγο χώρο παραπάνω στο περιβάλλον.

Ως προς την κατανάλωση, ακόμη πιο αποτελεσματικά (και ακόμη ακριβότερα) είναι τα κλιματιστικά τύπου inverter. Ο όρος inverter αναφέρεται στη δυνατότητα που έχει η συσκευή να μένει μόνιμα ενεργοποιημένη και να προσαρμόζει τη λειτουργία της ανάλογα με τη θερμοκρασία και την υγρασία που επιθυμείτε να έχετε σε κάποιον χώρο. Τα συμβατικά κλιματιστικά αυξομειώνουν μόνο την ένταση του αέρα που βγάζουν στο χώρο αλλά το κύκλωμα που ψύχει τον αέρα είτε λειτουργεί στα όρια είτε δεν λειτουργεί. Στα inverter ο μηχανισμός ψύξης μπορεί να λειτουργεί σε ενδιάμεσα στάδια, ψύχοντας ή θερμαίνοντας τον αέρα μόνο όσο χρειάζεται, μειώνοντας έτσι τη μέση κατανάλωση ενέργειας. Για τον ίδιο λόγο μάλιστα συσκευές αυτού του τύπου παρουσιάζουν και χαμηλότερο μέσο όρο θορύβου.

#### **4.7.1. Τεχνολογία inverter**

Η τεχνολογία inverter είναι ενσωματωμένη στην εξωτερική μονάδα. Η τεχνολογία inverter μπορεί να συγκριθεί με την τεχνολογία ενός αυτοκινήτου: "Όσο περισσότερο πατάς το γκάτζι σου, τόσο πιο γρήγορα πηγαίνεις."

Μια μονάδα inverter αυξάνει βαθμιαία την δυναμικότητά της, βάση της δυναμικότητας που απαιτείται για την ψύξη ή τη θέρμανση του χώρου. Τα συστήματα non-inverter μπορούν να παραλληλιστούν με το άνοιγμα ή κλείσιμο μια λάμπας. Κατά την έναρξη της λειτουργίας μιας τέτοιας μονάδας, η μονάδα θα αρχίσει να λειτουργεί σε πλήρες φορτίο.

#### **4.7.2 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας inverter**

- Ø Επιτυγχάνετε πολύ ταχύτερα η επιθυμητή θερμοκρασία.
- Ø Ο χρόνος έναρξης μειώνεται κατά 1/3.
- Ø Εξοικονομείτε ενέργεια και χρήμα: 30% μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Ø Αποφεύγεται η επαναληπτική λειτουργία του συμπιεστή, με άλλα λόγια δεν υπάρχουν σημεία αιχμής τάσης.
- Ø Το κόστος κατανάλωσης ενέργειας μειώνεται κατά 1/3 (σε σύγκριση με κανονικές μονάδες on/off).
- Ø Δεν υπάρχουν διακυμάνσεις θερμοκρασίας.

#### **4.7.3 Συντήρηση**

Το ζήτημα της συντήρησης είναι εξίσου σημαντικό με οποιοδήποτε άλλο στην περίπτωση ενός κλιματιστικού. Η σωστή συντήρηση δεν εξασφαλίζει απλά μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο και σωστή λειτουργία αλλά και πιο υγιεινές συνθήκες λειτουργίας.

Για αρχή, υπάρχουν τα φίλτρα που συγκρατούν σκόνη από το να ανακυκλωθεί εντός του δωματίου και να απορροφηθεί κατά την αναπνοή. Τα φίλτρα είναι αρκετά απλές μεμβράνες που αφαιρούνται εύκολα και πλένονται απλά με νερό. Αφού στεγνώσουν τοποθετούνται και πάλι στη συσκευή και είναι έτοιμα για

χρήση. Κατά κανόνα είναι αρκετό να καθαρίζονται τα φίλτρα κάθε 50 με 60 ώρες λειτουργίας του κλιματιστικού.

Ως δεύτερο βήμα, σκόπιμο κρίνεται η συντήρηση του κλιματιστικού από ειδικούς που θα εξασφαλίσουν τη σωστότερη και υγιέστερη λειτουργία του μηχανήματος, μία φορά το χρόνο. Κανείς δεν θέλει να πληρώνει, αλλά τα μηχανήματα φθείρονται ενώ συγκρατούν σκόνη και ανεπιθύμητα σωματίδια και σε άλλα σημεία πέρα των φίλτρων.

Επίσης, θα πρέπει να προσέχουμε το σωληνάκι που καταλήγει έξω από το σπίτι να μην είναι μπλοκαρισμένο ή αναποδογυρισμένο κτλ. Ο στόχος είναι να αποβάλλεται η υγρασία με τη μορφή νερού. Αν όμως δημιουργηθεί κάποιο εμπόδιο, το νερό συσσωρεύεται και μπορεί να επιστρέψει μέσα, τρέχοντας από τις γρίλιες του κλιματιστικού.

Τέλος, είναι πάρα πολύ σημαντικό να αερίζονται οι χώροι στους οποίους λειτουργούν κλιματιστικά. Σε αντίθεση με τα φαινόμενα, ο αέρας του κλιματιστικού είναι ο ανακυκλωμένος αέρας που υπάρχει ήδη στο χώρο μας. Επομένως, όπως θα αερίζαμε ένα δωμάτιο για τους προφανείς λόγους, το ίδιο πρέπει να κάνουμε και όταν χρησιμοποιούμε κλιματιστικά μηχανήματα. Ακόμη πιο σημαντικό είναι, αν έχουμε κάποιο μηχάνημα σε υπνοδωμάτιο και το αφήνουμε να λειτουργεί κατά τη διάρκεια της νύχτας, πρέπει να αφήνουμε κάποια διέξοδο για να αλλάζει ο αέρας (έστω και μια πόρτα προς το διπλανό δωμάτιο) και πάνω από όλα να φροντίζουμε να μην πέφτει απευθείας πάνω μας ο αέρας του κλιματισμού.

## **Κεφάλαιο 5 : Γιατί να χρησιμοποιούμε κλιματισμό**

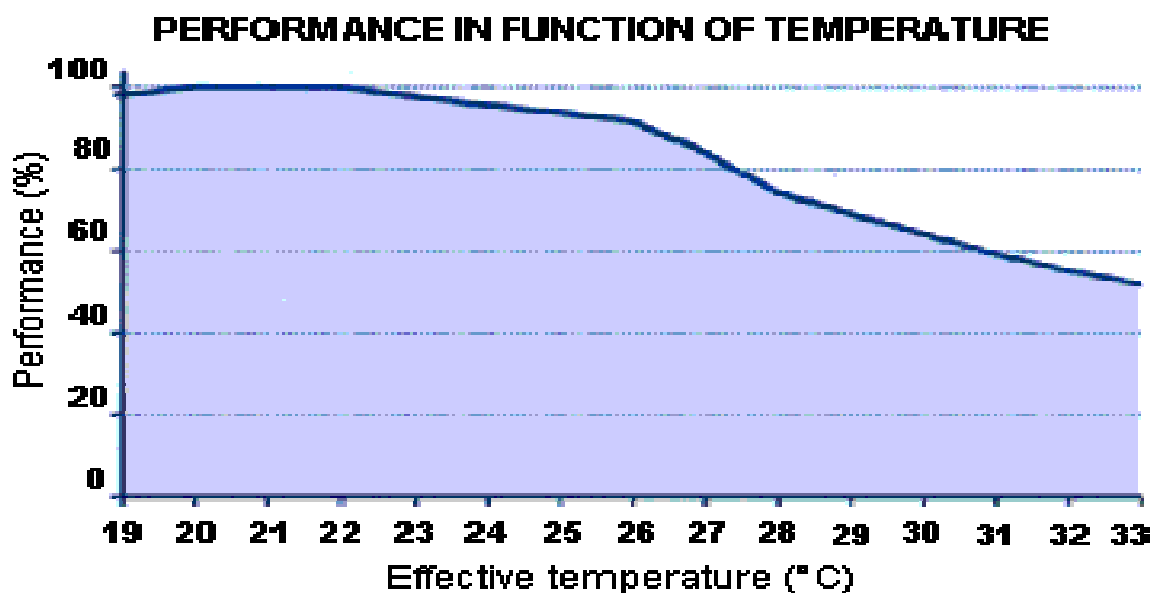
Ο κλιματισμός μας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε το ιδανικό περιβάλλον για εμάς, με την σωστή θερμοκρασία και με ευχάριστα επίπεδα υγρασίας. Τα σύγχρονα κλιματιστικά παράγουν καθαρό, υγιεινό φρέσκο αέρα, αφυγραίνουν την ατμόσφαιρα και αποτρέπουν την εμφάνιση μούχλας. Και όλα αυτά χωρίς ρεύματα, αέρα και θόρυβο. Εν ολίγοις, ο κλιματισμός μας κάνει να αισθανόμαστε καλύτερα, πιο ενεργητικός και σε φόρμα.

Και αυτό έχει εξαιρετικές συνέπειες, γιατί όσο καλύτερα αισθάνεται κανείς, τόσο πιο δημιουργικός και παραγωγικός είναι. Σε ποιόν δεν αρέσει, άλλωστε, να μπαίνει σε ένα κατάστημα, καφετέρια, εστιατόριο ή ξενοδοχείο που να έχει κλιματισμό και ιδιαίτερα το καλοκαίρι;

### **5.1 Η επίδραση στην ατομική απόδοση**

Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της απόδοσης ενός ατόμου και της θερμοκρασίας του χώρου στον οποίο βρίσκεται. Ένα υπερβολικά ζεστό, κρύο ή υγρό περιβάλλον ασφαλώς και δεν συμβάλλει στην αύξηση της εργασιακής απόδοσης.

Η γραφική παράσταση που ακολουθεί απεικονίζει το συσχετισμό αυτό. Η απόδοση αρχίζει να φθίνει στους 22°C περίπου, ενώ πάνω από τους 26°C πέφτει κατακόρυφα. Συνεπώς, είναι σημαντικό να διατηρείται η θερμοκρασία υπό έλεγχο. Ας σημειωθεί πως ο όρος "πραγματική θερμοκρασία" θεωρείται ότι υπολογίζει και τα επίπεδα υγρασίας.



Είναι επιστημονικά αποδεδειγμένο ότι:

- Ατυχήματα συμβαίνουν συχνότερα σε ακραίες θερμοκρασίες - η ιδανική θερμοκρασία φαίνεται ότι είναι περίπου 20°C.
- Η πνευματική απόδοση και ο ρυθμός εργασίας πέφτουν κατακόρυφα όταν έχει πολύ ζέστη.
- Προφανώς, η εξασφάλιση μιας σταθερής θερμοκρασίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.
- Για να είναι λειτουργικό, άνετο και αποτελεσματικό ένα κτίριο, θα πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή στις υπηρεσίες του.

## **5.2 Επίδραση στην υγεία**

Άτομα ευαίσθητοποιημένα σε θέματα υγείας δίνουν όλο και μεγαλύτερη προσοχή στην ποιότητα του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Μπορεί να υποστούμε τις συνέπειες για την υγεία μας από μικρόβια του αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος σε μικρό χρονικό διάστημα αφού εκτεθούμε σε αυτά ή και χρόνια αργότερα. Ο κλιματισμός έχει τη δυνατότητα να αποτρέπει ή να μειώνει ορισμένες από τις συνέπειες αυτές.



Ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάζονται σπίτια και κτίρια με στόχο τη διατήρηση ενέργειας έχει μειώσει το φυσικό εξαερισμό και την κυκλοφορία φρέσκου αέρα, γεγονός το οποίο, στη χειρότερη περίπτωση, μπορεί ακόμη και προκαλέσει το σύνδρομο "sick building syndrom". Όταν σταματά ο εξαερισμός ενός σπιτιού, μειώνεται η ενέργεια που απαιτείται για την ψύξη και τη θέρμανσή του. Αυτό όμως ταυτόχρονα σημαίνει ότι τα επίπεδα υγρασίας παραμένουν στο εσωτερικό του σπιτιού, ανακυκλώνοντας τον ίδιο αέρα και τα ίδια μικρόβια μέρα με την ημέρα. Σκόνη, καπνός, βακτήρια, ιοί, μούχλα, μύκητες και αέρια κυκλοφορούν σε όλο το σπίτι.

Η σκόνη προέρχεται από το δέρμα, τα μαλλιά, τα ρούχα ή από τα παπούτσια όταν μπαινοβγαίνουμε. Η μούχλα και οι μύκητες ακολουθούν τη σκόνη. Τα αέρια μπορεί να προκληθούν από βαφές, μπογιές, βερνίκια και κόλλες.

Επιπλέον, επίπεδα υγρασίας ύψους 50% τουλάχιστον μειώνουν σημαντικά τα ποσοστά επιβίωσης του ιού της γρίπης. Μερικές από τις επιλογές για να μειωθεί η συγκέντρωση μικροβίων στον αέρα του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι ο εξαερισμός, η χρήση φίλτρων και ο έλεγχος των επιπέδων υγρασίας. Ο κλιματισμός προσφέρει τις επιλογές αυτές. Κάθε μονάδα κλιματιστικού διαθέτει φίλτρο. Ο τύπος του φίλτρου εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος κλιματισμού. Ένα σύστημα με ενσωματωμένη δυνατότητα εξαερισμού απαιτεί ένα λιγότερο αποδοτικό φίλτρο. Η αποδοτικότητα ενός φίλτρου υπολογίζεται βάσει του ποσοστού συλλογής σωματιδίων.

### **5.3 Επίδραση στον εξοπλισμό εσωτερικής χρήσης**

Ο κλιματισμός δεν χρησιμεύει μόνο για να προσφέρει ευχάριστη ατμόσφαιρα και καθαρό υγιεινό αέρα, αλλά έχει και θετική επίδραση στον εξοπλισμό εσωτερικής χρήσης. Χάρη στις καλύτερες εσωτερικές συνθήκες επιμηκώνεται η διάρκεια ζωής του εξοπλισμού. Έτσι, για την καλή συντήρηση του εξοπλισμού εσωτερικής χρήσης τα επίπεδα υγρασίας που ενδείκνυνται είναι 40 - 60%.

### **5.4 Επιλογή κατάλληλου συστήματος κλιματισμού**

Με βάση όλα τα παραπάνω οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η δημιουργία του κατάλληλου κλίματος είναι περίπλοκο ζήτημα. Πολλοί είναι οι παράγοντες που καθορίζουν ποιο σύστημα είναι η καλύτερη λύση για εμάς και χρειαζόμαστε ασφαλώς την καθοδήγηση από μια εταιρεία εγκατάστασης κλιματιστικών. Ολοκληρώνοντας, καλό θα ήταν να τονιστούν ορισμένα από τα στοιχεία που θα πρέπει να έχουμε υπόψη σε κάθε περίπτωση.

- Ø Σε ποιό βαθμό θέλουμε να ελέγξουμε την ατμόσφαιρα στον εσωτερικό μας χώρο.** Θέλουμε μόνο ψύξη ή θέλουμε παράλληλα και εξαερισμό ή/και θέρμανση; Η επιλογή αυτή θα καθορίσει και τον τύπο του συστήματος κλιματισμού.
- Ø Πόσα δωμάτια θέλουμε να καλύψουμε.** Ο αριθμός των δωματίων θα καθορίσει το σύστημα κλιματισμού. Στην περίπτωση που θέλουμε να καλύψουμε περισσότερα από ένα δωμάτια, έχουμε τη δυνατότητα να συνδέσουμε περισσότερες από μια εσωτερικές μονάδες σε μια εξωτερική μονάδα.
- Ø Τι είδους δωμάτιο είναι.** Κατάστημα; Γραφείο; Κρεβατοκάμαρα ή σαλόνι; Ο κάθε χώρος απαιτεί διαφορετικό σύστημα.
- Ø Δυναμικότητα.** Ένα σύστημα με υπερβολικά υψηλή δυναμικότητα θα δημιουργεί ρεύματα αέρα, διακυμάνσεις στην θερμοκρασία και μεγάλους

λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Με ένα σύστημα πολύ χαμηλής δυναμικότητας δεν θα μπορούμε να έχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία. Για την επιλογή της σωστής δυναμικότητας χρειάζεται απλά να ζητήσουμε από μια εταιρεία εγκατάστασης κλιματιστικών να υπολογίσει την απαιτούμενη δυναμικότητα. Ο αντιπρόσωπος - διανομέας θα λάβει υπόψη του τους παράγοντες που επηρεάζουν την δυναμικότητα, όπως είναι η διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας, ο φωτισμός, ο αριθμός των ατόμων που κυκλοφορούν, κτλ.

- Ø **Η θέση της εξωτερικής μονάδας.** Η εξωτερική μονάδα θα πρέπει να τοποθετηθεί σε κατάλληλη θέση, σε σταθερή βάση και θα πρέπει να είναι προσβάσιμη για τη διεξαγωγή εργασιών συντήρησης.
- Ø **Η θέση της εσωτερικής μονάδας.** Η επιλογή του μοντέλου θα γίνει βάσει των επιλογών τοποθέτησης της μονάδας που προσφέρονται. Υπάρχει ψευδοροφή; Υπάρχει ελεύθερος χώρος στον τοίχο; κτλ. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης, η θέση της μονάδας καθώς η κάθε μονάδα έχει δικό της τρόπο διοχέτευσης του αέρα. Η τοποθέτηση της μονάδας σε λάθος θέση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρευμάτων αέρα και θορύβου.
- Ø **Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες.** Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην ανθεκτικότητα της εξωτερικής μονάδας στα καιρικές συνθήκες. Το στοιχείο αυτό θα καθορίσει τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης.
- Ø **Καθαρισμός αέρα.** Τα σωματίδια σκόνης που αιωρούνται στον αέρα μπορούν να εξαλειφθούν με τη χρήση φίλτρων των εσωτερικών μονάδων. Αναλόγως του επιπέδου φιλτραρίσματος προσφέρονται και διαφορετικά φίλτρα.
- Ø **Επιλογή εταιρείας εγκατάστασης.** Ένα από τα σημαντικότερα θέματα είναι να συμβουλευτεί κανείς μια καλή εταιρεία εγκατάστασης. Η εταιρεία εγκατάστασης είναι αυτή που θα υπολογίσει, θα σχεδιάσει και θα

εγκαταστήσει το απαιτούμενο σύστημα ανάλογα με τις ανάγκες μας. Οι εξειδικευμένες συμβουλές και η εμπειρία της θα σας εξασφαλίσουν ένα ικανοποιητικό περιβάλλον.

### **5.5 Εναλλακτικές μέθοδοι κλιματισμού**

Ζώντας σε λάθος σχεδιασμένα κτίρια, σε απάνθρωπες πόλεις δίχως πράσινο, φτάσαμε στο σημείο να θεωρούμε αυτονόητη την εγκατάσταση κλιματιστικών στα σπίτια μας προκειμένου να δροσιστούμε το καλοκαίρι. Έτσι, ένα σημαντικό ποσοστό της ισχύος της Δ.Ε.Η. τους καλοκαιρινούς μήνες καταναλώνεται από εκατομμύρια κλιματιστικά, ενώ ο κίνδυνος συχνών μπλακ-άουτ είναι πλέον ορατός.

Ποσοστό άνω του 20% της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα και στις υπηρεσίες αφορά τα κλιματιστικά, με σημαντική έτσι επιβάρυνση σε οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του άνθρακα λόγω της ηλεκτροπαραγωγής. Υπάρχουν άραγε τρόποι να περιορίσουμε τη θερμότητα στα κτίρια όπου ζούμε, χωρίς απαραιτήτως να καταργήσουμε τα κλιματιστικά; Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιούνται σε αυτά επηρεάζουν τη στιβάδα του όζοντος και συνεισφέρουν στα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Υπάρχουν κατάλληλα προληπτικά μέτρα για την εκμετάλλευση φυσικών συστημάτων δροσισμού προτού καταφύγουμε στη λειτουργία των κλιματιστικών.

Έτσι, πριν την αγορά και εγκατάσταση κλιματιστικού καλό είναι να εξαντληθούν όλες οι εναλλακτικές λύσεις :

### Ø Σκιασμός του κτιρίου.

Η εξωτερική ηλιοπροστασία είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος περιορισμού της εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας και κατ' επέκταση της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους. Προτεραιότητα δίνεται στον σκιασμό των διαφανών και κατόπιν των αδιαφανών επιφανειών.

Τα φυλλοβόλα δέντρα ή άλλα αναρριχώμενα φυτά προσφέρουν σκιασμό και βελτιώνουν το μικροκλίμα του κτιρίου. Διάφοροι άλλοι τύποι σκιάστρων, από τέντες ως εξωτερικά παντζούρια, μπορούν να σκιάσουν τις διαφανείς επιφάνειες. Το άσπρο και τα ανοιχτά χρώματα προσφέρουν πλεονεκτήματα.

### Ø Ανοιχτόχρωμες επιφάνειες

Ανάλογα με τον συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειας (εξαιτίας του χρώματος και της σύστασής της) μεταβάλλεται το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται. Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες έχουν υψηλό συντελεστή ανάκλασης, περιορίζουν τα θερμικά κέρδη, είναι πιο φωτεινές και τις αισθανόμαστε πιο δροσερές. Η θερμοκρασία μιας επιφάνειας με σκούρο χρώμα μπορεί να φθάσει ως και τους 27 βαθμούς Κελσίου υψηλότερα από μιας ανοιχτού χρώματος επιφάνειας.

### Ø Μικροκλίμα και περιβάλλον

Το άμεσο περιβάλλον γύρω από το κτίριο καθορίζει το μικροκλίμα. Με διάφορες επεμβάσεις και εκμεταλλευόμενοι φυσικές διεργασίες μπορούμε να βελτιώσουμε το μικροκλίμα ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο. Τα φυλλοβόλα δέντρα, οι θάμνοι, το γρασίδι και άλλα φυτά μειώνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και βελτιώνουν αισθητικά τον περιβάλλοντα χώρο.

### Ø Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός βελτιώνει τις συνθήκες θερμικής άνεσης και την ποιότητα του εσωτερικού αέρα εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες ποσότητες φρέσκου (νωπού) αέρα. Ο φυσικός αερισμός περιορίζεται στα κτίρια των αστικών κέντρων εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα και της ρύπανσης.

\* Όταν ένας χώρος κλιματίζεται, κρατήστε τα παράθυρα κλειστά.

\* Ο διαμπερής αερισμός είναι ο πλέον αποτελεσματικός.

\* Ο νυκτερινός αερισμός, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, συμβάλλει στην απαγωγή της θερμότητας που εγκλωβίζεται στους εσωτερικούς χώρους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο νυκτερινός αερισμός του κτιρίου όταν οι εξωτερικές συνθήκες είναι ευνοϊκές μειώνει το ψυκτικό φορτίο κατά 27%-36% ανάλογα με τη θερμική μάζα του κτιρίου.

### Ø Ανεμιστήρες οροφής

Οι ανεμιστήρες οροφής βελτιώνουν σημαντικά τις συνθήκες άνεσης επιτρέποντας να αισθανόμαστε άνετα ως και τους 29 βαθμούς Κελσίου. Επεκτείνεται η ζώνη θερμικής άνεσης λόγω της κυκλοφορίας του αέρα παράλληλα με την επιφάνεια του ανθρωπίνου σώματος με αποτέλεσμα την ενίσχυση της εξατμισοδιαπνοής του σώματος με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

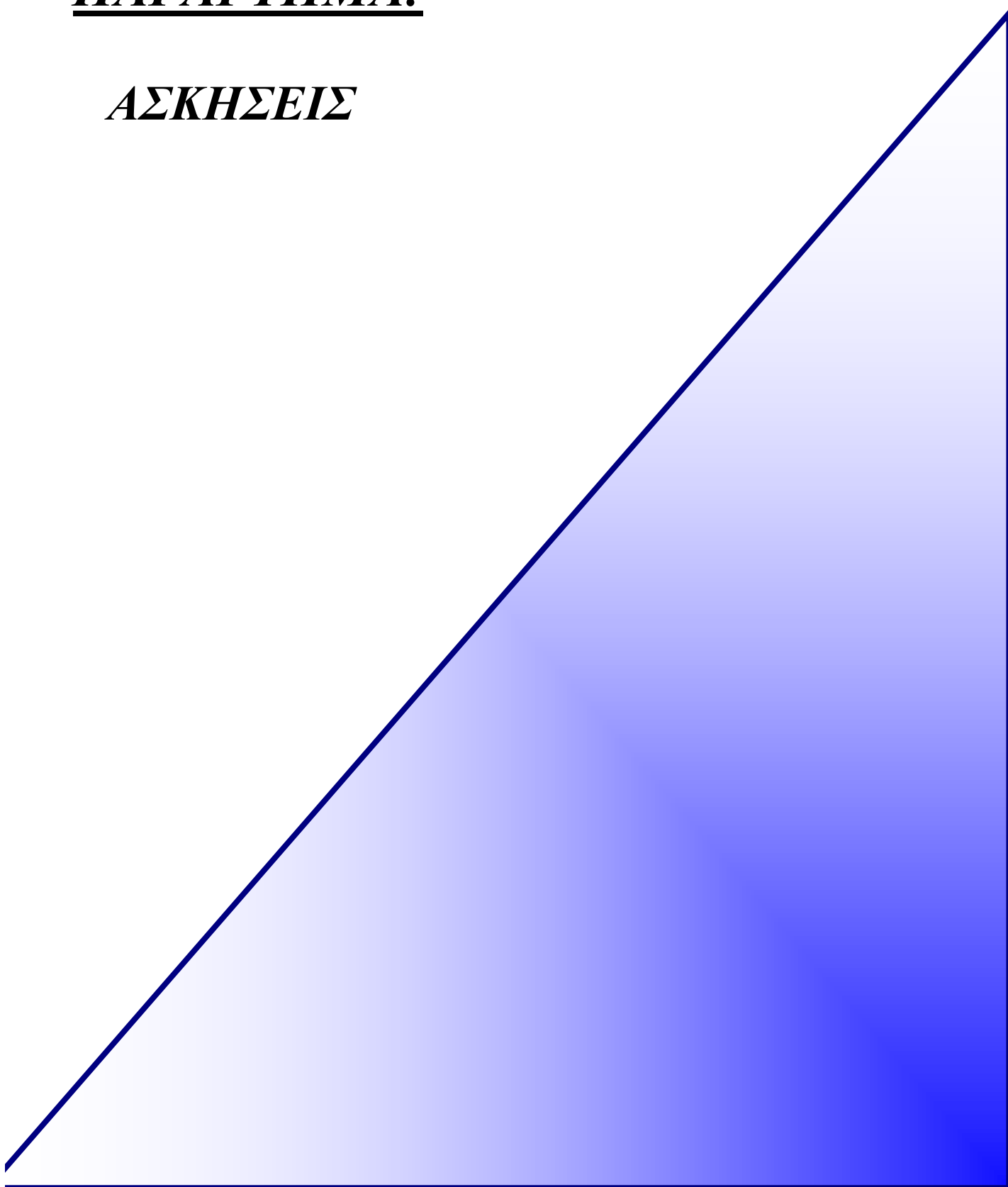
### Ø Ηλιακή ενέργεια

Σε συνδυασμό με μια αντλία θερμότητας απορρόφησης η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για ψύξη. Μια τυπική εγκατάσταση περιλαμβάνει τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού, μια βοηθητική πηγή θέρμανσης και τη μηχανή απορρόφησης. Ήδη χρησιμοποιούνται τέτοιου είδους εγκαταστάσεις και στην Ελλάδα σε ένα εργοστάσιο καλλυντικών και σε δύο ξενοδοχεία στην Κρήτη. Στην αγορά

αναμένεται να κυκλοφορήσουν μικρές μονάδες απορρόφησης (10 kW) τα επόμενα χρόνια ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κατοικίες. Το ψυκτικό μέσο και ο απορροφητής που χρησιμοποιούν είναι είτε καθαρό νερό είτε διάλυμα νερού με βρωμιούχο λίθιο. Έτσι, περιορίζεται και η χρήση των ψυκτικών όπως οι CFC και οι HCFC των συμβατικών συστημάτων.

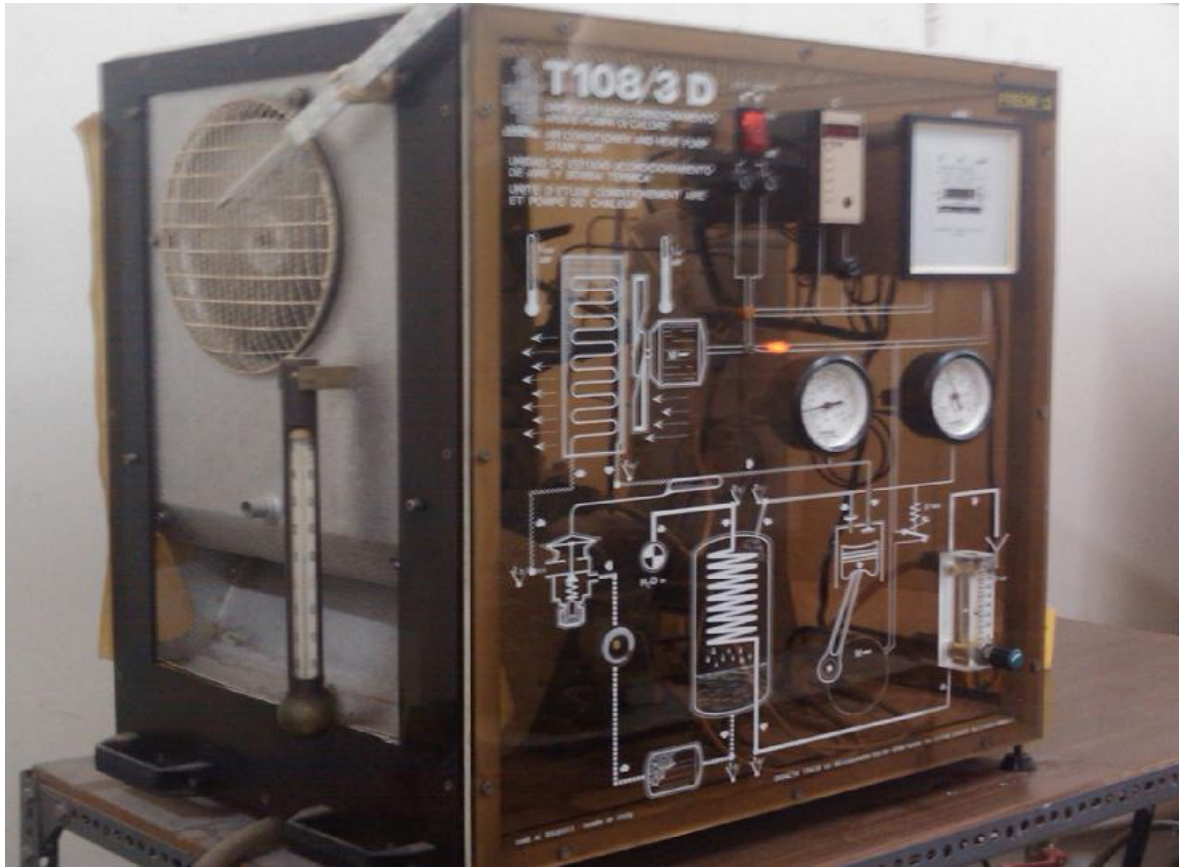
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:**

**ΑΣΚΗΣΕΙΣ**





## Άσκηση 1



### ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΨΥΞΗΣ ΤΥΠΟΥ ERS-2

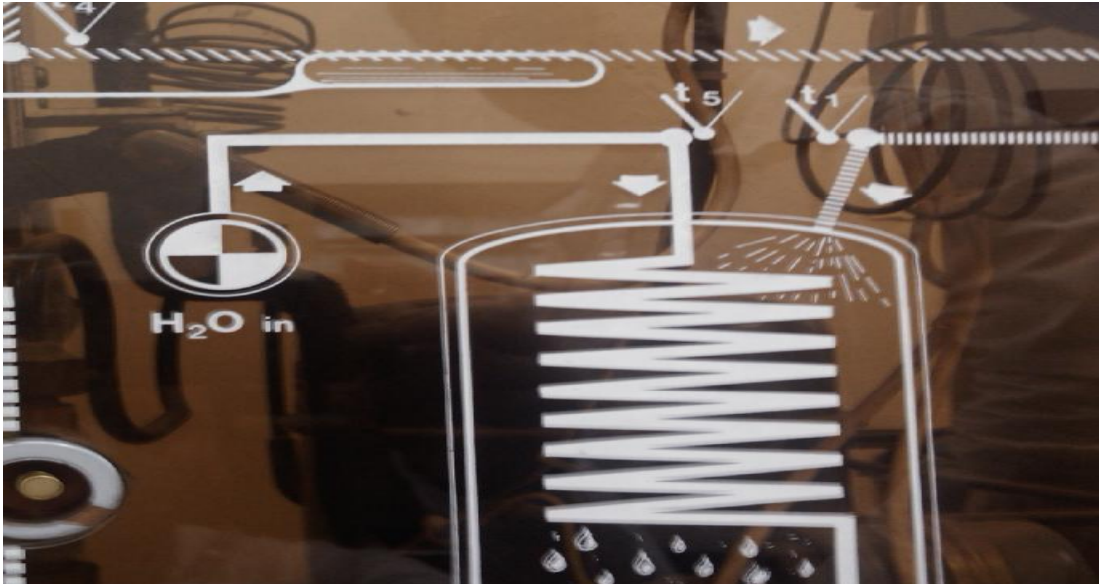
#### **Περιγραφή της ψυκτικής μονάδας**

Η εκπαιδευτική αυτή ψυκτική μονάδα προορίζεται για την εξοικείωση των σπουδαστών με ψυκτικό σύστημα που διαθέτει υδρόψυκτο συμπυκνωτή και ψυκτικό ρευστό R-12.

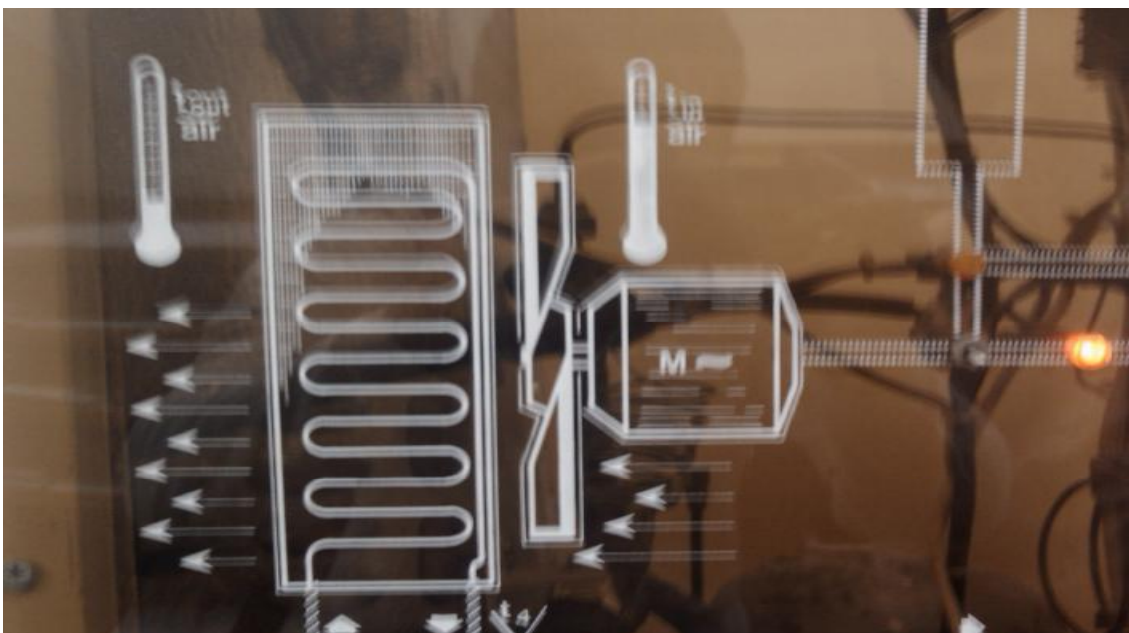
Η μονάδα είναι εφοδιασμένη με μετρητή ισχύος του συμπιεστή, μετρητή θερμοκρασιών και στροφόμετρο, επιτρέποντας στον σπουδαστή την πλήρη μελέτη του ψυκτικού φαινομένου και του ψυκτικού κύκλου. Τα υλικά και εξαρτήματα με τα οποία είναι κατασκευασμένη η μονάδα κυκλοφορούν και χρησιμοποιούνται ευρέως στην αγορά.

Το Σύστημα αυτό αποτελείται από τα παρακάτω επί μέρους εξαρτήματα:

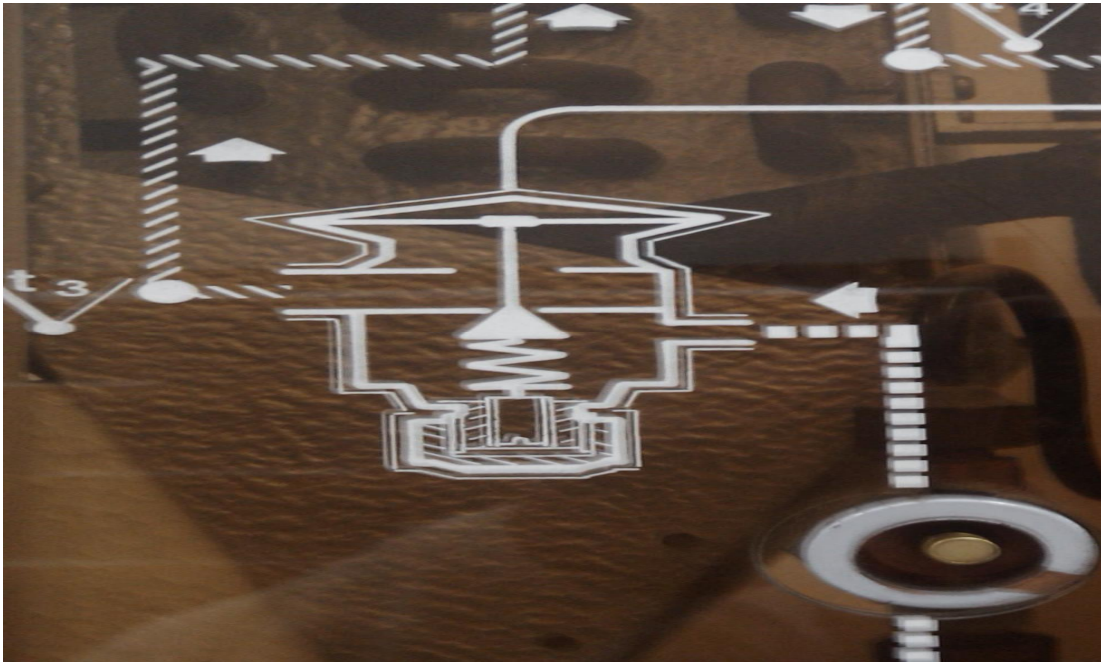
- Ø Συμπιεστή 3/4 HP, ανοικτού τύπου.
- Ø Κινητήρα 3/4 HP ρυθμιζόμενης ταχύτητας περιστροφής, 220 v, 50 HZ.
- Ø Συμπυκνωτή νερού R12 για 3/4 HP.



- Ø Εξαμιστή αέρα R12 με ανεμιστήρα ρυθμιζόμενης ταχύτητας περιστροφής και μέγιστη θερμική απόδοση 1000 Kcal/h περίπου.



Ø Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα.



Ø Ρυθμιστική βαλβίδα ροής νερού και μετρητή ροής νερού.

Ø Μετρητή ροής ψυκτικού μέσου.

Ø Ψηφιακό στροφόμετρο για την μέτρηση των στροφών του συμπιεστή.

Ø Πρεσοστάτες χαμηλής και υψηλής πίεσης, στην είσοδο & έξοδο του συμπιεστή.

Ø Μετρητές πίεσης στην είσοδο και έξοδο του συμπιεστή.



Ø Ψηφιακό όργανο μέτρησης της Θερμοκρασίας με επιλογή 6 θερμοζευγών που είναι τοποθετημένα στην είσοδο & έξοδο του εξατμιστή, του συμπυκνωτή και του συμπιεστή.



Ø Ψηφιακό βαττόμετρο.



Ø Δείκτες ροής.

Ø Τριχοειδή σωλήνα.



Ø Πίνακα ελέγχου με ενσωματωμένα όργανα μέτρησης.

Τα εξαρτήματα αυτά είναι τοποθετημένα πάνω σε κάθετο πίνακα, με εμφανείς τις σωληνώσεις οι οποίες είναι χρωματισμένες μπλε, κόκκινες ή κίτρινες ανάλογα τη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού που τις διαρρέει και σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική. Σε επιλεγμένα σημεία υπάρχουν μετρητές χαμηλής και υψηλής πίεσης καθώς και θέσεις για θερμομέτρα, επιτρέποντας έτσι στον σπουδαστή να μελετήσει ποσοτικά τον ψυκτικό κύκλο και να υπολογίσει το ψυκτικό αποτέλεσμα.

Εκτός από τη διαφοροποίηση του εκτονωτικού μηχανισμού (ΘΕΒ και τριχοειδής σωλήνας), στο σύστημα αυτό είναι δυνατή και η μεταβολή του ψυκτικού φορτίου με χρήση ανεμιστήρα μεταβλητών στροφών στον εξατμιστή. Επίσης είναι δυνατή η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα του συμπιεστή κατά 15% περίπου (100% - 85%). Οι ρυθμίσεις των στροφών του ανεμιστήρα και του κινητήρα γίνονται μέσω διακόπτη και ποντεσιόμετρου, αντίστοιχα, που είναι τοποθετημένα στον πίνακα ελέγχου της μονάδας.

Στον πίνακα ελέγχου της μονάδας είναι τοποθετημένοι και οι ψηφιακοί δείκτες

του βαττομέτρου, του στροφόμετρου και του μετρητή θερμοκρασίας. Το βαττόμετρο είναι μόνιμα συνδεδεμένο στον κινητήρα του συμπιεστή και δείχνει την ανά πασα στιγμή την απορροφούμενη ισχύ από τον κινητήρα. Το στροφόμετρο δείχνει επίσης μόνιμα τις στροφές του κινητήρα του συμπιεστή και λαμβάνει το αισθητήριο σήμα μέσω ζεύγους Φώτο διόδου/λαμπτήρα, η φωτεινή δέσμη του οποίου διακόπτεται από ελάσματα στερεωμένα στον άξονα του κινητήρα, καθώς αυτός περιστρέφεται. Ο μετρητής θερμοκρασίας αποτελείται από κεντρικό ψηφιακό δείκτη στον οποίο συνδέονται, μέσω επιλογέα διακόπτη, αισθητήρια θερμοκρασίας τοποθετημένα στην είσοδο και έξοδο του εξατμιστή, του συμπυκνωτή και του συμπιεστή.

Εκτός από τα παραπάνω όργανα υπάρχουν συνδεδεμένα στο ψυκτικό κύκλωμα μανόμετρα υψηλής και χαμηλής πίεσης στην είσοδο και έξοδο του συμπιεστή. Επίσης υπάρχουν πρεσοστάτες χαμηλής και υψηλής για προστασία του συστήματος καθώς επίσης και διακόπτης με τον οποίο ελέγχεται η λειτουργία της ηλεκτρομαγνητικής (H/M) βαλβίδας.

Ο συμπυκνωτής ψύχεται με νερό σε διάταξη ανοικτού κυκλώματος. Για τον λόγο αυτό απαιτείται παροχή νερού, η οποία συνδέεται στο πίσω μέρος του πίνακα, καθώς και αποχέτευση. Η ποσότητα του νερού που διέρχεται από τον συμπυκνωτή ορίζεται με τον ρυθμιστή ροής, ενώ σε σειρά με το κύκλωμα υπάρχει και μετρητής ροής νερού. Στο πίσω μέρος της συσκευής υπάρχει χειροκίνητη βάννα με την οποία διακόπτεται η ροή του νερού όταν δεν χρησιμοποιείται η μονάδα.

Εκτός από τις ασκήσεις που ακολουθούν, με τη μονάδα αυτή μπορούν να γίνουν οι παρακάτω ασκήσεις που περιγράφονται στο εγχειρίδιο *ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ/ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ* του Σπύρου Αναστασιάδη, που συνοδεύει την κάθε μονάδα.

- Ø Δημιουργία κενού με τον συμπιεστή της μονάδας, σελ. 226
- Ø Δημιουργία κενού σε ψυκτική μονάδα με αντλία κενού, σελ. 229
- Ø Έλεγχος ανίχνευσης διαρροών ψυκτικού ρευστού, σελ. 231
- Ø Σημεία φορτίσεως της ψυκτικής μονάδας με υγρό, σελ. 233
- Ø Τρόποι ελέγχου ποσότητας ψυκτικού ρευστού στην ψυκτική μονάδα, σελ. 233
- Ø Φόρτιση ψυκτικής μονάδας με ψυκτικό ρευστό από τη βάνα αναρροφήσεως, σελ. 236.
- Ø Πλήρωση ψυκτικής μηχανής με ψυκτέλαιο, σελ. 242
- Ø Πλήρωση της ψυκτικής μηχανής με ψυκτέλαιο, σελ. 244
- Ø Ρύθμιση πρεσοστάτη χαμηλής, σελ. 245
- Ø Ρύθμιση πρεσοστάτη υψηλής, σελ. 246
- Ø Ρύθμιση της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας πάνω στην εγκατάσταση, σελ. 255
- Ø Μέτρηση του βάρους του ψυκτικού υγρού που κυκλοφορεί στο κύκλωμα, σελ. 263

## **ΓΕΝΙΚΑ**

Σε ένα ψυκτικό σύστημα που διαθέτει υδρόψυκτο συμπυκνωτή, το ψυκτικό αποτέλεσμα εξαρτάται από τη θερμοκρασιακή διαφορά του νερού μέσα στον συμπυκνωτή και συνεπώς από την ποσότητα νερού που περνάει μέσα σ' αυτόν. Η ποσότητα του νερού πρέπει να ρυθμιστεί στην κατάλληλη στάθμη, ανάλογα με τον όγκο του συμπυκνωτή ώστε να μην δημιουργηθούν προβλήματα πλημμυράς του συμπυκνωτή από ψυκτικό υγρό αφ' ενός, και μειωμένης απόδοσης του συστήματος αφ' ετέρου, αν δεν υγροποιηθεί αρκετή ποσότητα ψυκτικού υγρού, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας εισόδου και εξόδου.

Η σωστή ποσότητα νερού που διέρχεται από τον συμπυκνωτή αντικατοπτρίζεται

στην πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή. Στην μονάδα ERS-2, η πίεση αυτή κυμαίνεται μεταξύ των ορίων 110-150 PSI. Ο ρυθμιστής ροής νερού ελέγχεται από την πίεση κατάθλιψης, ώστε να ρυθμίζεται η παροχή νερού στη σωστή στάθμη.

### ***ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ***

1. Πριν θέσετε το σύστημα υπό τάση, βεβαιωθείτε ότι όλοι οι διακόπτες της μονάδας είναι σε θέση OFF.

2. Ρυθμίστε τις βάνες του συστήματος στις παρακάτω θέσεις :

BANA N°1 ΑΝΟΙΚΤΗ

BANA N° 2 ΚΛΕΙΣΤΗ

BANA N° 3 ΚΛΕΙΣΤΗ

BANA N° 4 ΑΝΟΙΚΤΗ

3. Ανοίξτε την παροχή νερού με τη βάνα που βρίσκεται στο πίσω μέρος του πινάκα.

4. Ανεβάστε τον διακόπτη της Η/Μ βαλβίδας στη θέση ON και γυρίστε τον επιλογέα ταχύτητας του ανεμιστήρα στη θέση 100%.

5. Ξεκινήστε τον κινητήρα του συμπιεστή γυρίζοντας τον διακόπτη/ρυθμιστή της ταχύτητας του συμπιεστή προς τα δεξιά μέχρις ότου αισθανθείτε τον διακόπτη να ενεργοποιείται. Μην γυρίζετε περισσότερο το κομβίο προς τα δεξιά γιατί θα ελαττωθούν οι στροφές του συμπιεστή.

6. Αφήστε το σύστημα να λειτουργήσει για 15 λεπτά τουλάχιστον και βεβαιωθείτε ότι η ένδειξη του μανομέτρου υψηλής είναι μεταξύ 110-150 PSI.



Αν όχι, ρυθμίστε τον ρυθμιστή ροής νερού ώστε η ένδειξη να πέσει μέσα στην παραπάνω περιοχή.

7. Γράψτε τις ενδείξεις θερμοκρασιών στα σημεία που αναγράφονται στον πίνακα ελέγχου της μονάδας, την ένδειξη του στροφόμετρου, του μετρητή ισχύος και των μανομέτρων της μονάδας καθώς και του ροόμετρου του ψυκτικού υγρού.

8. Χρησιμοποιώντας τον μετρητή ροής νερού, μετρήστε την ποσότητα νερού που περνάει από τον συμπυκνωτή μέσα σε χρονικό διάστημα 5 ή 10 λεπτών της ώρας.

9. Γυριστέ τον επιλογέα ταχύτητας του εξατμιστή στη Θέση 50% και επαναλάβετε τις παρακάτω μετρήσεις μετά από 15 λεπτά περίπου.

10. Γυριστέ τον επιλογέα ταχύτητας του εξατμιστή στη Θέση 10% και επαναλάβετε τις μετρήσεις μετά από λειτουργία 15 λεπτών.

11. Μεταβάλετε την παροχή νερού στον συμπυκνωτή και παρατηρήστε την επίδραση της μεταβολής στην ισχύ, στις στροφές και στην πίεση κατάθλιψης (μανόμετρο υψηλής) του συμπιεστή, καθώς και στις υπόλοιπες παραμέτρους του συστήματος.

*Σημείωση: Μετά από κάθε μεταβολή πρέπει να περιμένετε 10-15 λεπτά περίπου πριν κάνετε οποιοδήποτε μετρήσεις, ώστε να έχουν σταθεροποιηθεί οι παράμετροι του συστήματος.*

12. Μεταβάλετε τις στροφές του κινητήρα του συμπιεστή κατά 10% περίπου, και μετρήστε θερμοκρασίες, πιέσεις κλπ του συστήματος.

*Σημείωση: Η μεταβολή των στροφών πρέπει να γίνει αργά και με μικρές ρυθμίσεις του κομβίου μεταβολής των στροφών, ώστε να δίνεται η ευκαιρία στο σύστημα να ισορροπεί σε κάθε*

ενδιάμεση θέση. Εάν επιχειρηθεί απότομη μεταβολή των στροφών, ο κινητήρας θα σταματήσει να λειτουργεί επειδή θα ενεργοποιηθεί ο φυγοκεντρικός διακόπτης προστασίας.

### **ΣΚΟΠΟΣ ΑΣΚΗΣΗΣ:**

Σκοπός της άσκησης είναι η εξοικείωση με τα βασικά λειτουργικά μέρη μιας ψυκτικής διάταξης και η κατανόηση του ψυκτικού κύκλου αυτής, μέσω της πραγματοποίησης και επεξεργασίας μετρήσεων που αφορούν στις μεταβολές που υφίσταται το ψυκτικό ρευστό κατά την πορεία του στο κύκλωμα της ψυκτικής διάταξης.

### ***Ερωτήσεις – Απαντήσεις – Πίνακες Μετρήσεων – Υπολογισμοί***

1. Τι γνωρίζεται για την γραμμή κορεσμού; Δώστε τους ορισμούς του κορεσμένου υγρού, κορεσμένου ατμού, υπέρθερμου ατμού και υπόψυκτου υγρού.

Σε ένα διάγραμμα p-h η γραμμή κορεσμού έχει δυο τμήματα που διαχωρίζονται από το κρίσιμο σημείο που βρίσκεται στην κορυφή της καμπύλης, στο αριστερό μέρος σε κάθε σημείο πάνω στην καμπύλη βρίσκουμε πάντα το ρευστό μας σε κορεσμένο υγρό ενώ στο δεξιό μέρος το ρευστό είναι κορεσμένος ατμός.

Κορεσμένος ατμός είναι ο ατμός που βρίσκεται ανάλογα με την πίεση που επικρατεί στην αντίστοιχη θερμοκρασία ατμοποίησης. Τα ζεύγη των τιμών βρίσκονται πάνω στην γραμμή κορεσμού στο δεξιό μέρος.

Κορεσμένο υγρό είναι το υγρό που βρίσκεται ανάλογα με την πίεση που επικρατεί στην αντίστοιχη θερμοκρασία κορεσμού. Τα ζεύγη των τιμών βρίσκονται πάνω στην γραμμή κορεσμού στο αριστερό μέρος.

Υπέρθερμος είναι ο ατμός που έχει θερμοκρασία μεγαλύτερη από την θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην επικρατούσα πίεση.

Υπόψυκτο είναι το υγρό που έχει μικρότερη θερμοκρασία από την θερμοκρασία κορεσμού που αντιστοιχεί στην επικρατούσα πίεση.

2. Για ποιους λόγους είναι απαραίτητο το ψυκτικό ρευστό να διέρχεται σε αέρια μορφή από τον συμπιεστή;

Όπως γνωρίζουμε ο σκοπός της συμπίεσης του ψυκτικού μέσου είναι η αύξηση της πίεσης του τόσο, ώστε όταν οδηγηθεί στο συμπυκνωτή όπου και θα ψυχθεί, να έχει ανυψωμένη την θερμοκρασία συμπύκνωσης των ατμών του οπότε η θερμοκρασία του περιβάλλοντος να είναι ικανή για την ψύξη του.

Γι' αυτό και το ψυκτικό μέσο πρέπει να εισέρχεται απαραίτητως υπό μορφή ατμών, αφού ως υγρό δεν θα μπορούσε να συμπιεστεί ενώ επιπλέον θα προκαλούσε πρόβλημα στη λειτουργία του συμπιεστή ή πιθανή βλάβη του από καταστροφικές πιέσεις του ασυμπίεστου αυτού ρευστού.

Για το λόγο αυτό πολλές φορές για λόγους ασφάλειας επιδιώκεται η υπερθέρμανση των ατμών πριν την είσοδο τους στο συμπιεστή προς αποφυγή του παραπάνω ενδεχόμενου, μολονότι αυτό συνιστά μείωση του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης του συμπιεστή λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών των ατμών.

3. Για κάθε σειρά μετρήσεων που καταγράψατε, σχεδιάστε τον αντίστοιχο ψυκτικό κύκλο πάνω στο διάγραμμα Mollier.

**Παρατηρήσεις στην χάραξη του ψυκτικών κύκλων:**

Όπως παρατηρούμε από τα διαγράμματα του Mollier που προέκυψαν βάσει των μετρήσεων που ελήφθησαν για κάθε μια από τις διαφορετικές παροχές νερού

στο κύκλωμα της ψυκτικής μονάδας του πειράματος, διαπιστώνουμε ότι δεν προέκυψαν για όλες τις περιπτώσεις οι αναμενόμενοι κύκλοι για το ψυκτικό ρευστό.

Πιο συγκεκριμένα, για τις περιπτώσεις με παροχή 30 και 60 lit/h και για τα δεδομένα των μετρήσεων μας, όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί, θα έχουμε περιοχή υπερθέρμανσης ώστε να προκύπτει σωστά η απεικόνιση των θερμοκρασιών και της ισεντροπικής μεταβολής της συμπίεσης.

Παρόλα αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι μετά το στάδιο της εκτόνωσης στην έξοδο της εκτονωτικής βαλβίδας λαμβάνουμε το ψυκτικό ρευστό σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από την τιμή της θερμοκρασίας (αντίστοιχης ισόθερμης) που ορίζεται από την τιμή της χαμηλής πίεσης του κυκλώματος.

Τα παραπάνω μπορεί να οφείλονται είτε σε εσφαλμένη λειτουργία ή ρύθμιση των οργάνων μέτρησης είτε σε πιθανά σφάλματα παρατήρησης κατά την ανάγνωση των τιμών των διαφόρων μεγεθών, μικρές αποκλίσεις των οποίων από τις πραγματικές να καθιστούν αδύνατη τη χάραξη του ψυκτικού κύκλου για τις δυο παροχές που προαναφέρθηκαν.

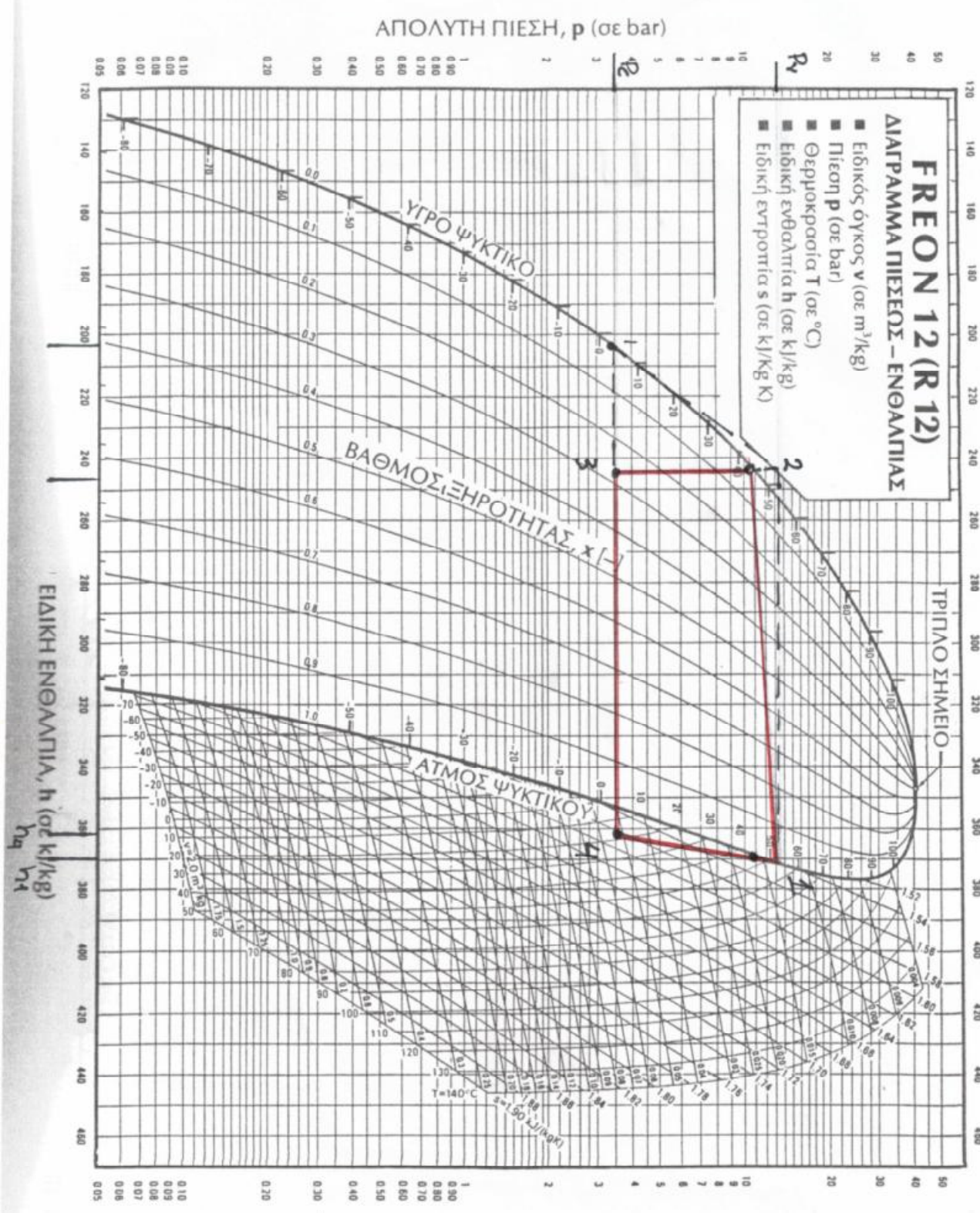
4. Για τις πιέσεις που μετρήθηκαν, να υπολογιστούν οι λαθάνουσες θερμότητες συμπύκνωσης και ατμοποίησης του R-12 στις αντίστοιχες πιέσεις.

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

<b>Q (lit/h)</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
<b>T<sub>1</sub>(°C)</b>	<b>46</b>	<b>55</b>	<b>61</b>
<b>T<sub>2</sub>(°C)</b>	<b>43</b>	<b>45</b>	<b>43</b>
<b>T<sub>3</sub>(°C)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>T<sub>4</sub>(°C)</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>9</b>
<b>T<sub>5</sub>(°C)-H<sub>2</sub>O</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>29</b>
<b>T<sub>6</sub>(°C)-H<sub>2</sub>O</b>	<b>45</b>	<b>46</b>	<b>44</b>
<b>P<sub>c</sub>(bar)</b>	<b>2,6</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>
<b>P<sub>v</sub>(bar)</b>	<b>12,5</b>	<b>12,6</b>	<b>11,4</b>

<b>ΠΑΡΟΧΗ Q (lt/h)</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
<b>ΛΑΘΑΝ. ΘΕΡΜΟΤ. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ (KJ/Kg)</b>	$h_1-h_2=370-244=126$ <b>KJ/Kg</b>	-	-
<b>ΛΑΘΑΝ. ΘΕΡΜΟΤ. ΑΤΜΟΠΟΙΗΣΗΣ (KJ/Kg)</b>	$h_4-h_3=362-244=118$ <b>KJ/Kg</b>	-	-

40 R/hour H<sub>2</sub>O

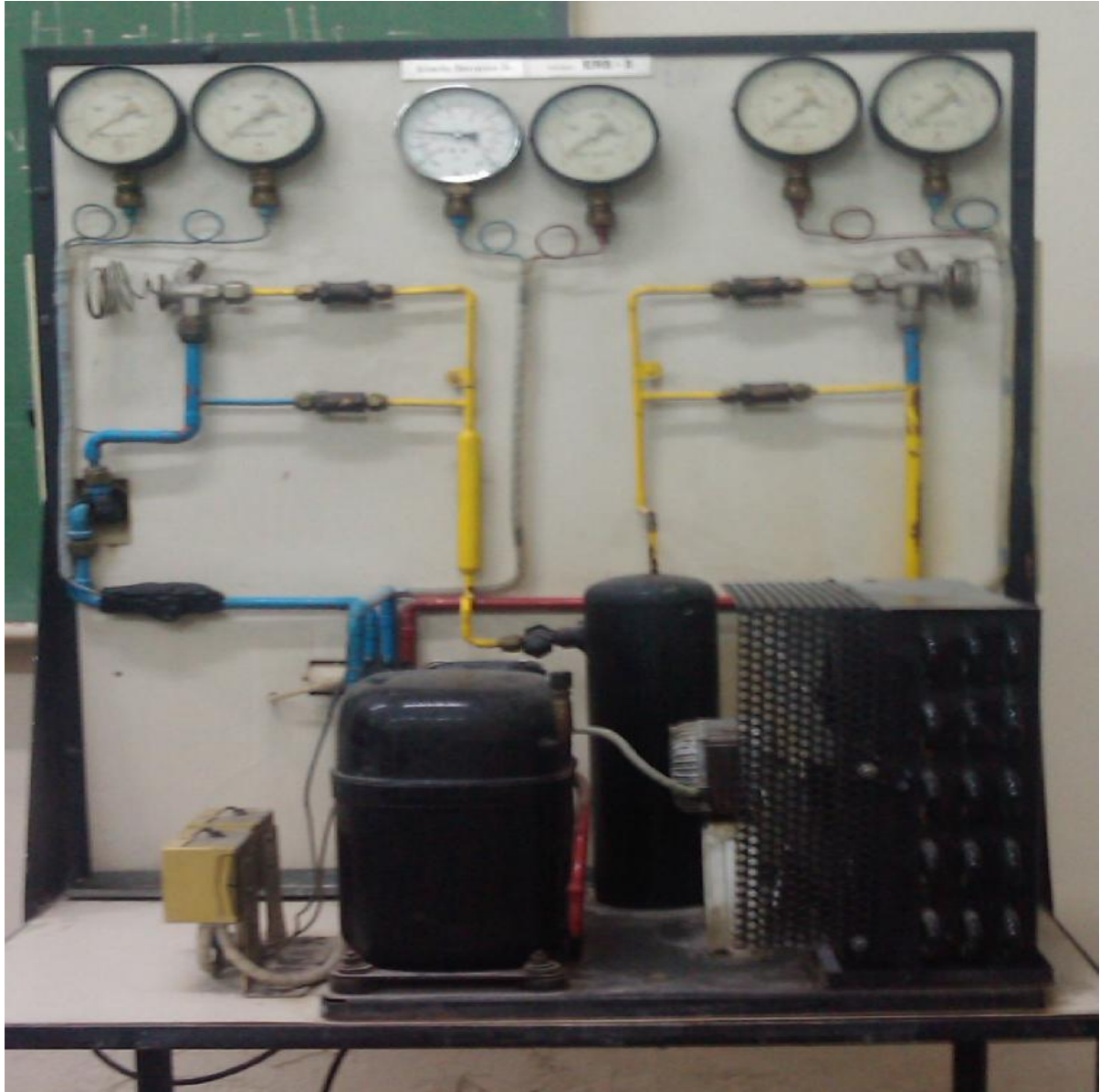


ΕΙΔΙΚΗ ΕΝΘΑΛΠΙΑ, h (σε kJ/kg)  
h<sub>2</sub> h<sub>1</sub>

17.2.10. Διάγραμμα Πίεσης - Ενθαλπίας για R12

## Άσκηση 2

### ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ, ΤΥΠΟΥ ERS-3 (ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ: FREON R-22)



#### **ΓΕΝΙΚΑ**

Η εκπαιδευτική μονάδα κλιματισμού ERS-3 είναι σχεδιασμένη για να επιτρέπει στους σπουδαστές την μελέτη ενός διαιρούμενου κλιματιστικού συστήματος (SPLIT SYSTEM), με δυνατότητα αντιστροφής του κύκλου ώστε να λειτουργεί σαν αντλία θερμότητας (heat pump ή ψύξη-θέρμανση).

## ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η μονάδα αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους εξαρτήματα και όργανα:

1. Συμπιεστή 3/4 HP, 220 VAC, 50 HZ, κλειστού τύπου.



2. Μονάδα συμπυκνωτή 3/4 HP για Freon R-22.

3. Fan coil 8.000 Btu.



4. Όργανα μέτρησης υψηλής και χαμηλής πίεσης τεμ. 6.



5. Πρεσοστάτες υψηλής και χαμηλής πίεσης για την ασφάλεια του συστήματος.



6. Τετράοδο ηλεκτρική βαλβίδα.

7. Θερμοστατικές βαλβίδες, τεμ. 2.

8. Βαλβίδες μη επιστροφής (check value) τεμ. 4.

9. Πινάκα έλεγχου με διακόπτες.



Η μονάδα είναι στερεωμένη σε ξύλινη ανθεκτική βάση, φέρει στο εμπρός μέρος όλα τα εξαρτήματα και όργανα (εξωτερικός χώρος), στο πίσω μέρος φέρει το fan coil (εσωτερικός χώρος). Το όλο σύστημα είναι στερεωμένο επάνω σε μεταλλικό πλαίσιο που φέρει τροχούς για εύκολη μετακίνηση του.

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

Η μονάδα αποτελείται από δύο τμήματα, διαχωρισμένα μεταξύ τους, έτσι ώστε το ένα τμήμα που παριστάνει τον εσωτερικό (κλιματιζόμενο) χώρο, να περιλαμβάνει τον εξατμιστή (FAN COIL) με τα κοντρόλ της συσκευής, το δε άλλο τμήμα που παριστάνει τον εξωτερικό (υπαίθριο) χώρο, να περιλαμβάνει τον συμπιεστή και τον συμπυκνωτή. Έτσι λοιπόν, η συνύπαρξη συμπυκνωτή και εξαέρωτη στον ίδιο χώρο, δικαιολογείται μόνο για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Για να δημιουργήσουμε κλιματιζόμενο χώρο έτσι ώστε να καταδειχτούν οι διάφορες εφαρμογές και να λειτουργήσουν οι έλεγχοι θερμοκρασιών του χώρου από τον θερμοστάτη, δεν έχουμε παρά να καλύψουμε το FAN COIL με ένα μεγάλο χαρτοκιβώτιο ή πλαστικό σάκο.

## **ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

### *A. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΑΝ ΨΥΞΗ ΧΩΡΟΥ (air condition)*

1. Θέτουμε τον διακόπτη εποχής στην Θέση ΚΡΥΟ. Η τετράοδος βαλβίδα ενεργοποιείται.
2. Επιλέγουμε την ταχύτητα του ανεμιστήρα του FAN COIL (HI-LOW)
3. Θέτουμε τον θερμοστάτη χώρου κάτω από την θερμοκρασία του χώρου, στην κλίμακα της μπλε γραμμής.

4. θέτουμε τον διακόπτη της συσκευής στην θέση ON.

Η μονάδα μπαίνει σε λειτουργία και μετά από παρέλευση πέντε (5) λεπτών περίπου σταθεροποιείται, οπότε μπορούμε να καταγράψουμε τις πιέσεις των μανομέτρων. Επισημαίνεται ότι οι ενδείξεις των οργάνων διαφοροποιούνται αναλόγως της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου. Με την κάλυψη του FAN COIL με ένα χαρτοκιβώτιο έτσι ώστε να δημιουργήσουμε προσωρινά ένα κλιματιζόμενο χώρο, δίνουμε την δυνατότητα στον θερμοστάτη του FAN COIL να επενεργήσει όταν η θερμοκρασία μέσα στον χώρο αυτό πέσει κάτω από την επιθυμητή (αυτήν στην οποία ρυθμίσαμε τον θερμοστάτη), οπότε η λειτουργία του συμπιεστή θα διακοπεί ενώ οι ανεμιστήρες εξαερωτή και συμπυκνωτή συνεχίζουν να λειτουργούν. Όταν η θερμοκρασία στον κλιματιζόμενο χώρο ανέβει πάλι πάνω από αυτήν του θερμοστάτη, ο συμπιεστής θα μπει πάλι σε λειτουργία, παράγοντας περαιτέρω ψύξη.

*ΠΡΟΣΟΧΗ : Σε περίπτωση διακόπτουμε την λειτουργία της μονάδας για οποιονδήποτε λόγο και θελήσουμε να την επαναλειτουργήσουμε, Θα πρέπει να αφήσουμε τουλάχιστον 3 λεπτά έτσι ώστε να γίνει εξισορρόπηση των πιέσεων μέσα στο κύκλωμα, προς αποφυγή βλαβών.*

## **ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ**

Με την εκκίνηση του συμπιεστή ζεστό ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης ρέει από την έξοδο του συμπυκνωτή προς την δεξιά Θερμό-εκτονωτική βαλβίδα την οποία βρίσκει μπλοκαρισμένη από την βαλβίδα μιας κατεύθυνσης (BMK) σε σειρά με αυτή. Περνά όμως δια μέσου της παράλληλης βαλβίδας μιας κατεύθυνσης και φθάνει στο δοχείο του συλλέκτη. Από τον συλλέκτη και μέσω του φίλτρου φθάνει στην αριστερά ΘΕΒ αφού πρώτα διέλθει από την βαλβίδα μιας κατεύθυνσης (βλέπε βέλος ροής).

Η παράλληλη ΒΜΚ μπλοκάρει την ροή. Από την έξοδο της ΘΕΒ, κρύο ψυκτικό υγρό (ανάμεικτο με ατμούς) χαμηλής πίεσης, ρέει προς τον εξαμιστή (FAN COIL), όπου λόγω του θερμικού φορτίου που προκαλείται από την ροή του αέρα του ανεμιστήρα, ατμοποιείται και σαν ατμοί πλέον χαμηλής πίεσης φθάνουν στην τετράοδο βαλβίδα (ή βαλβίδα αντιστροφής κύκλου) και μέσω αυτής στον συμπιεστή (χαμηλή).

Από την έξοδο του συμπιεστή, ατμοί ψυκτικού υψηλής πίεσης και Θερμοκρασίας, ρέουν προς την τετράοδο βαλβίδα και μέσω αυτής οδηγούνται στον συμπυκνωτή όπου και συμπυκνώνονται σε ζεστό ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης, συμπληρώνοντας έτσι έναν ψυκτικό κύκλο.

*ΠΡΟΣΟΧΗ : Σε περίπτωση που διακόπτουμε την λειτουργία της μονάδας για οποιονδήποτε λόγο και θελήσουμε να την επαναλειτουργήσουμε, Θα πρέπει να αφήσουμε τουλάχιστον 3 λεπτά έτσι ώστε να γίνει εξισορρόπηση των πιέσεων μέσα στο κύκλωμα, προς αποφυγή βλαβών.*

## **B. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΑΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΟΥ (HEAT PUMP)**

1. θέτουμε τον διακόπτη εποχής στη θέση ΖΕΣΤΟ.
2. Επιλέγουμε την ταχύτητα του ανεμιστήρα του FAN COIL.
3. θέτουμε τον θερμοστάτη χώρου επάνω από την θερμοκρασία χώρου, στην κλίμακα της κόκκινης γραμμής.
4. θέτουμε τον διακόπτη λειτουργίας της μονάδας στην Θέση ON.

Κατά τα λοιπά, η μονάδα συμπεριφέρεται όπως και στην περίπτωση ψύξης,

αλλά αντλώντας θέρμανση μέσα στον κλιματιζόμενο χώρο, και με αντίστροφη συμπεριφορά του θερμοστάτη χώρου.

## **ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Με την εκκίνηση του συμπιεστή, ζεστό ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης ρέει από την έξοδο του συμπυκνωτή ( FAN COIL ) προς την αριστερή θερμοστατική Εκτονωτική Βαλβίδα (ΘΕΒ) την οποία βρίσκει μπλοκαρισμένη από την ΒΜΚ σε σειρά με αυτήν. Περνά όμως διαμέσου της παράλληλης ΒΜΚ και μέσω του φίλτρου φθάνει στο δοχείο του συλλέκτη. Από τον συλλέκτη, το θερμό ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης φτάνει στην δεξιά ΘΕΒ αφού πρώτα διέρχεται από την ΒΜΚ (ίδη βέλος ροής) ενώ μπλοκάρεται από την παράλληλη ΒΜΚ με αντίστροφη ροή. Από την έξοδο της ΘΕΒ, κρύο ψυκτικό (ανάμεικτο με ατμούς) χαμηλής πίεσης, ρέει προς τον εξατμιστή (πρώην συμπυκνωτή) όπου λόγω του θερμικού φορτίου του αέρα ατμοποιείται και σαν ατμοί πλέον, χαμηλής πίεσης, φθάνουν στην τετράοδο βαλβίδα και μέσω αυτής στον συμπιεστή (χαμηλή). Από την έξοδο του συμπιεστή, μετά την εκτόνωση, ατμοί ψυκτικού υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας ρέουν προς την τετράοδο και μέσω αυτής φθάνουν στον συμπυκνωτή ( FAN COIL ) όπου και συμπυκνώνονται σε ζεστό ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης, συμπληρώνοντας έτσι ένα πλήρη ψυκτικό κύκλο.

*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κατά την λειτουργία του συστήματος σαν Αντλία θερμότητας με ενεργοποίηση της τετράοδου βαλβίδας γίνεται διαφοροποίηση της ροής σε ορισμένο τμήμα των ψυκτικών σωληνώσεων ώστε ο μεν συμπυκνωτής να έχει θέση εξατμιστή, ο δε εξατμιστής να έχει θέση συμπυκνωτή (αντιστροφή).*

## **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΕΝΟΥ-ΠΛΗΡΩΣΗ ΜΕ ΨΥΚΤΙΚΟ ΥΓΡΟ-ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΙΑΡΡΟΩΝ**

### ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΕΝΟΥ

Για να δημιουργήσουμε κενό στο κύκλωμα της μονάδας, χρησιμοποιούμε αντλία κενού με σερβιζ μανόμετρων (MANIFOLD), ως εξής:

1. Συνδέουμε τον ελαστικό σωλήνα του μανομέτρου χαμηλής του (MANIFOLD), στην βαλβίδα (μπιμπίκι) πληρώσεως, του συμπιεστή.

2. Συνδέουμε τον μεσαίο ελαστικό σωλήνα του (MANIFOLD) με την αντλία κενού.

3. Ανοίγουμε την βάνα οργάνου χαμηλής του (MANIFOLD) και κλείνουμε την βάνα υψηλής.

4. Θέτουμε σε λειτουργία την αντλία κενού.

5. Όταν η πίεση αναρροφήσεως κατέβει στις 25-28 IN. HG, κλείνουμε την βάνα αναρροφήσεως και σταματούμε την αντλία κενού.

6. Μετά από παρέλευση 15-20 λεπτών της ώρας, παρατηρούμε τυχόν μετακίνηση του δείκτη του μανομέτρου χαμηλής του (MANIFOLD). Εάν δεν έχει μετακινηθεί πάνω από 4 IN. HG, αποσυνδέουμε το (MANIFOLD). Σε περίπτωση μεγαλύτερης απόκλισης του δείκτη, πληρούμε την συσκευή με ατμούς R22 και ελέγχουμε τα πιθανά σημεία διαρροών, με τους γνωστούς τρόπους (μεθόδους), όπως με έλεγχο των σωληνώσεων, των συνδέσμων τους, των στοιχείων τους με τη βοήθεια δέσμης φωτός ή την χρησιμοποίηση χρωματιστού ψυκτικού υγρού.

## ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΨΥΚΤΙΚΟ ΥΓΡΟ

1. Ελέγξατε τις βάνες του σετ μανομέτρων. Πρέπει να είναι κλειστές.
2. Συνδέστε τον ελαστικό σωλήνα του μανομέτρου χαμηλής, στην Βαλβίδα του συμπιεστή.
3. Συνδέστε τον μεσαίο ελαστικό σωλήνα στη βάνα της φιάλης του ψυκτικού υγρού.  
*ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η φιάλη του ψυκτικού πρέπει να είναι σε όρθια θέση και ή δυνατόν μέσα σε ζεστό νερό 50 °C. Ουδέποτε να θερμαίνετε την φιάλη με φλόγιστρο. Κίνδυνος έκρηξης.*
4. Ανοίξτε την στρόφιγγα της φιάλης του υγρού και στη συνέχεια χαλαρώστε το ρακόρ του μεσαίου σωλήνα στο σημείο που συνδέεται με το σετ, ώστε να γίνει έλξη του σωλήνα από την πίεση του ψυκτικού και κατόπιν ξανά σφίγγετε αρκετά καλά.
5. Ανοίξτε την στρόφιγγα του μανομέτρου χαμηλής.
6. Θέσατε σε λειτουργία τον συμπιεστή, παρακολουθώντας την πλήρωση με φρέον με τους γνωστούς τρόπους.
7. Όταν η μονάδα γεμίσει με το απαιτούμενο υγρό, κλείστε την στρόφιγγα της φιάλης και στη συνέχεια την στρόφιγγα του μανομέτρου χαμηλής.
8. Αποσυνδέστε το σετ μανομέτρων και τη φιάλη.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ασημακόπουλος, Α. Διακουμάκος, Κ. & Σεκεριάδης, Ν. (2002), *Εγκαταστάσεις κλιματισμού ΙΙ*. Αθήνα : Ο.Ε.Δ.Β.
2. Μπαλαράς Κ., Μπίμης Π. & Θεοφύλακτος Κ. (2003), *Εγκαταστάσεις Κλιματισμού Ι*, Αθήνα, Ο.Ε.Δ.Β.
3. Λέγγα, Σ.Ν. & Παρίκου, Ν.Ι. (1992), *Θέρμανση-Αερισμός-Κλιματισμός*. Αθήνα, εκδόσεις Ίων.
4. Whitman, Johnson & Tomczyk. (2000), *Εγκαταστάσεις ψύξης Ι*. Αθήνα, εκδόσεις Ίων.
5. Whitman, Johnson & Tomczyk. (2000), *Εγκαταστάσεις κλιματισμού*. Αθήνα, εκδόσεις Ίων.

## **Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις**

1. [www.scribd.com](http://www.scribd.com) : Δωρεάν Υπηρεσίες Αποθήκευσης Ηλεκτρονικών Κειμένων
2. [el.science.wikia.com](http://el.science.wikia.com) : Ερασιτεχνική - Εγκυκλοπαιδική Διαδικτυακή Πύλη
3. [www.livopedia.gr](http://www.livopedia.gr) : Ελληνική Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια
4. [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org) : Ελεύθερη Εγκυκλοπαίδεια
5. [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org) : Διεθνής Μη Κερδοσκοπική Οργάνωση
6. [www.chem.uoa.gr](http://www.chem.uoa.gr) : Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας
7. [www.minagric.gr](http://www.minagric.gr) : Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
8. [www.ashrae.gr](http://www.ashrae.gr) : Ελληνικό Παράρτημα της Αμερικάνικης Ένωσης Μηχανικών Κλιματισμού/Αερισμού/Θέρμανσης/Ψύξης
9. [www.rehva.org](http://www.rehva.org) : Ευρωπαϊκή Ένωση Μηχανικών Κλιματισμού/Αερισμού/Θέρμανσης/Ψύξης
10. [www.carrier.gr](http://www.carrier.gr) : Εταιρία Carrier
11. [www.daikin.gr](http://www.daikin.gr) : Εταιρία Daikin



12. [www.klimatech.gr](http://www.klimatech.gr) : Εταιρία klimatech

13. [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr) : Εφημερίδα Έθνος

14. [www.mytracking.com](http://www.mytracking.com) : Μηχανή Αναζήτησης

15. [www.google.gr](http://www.google.gr) : Μηχανή Αναζήτησης

16. [www.skrouz.gr](http://www.skrouz.gr) : Μηχανή Σύγκρισης Τιμών και Προϊόντων