

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ
ΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ**



Εισηγητής: Δρ. Σωκ. Καπλάνης
Σπουδάστρια: Λεωτσάκου Ματίνα-Λιάνα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	3650
----------------------	------

Περιεχόμενα	
Σκοπός	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1. Σημασία και ιστορία του κλιματισμού	5
1.2. Ορισμός του κλιματισμού	6
1.3. Κλιματισμός με χρήση της ηλιακής ενέργειας (οικονομικής ψύξης)	9
Μέθοδοι ψύξης και κλιματισμού με ηλιακή ενέργεια	10
2 . ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	13
2.1. Έννοιες	13
2.2. Επεξεργασία του αέρα	14
2.3. Μερικές βασικές αρχές του κλιματισμού	17
2.4. Ψυκτικός κύκλος	19
2.5. Αποτελούμενα μέρη κλιματιστικής συσκευής	20
2.6. Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικού κύκλου	24
Παράδειγμα 2.1	26
2.7 Η αντλία θερμότητας (Heat pump)	27
3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	29
3.1. Διαδικασία και στάδια υπολογισμού κλιματιστικής εγκατάστασης	29
3.2. Ορισμός του ψυκτικού φορτίου	30
3.3. Πηγές θερμότητας και ποσότητες θερμικών φορτίων	30
3.3.1. Εξωτερικές πηγές θερμότητας	30
3.3.2. Εσωτερικές πηγές θερμότητας	32
3.4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου	32
ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	43
Πίνακες	44
4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΕΩΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	59
4.1. Σύγκριση με ψυκτικό σύστημα με συμπιεστή	59
4.2. Κύκλος ψύξεως με απορρόφηση συνδεδεμένο με ηλιακό συλλέκτη	62
4.2.1. Εξατμιστής	64
4.2.2. Απορροφητήρας	64
4.2.3. Γεννήτρια – Διαχωριστής	65
4.2.4. Συμπυκνωτής	65
4.3. Απορρόφηση- Κύκλος απορροφητικού μέσου	66
4.4. Κύκλος ψυχώμενου νερού	67
4.5. Ζεύγη ουσιών για σύστημα απορροφητικής ψύξης	68
4.5.1. Σύστημα νερού- αμμωνίας	68
4.5.2. Σύστημα νερού- Βρωμιούχου λιθίου (LiBr)	69
4.5.3. Σύγκριση των δύο συστημάτων, LiBr-H ₂ O και H ₂ O-NH ₃	71
4.5.4. Επιθυμητά χαρακτηριστικά ζεύγους ψυκτικού-απορροφητικού	71
4.6. Ψυκτική ικανότητα συστήματος LiBr-H ₂ O	72
4.7. Διάκριση συστημάτων Ηλιακής απορροφητικής ψύξης	76

5. Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ: ΜΕΣΩ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	81
5.1. Ωφέλιμη συλλεγόμενη ισχύς	81
5.2. Η μέθοδος των καμπύλων Φ Προϋποθέσεις & πεδίο εφαρμογής της μεθόδου	82
5.3. Περιγραφή της μεθόδου Φ Εφαρμογή	83 94
5.4. Μέθοδος των καμπυλών Φ-f	99
6. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	102
Συμπεράσματα	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	109
Βιβλιογραφία	116

Σκοπός της εργασίας

Στις μέρες μας είναι όπου η προστασία του περιβάλλοντος και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι από τα πρωταρχικά ζητήματα που απασχολούν όλον τον κόσμο, η στροφή προς τεχνολογίες οι οποίες πετυχαίνουν και τα δύο αυτά πράγματα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη όλων και να εφαρμόζονται όπου είναι δυνατόν.

Έτσι σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται μια πολύ συνηθισμένη τεχνολογία, ο κλιματισμός και πως μπορεί αυτή να εφαρμοστεί με οικονομικό τρόπο και να σέβεται ταυτόχρονα το περιβάλλον.

Τα κλιματιστικά συστήματα λειτουργούν με ψυκτικά ρευστά τα πιο πολλά εκ των οποίων είναι καταστροφικά για το στρώμα του όζοντος. Επίσης τα ποσά της ενέργειας που καταναλώνουν για να λειτουργούν είναι τεράστια. Εδώ θα δούμε μια μορφή κλιματισμού, της απορρόφησης, η οποία χρησιμοποιεί ψυκτικά υγρά φιλικά προς το περιβάλλον, και είναι πού οικονομική γιατί μπορεί να λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια. Γίνονται αναλυτικοί υπολογισμοί για τον τρόπο εύρεσης του μεγέθους του κλιματιστικού συστήματος και της επιφάνειας των ηλιακών συλλεκτών που συνδέονται μαζί του.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σημασία και ιστορία του κλιματισμού

Παντού σε όλο τον κόσμο οι άνθρωποι απολαμβάνουν τα οφέλη του κλιματισμού. Είναι από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του ανθρώπου, αν και το παίρνουμε ως δεδομένο. Εκτός από είδος πολυτέλειας του σύγχρονου πολιτισμού που μας επιτρέπει να ζούμε, να εργαζόμαστε και να διασκεδάζουμε με άνεση ο κλιματισμός προσφέρει πολύ πιο πολλά από αυτά.

Χωρίς τον κλιματισμό ή την ψύξη, η ζωή στις πόλεις θα ήταν ασύμφορη έως αδύνατη διότι οι τροφές θα χαλούσαν, αρρώστιες θα εξαπλώνονταν πιο εύκολα, πολλά εργοστάσια δεν θα υπήρχαν γιατί τα περισσότερα μηχανήματα δε μπορούν να λειτουργήσουν σε θερμό περιβάλλον. Αρκετοί άνθρωποι, κυρίως ηλικιωμένοι, έχουν χάσει τη ζωή τους από υπερβολική ζέστη ή κρύο. Όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή ευνοούνται τα βακτήρια και οι ιοί για την εξάπλωση τους. Οι υπολογιστές με τη ζέστη παρουσιάζουν προβλήματα και δε μπορούν να λειτουργήσουν γρήγορα, όπως και τα συστήματα των τηλεπικοινωνιών καταστρέφονται από την υπερβολική θερμοκρασία. Γενικά χωρίς την ψύξη δε θα μπορούσε να λειτουργεί ο πολιτισμός όπως τον ξέρουμε.

Εφαρμογές: Ο κλιματισμός εφαρμόζεται παντού, παρακάτω φαίνονται κάποια τέτοια σημεία.



Στην καθημερινή οικιακή ζωή του ανθρώπου για άνετες συνθήκες διαβίωσης



Στην τηλεπικοινωνία ο κλιματισμός είναι αναγκαίος για την λειτουργία των συστημάτων υψηλής τεχνολογίας που την αποτελούν ώστε να μην καταστρέφονται από μεγάλη θερμοκρασία ή υγρασία



Σε θερμοκήπια για την επίτευξη αναγκών κλιματολογικών συνθηκών για την ανάπτυξη των φυτών.



Στην αυτοκινητοβιομηχανία για άνεση



Σε νοσοκομεία και εργαστήρια είναι απαραίτητος ο κλιματισμός για τα διάφορα εργαστήρια, για τα χειρουργεία και για τη διαβίωση των ασθενών



Σε κάθε είδους κτίριο



Για τον κλιματισμό εξωτερικών χώρων με την μέθοδο της εξάτμισης

Ιστορία: Από παλιά οι άνθρωποι έβρισκαν διάφορους τρόπους να δροσιστούν είτε καταφεύγοντας σε σπηλιές είτε χτίζοντας υπόγεια σπήτσια είτε με απλές βεντάλιες. Υπάρχουν μαρτυρίες ότι από το 1000π.χ. οι άνθρωποι φύλαγαν πάγο από τον χειμώνα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού για τη διατήρηση τροφίμων.

Λίγο νωρίτερα από το 1500 ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι κατασκεύασε έναν ανεμιστήρα κινούμενο με νερό που αέριζε τα δωμάτια της συζύγου του αφεντικού του. Αυτή ήταν πιθανώς η πρώτη απόπειρα δημιουργίας ενός αυτόματου τρόπου αλλαγής των συνθηκών του αέρα σε έναν κλειστό χώρο. Ένας άλλος τέτοιος μηχανισμός ήταν η “πούνκα” που χρησιμοποιείτο στην Ινδία πολλά χρόνια πριν. Αυτή ήταν ένας μεγάλος ανεμιστήρας που βρισκόταν κρεμασμένος από την οροφή. Λειτουργούσε με το χέρι τραβώντας ένα σχοινί.

Πολύ αργότερα ανακαλύφθηκε η χρήση διαφόρων ουσιών για την επίτευξη της ψύξης όταν το 1823 ο Michael Faraday ανακάλυψε ότι τα περιορισμένα αέρια κάτω από μια σταθερή πίεση θα συμπυκνωθούν κατά την ψύξη. Το 1834 ο Jacobs Perkins ανακαλύπτει ένα κλειστό σύστημα, με τη χρησιμοποίηση της εκτόνωσης και της μετέπειτα συμπίεσης ενός υγρού, για την παραγωγή ψύξης. Αυτός χρησιμοποίησε αιθέρα σαν ψυκτική ουσία, ένα χειροκίνητο συμπιεστή και έναν εξαμιστή μέσα σε έναν ψύκτη υγρού. Την ίδια χρονιά ο L.W. Wright παρασκεύασε πάγο από την εκτόνωση του συμπιεσμένου αέρα.

Λίγα χρόνια αργότερα ανακαλύφθηκαν και οι ιδιότητες της αμμωνίας και του διοξειδίου του θείου ως ψυκτικά μέσα. Ειδικά το διοξείδιο του θείου επειδή λειτουργούσε και σαν λιπαντικό μέσο για τον συμπιεστή χρησιμοποιήθηκε πολύ από το 1890 και μετά, και ειδικά σε πλοία.



Σχήμα1.1 Willis Carrier

Ο κλιματισμός με τη σημερινή έννοια είναι όμως πολύ καινούργιος. Στα τέλη του 1800 αφού άρχισε να λειτουργεί το πρώτο εργοστάσιο ρεύματος (1882 στη Νέα Υόρκη) δημιουργήθηκαν στις πόλεις, μεγάλοι σταθμοί ψύξης για φαγητά και σημαντικά έγγραφα. Το 1902 ο Willis Carrier (Σχήμα 1.1), ο πατέρας του κλιματισμού, έφτιαξε το πρώτο κλιματιστικό για ένα εργοστάσιο εκτυπώσεως για την καταπολέμηση της υγρασίας. Το ονόμασε “Συσκευή για την περιποίηση του αέρα” Η μεταβολές της υγρασίας και της ζέστης προκαλούσε μικρές αλλαγές στις διαστάσεις του χαρτιού, αλλά αρκετές ώστε να δημιουργεί παραμορφώσεις στην Έγχρωμη

εκτύπωση. Με το κλιματισμό αυτό το πρόβλημα λύθηκε και μια ομαλή τύπωση τεσσάρων χρωμάτων ήταν εφικτή. Παντού τα εργοστάσια και οι βιομηχανίες εξαπλώθηκαν γρήγορα χάρη στην καινούρια ικανότητα να ελέγχουν την θερμοκρασία και την υγρασία κατά τη διάρκεια της παραγωγής και μετά από αυτήν. Πολλά προϊόντα όπως ο καπνός, το φιλμ, φάρμακα και κρέατα βελτιώθηκαν σημαντικά.

Αρχικά τα κλιματιστικά λειτουργούσαν με παλινδρομικούς συμπιεστές για να αντλούν το ψυκτικό (κυρίως τοξική αμμωνία) δια μέσω του συστήματος. Στις αρχές της δεκαετίας του 20 ο Carrier σχεδίασε ένα φυγοκεντρικό συμπιεστή με αποτέλεσμα να γίνει πιο ασφαλής ο κλιματισμός και να χρησιμοποιείται σε καταστήματα, θέατρα, σπίτια, ορυχεία και είχε μεγάλη ανταπόκριση. Λίγο αργότερα και ειδικά μετά το δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, τη δεκαετία του 50 τα κλιματιστικά για σπίτια (σχήμα 1.2) χρησιμοποιούνταν παντού.



Σχήμα1.2 Κλιματιστικό παραθύρου

1.2 Ορισμός του κλιματισμού

Οι βασικές αρχές του κλιματισμού δεν κατανοήθηκαν ακόμα από τα αρκετά εκατομμύρια εκείνων που απολαμβάνουν την άνεση που τους εξασφαλίζει. Ακόμη ο κλιματισμός είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης ζωής. Εξαιτίας όλων αυτών ο κλιματισμός απαιτεί έναν ορισμό.

Ο κλιματισμός ορίζεται ως το μέσο που:

- κρατάει σταθερή τη θερμοκρασία του αέρα, με τη θέρμανση ή την ψύξη του
- ελέγχει την υγρασία του με την ύγρανση ή την αφύγρανση του και τέλος
- τον καθαρίζει και τον ανακυκλώνει.

Συνοπτικά, ο κλιματισμός εξασφαλίζει όλες αυτές τις συνθήκες ταυτόχρονα, όλες τις εποχές του έτους. Έτσι ο κλιματισμός μπορεί να αλλάζει τις συνθήκες του αέρα σε ένα κλειστό χώρο.

Ο κλιματισμός έχει ιδιαίτερη σημασία για την σωστή λειτουργία μηχανημάτων και γενικά περιβαλλόντων υψηλής τεχνολογίας.

“Περιβάλλοντα υψηλής τεχνολογίας” είναι εκείνες οι περιοχές που περιέχουν ακριβό τεχνολογικό εξοπλισμό ή και ειδικές διαδικασίες. Για να λειτουργούν σωστά αυτά τα μηχανήματα πρέπει να βρίσκονται σε μια αίθουσα με προσεκτικά ελεγχόμενες λειτουργικές παραμέτρους που δεν σχετίζονται συνήθως με την άνεση των ανθρώπων. Μερικά παραδείγματα περιβαλλόντων υψηλής τεχνολογίας είναι μηχανογραφικά κέντρα, κέντρα ελέγχου διαδικασιών, τηλεφωνικά κέντρα, μετεωρολογικοί σταθμοί, χώροι παραγωγής ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, χώροι ιατρικής περίθαλψης που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό εξοπλισμό, αίθουσες ελέγχου, φωτογραφικά εργαστήρια και ακόμη πυρηνικά εργοστάσια.

Τα κοινά χαρακτηριστικά αυτών των αιθουσών είναι ότι όλες χρησιμοποιούν μέσης / υψηλής ισχύος ηλεκτρονικό εξοπλισμό, όλες πρέπει να λειτουργούν υπό αυστηρές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας και όλες χρειάζονται υψηλού επιπέδου καθαρότητα αέρα, καθώς επίσης και άλλα χαρακτηριστικά που απαιτούνται κατά περίπτωση.

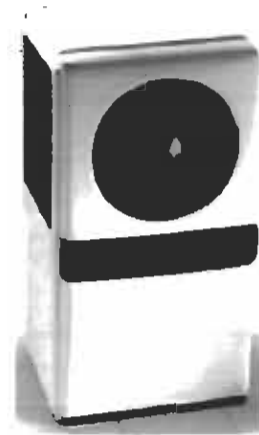
Τα συστήματα αυτά είναι σχεδόν πάντα ευαίσθητα, πολύπλοκα και ακριβά και λανθασμένη λειτουργία μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την βλάβη του συστήματος και των προϊόντων του, είτε τα τελευταία είναι φυσικά προϊόντα είτε

πληροφορίες. Η ασφάλεια και ακόμη οι ζωές πολλών ανθρώπων μπορεί να εξαρτώνται από τη σωστή λειτουργία του εξοπλισμού.

Ο κλιματισμός επιτυγχάνεται με τη κλιματιστική συσκευή, η οποία είναι μία συσκευή η οποία αποτελείται από τέσσερα βασικά τμήματα, τα οποία θα εξετάσουμε στο επόμενο κεφάλαιο, και μέσα από αυτά κυκλοφορεί μια ψυκτική ουσία ή οποία αφαιρεί την θερμότητα από τον χώρο που θέλουμε να κλιματίσουμε. Διάφορες κλιματιστικές συσκευές για διάφορες εφαρμογές φαίνονται παρακάτω στα σχήματα (1.3 α,β,γ)



Σχήμα 1.3.α Κλιματιστική μονάδα για τηλεπικοινωνίες και βιομηχανικό εξοπλισμό



Σχήμα 1.3.β Σύστημα ψυχρού νερού για βιομηχανικές εφαρμογές



Σχήμα 1.3.γ Κλιματιστική μονάδα 5-13KW ειδικά για τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές

1.3. Κλιματισμός με χρήση της ηλιακής ενέργειας (οικονομικής ψύξης)

Τα οφέλη του κλιματισμού είναι αναμφισβήτητα πολλά, αλλά η επιβάρυνση του στο περιβάλλον λόγω της εξάτμισης της ψυκτικής ουσίας που χρησιμοποιεί για την ψύξη, στην ατμόσφαιρα, αλλά και το μεγάλο ενεργειακό κόστος λειτουργίας λόγω του συμπιεστή υπήρξε αιτία για την δημιουργία εναλλακτικών μορφών κλιματισμού ή την μετατροπή των συμβατικών. Όσον αφορά την ψυκτική ουσία έχουν θεσμοθετηθεί νόμοι οι οποίοι απαγορεύουν τη χρήση ψυκτικών ουσιών που μολύνουν την ατμόσφαιρα και συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αφού υπάρχουν πλέον αρκετά ακίνδυνα. Για την ενέργεια ξέρουμε ότι αυτή είναι απαραίτητη για την ύπαρξη και λειτουργία των βιομηχανοποιημένων κοινωνιών. Η ενέργεια προέρχεται από φυσικούς καύσιμους υδρογονάνθρακες (γαιάνθρακα, πετρέλαιο και φυσικό αέριο), ωστόσο υπάρχει κάποιο όριο στα αποθέματα αυτά, και η χρήση τους έχει προξενήσει περιβαλλοντική και κοινωνική ζημιά. Η καύση του πετρελαίου και του γαιάνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα, μολύνει τον ατμοσφαιρικό αέρα πολλών πόλεων, παράγει όξινη βροχή και αποτελεί την κύρια αιτία της παγκόσμιας θέρμανσης. Πολλοί έχουν καταλάβει τα προβλήματα αυτά και έχουν δημιουργηθεί πολλοί οργανισμοί οι οποίοι προάγουν τις καθαρές πηγές ενέργειας, της αποδοτικής χρήσης και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών (ανεξάντλητες πηγές ενέργειας οι οποίες δεν βλάπτουν το περιβάλλον και προέρχονται κυρίως από τον ήλιο) ως πρακτική λύση στην οικονομία ενέργειας και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Η ηλιακή ενέργεια εμφανίζεται ως η πλέον γνωστή και χρήσιμη στη χώρα μας για την θέρμανση νερού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη θέρμανση ή κλιματισμό κτιρίων ή στην απευθείας παραγωγή ηλεκτρισμού.

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που μεταδίδεται στη γη από τον ήλιο. Έχει δημιουργήσει άμεσα ή έμμεσα όλα τα ενεργειακά αποθέματα στη γη, από την εποχή του σχηματισμού του πλανήτη. Η ανάλυση έχει δείξει, ότι οι περισσότερες μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σήμερα, προέρχονται από τον ήλιο, εκτός από την πυρηνική ενέργεια και τις παλίρροιας

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται επί χιλιάδες χρόνια για την αποξήρανση της τροφής, ως καύσιμο και για την εξαγωγή του αλατιού. Με το χρόνο αναπτύχθηκε η αρχιτεκτονική έτσι ώστε να εκμεταλλεύεται τον ήλιο για θέρμανση ή να τον αποφεύγει για ψύξη. Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν από τους πρώτους που ενσωμάτωσαν την ηλιακή ενέργεια στην αρχιτεκτονική. Ο Σωκράτης, είχε παρατηρήσει ότι τα σπίτια με νότια πρόσοψη, επέτρεπαν τη θέρμανση τους από τον ήλιο κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τους καλοκαιρινούς μήνες ο ήλιος βρισκόταν σχεδόν κατακόρυφα, οπότε έχτιζαν οροφές για να σκιάζουν το πάνω μέρος των κτιρίων. Οι κατασκευές αυτές, αποτελούνταν είτε από χοντρές πλίνθους είτε από πέτρες, για τη διατήρηση εσωτερικής δροσιάς το καλοκαίρι. Υπήρχαν και άλλες πολλές εφαρμογές ηλιακής ενέργειας και σε πολλές άλλες χώρες του κόσμου.

Αυτοί οι μέθοδοι εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιούνται και μέχρι τις μέρες μας στην αρχιτεκτονική και είναι γνωστή ως παθητικά συστήματα ηλιακής ενέργειας (σχήμα 1.4.α). Υπάρχουν και τα ενεργητικά συστήματα ηλιακής ενέργειας όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και τα φωτοβολταϊκά. Οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται για την θέρμανση νερού ή και άλλου υγρού και τα φωτοβολταϊκά για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στο (σχήμα 1.4.β) φαίνεται μια διάταξη φωτοβολταϊκών για ηλεκτροδότηση.

Για την εξοικονόμηση ενέργειας στον κλιματισμό χρησιμοποιούνται οι ήπιες μορφές ενέργειας και κυρίως η ηλιακή.

Γενικά η χρήση της ηλιακής ενέργειας για τον κλιματισμό κτιρίων είναι πιο προσιτός και εύκολος από τη θέρμανση γιατί οι ανάγκες κλιματισμού προκύπτουν σε περιόδους όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πιο έντονη και έτσι μπορούμε να εκμεταλλευτούμε καλύτερα τον ήλιο.



Σχήμα 1.4.α Παθητικά ηλιακό σπίτι και με ενεργητικά συστήματα
www.energy.state.or.us/renew/solar/Pictures.htm



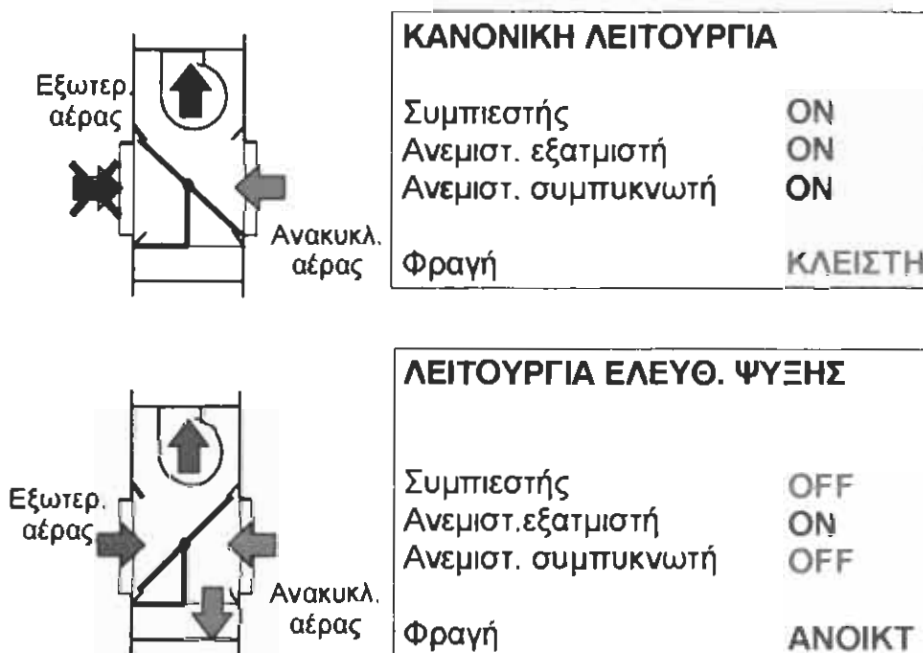
Σχήμα 1.4.β Φωτοβολταϊκό πάρκο ισχύος 171,6KW στη Κρήτη από τη Χ. Ρόκας ΑΒΕΕ
www.rokasgroup.gr/rokas_eng/solar_energy.htm

Μέθοδοι ψύξης και κλιματισμού με ηλιακή ενέργεια

- 1. Απορροφητική ψύξη και κλιματισμός.** Αυτή η μέθοδος δε χρησιμοποιεί ηλεκτροκίνητο συμπιεστή για να συμπιέζει μηχανικά το ψυκτικό μέσο. Αντί αυτού, η συσκευή απορρόφησης χρησιμοποιεί μια πηγή θερμότητας όπως έναν μεγάλο συλλέκτη για να εξατμίσει τον ήδη συμπιεσμένο ψυκτικό από ένα διάλυμα απορροφητικού-ψυκτικού. Αυτό γίνεται στη γεννήτρια. Για την άντληση του ψυκτικού χρειάζεται μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί επίσης να παραχθεί πάγος με μια ηλιακή απορροφητική συσκευή, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη ή και για κλιματισμό.
- 2. Προσροφητική ηλιακή ψύξη.** Η μέθοδος παραγωγής ηλιακής ψύξης με προσρόφηση σε στερεό χρησιμοποιεί το φαινόμενο της προσρόφησης των

ατμών του ψυκτικού μέσου πάνω στους πόρους κατάλληλα κατατμημένου στερεού με μεγάλη προσροφητικότητα. Τα στερεά που έχουν δοκιμαστεί και μετρηθεί είναι οι ζεόλιθοι και οι ενεργοί άνθρακες. Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με αυτή της απορρόφησης.

- 3. Εξατμιστικός κλιματισμός.** Είναι κοινό για ζεστά και ξηρά κλίματα. Καθώς ο ζεστός αέρας έξω περνάει από ένα λεπτό στρώμα νερού, παραδίδει την περισσότερη του θερμότητα μέσω του φαινομένου της εξάτμισης. Στα άμεσα συστήματα η εξατμιστική διαδικασία υγραποιεί τον αέρα. Στα έμμεσα συστήματα η εξατμιστική διαδικασία είναι απομονωμένη από την ροή του αέρα, και χρησιμοποιεί εναλλάκτη θερμότητας για να ψύξει τον αέρα. Είναι δυνατόν να σχεδιαστεί μια σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων για να παράγει κάποια ποσότητα ή και όλη την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία της μονάδας.
- 4. Ελεύθερη ψύξη (Free cooling).** Αυτή η μέθοδος μπορεί να επιτευχθεί από ένα συμβατικό κλιματιστικό, το οποίο όμως θα έχει τη δυνατότητα υποδοχής εξωτερικού αέρα για ριχθεί στον εσωτερικό χώρο και ένα τρόπο απομόνωσης (damper) του όταν λειτουργεί κανονικά ο συμπιεστής. Κατά τη λειτουργία αυτή ο συμπιεστής δεν λειτουργεί αλλά μόνο ο ανεμιστήρας και το μοτέρ του damper, με αποτέλεσμα μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας. Το damper είναι ένα περιστρεφόμενο τοίχωμα στην ουσία που κινείται έτσι ώστε όταν είναι επιθυμητό να αφήνει τον εξωτερικό αέρα να εισέρχεται μέσω του κλιματιστικού.
- Το σχήμα 5 δείχνει μια μονάδα άμεσης ελεύθερης ψύξης. Το σύστημα ελέγχου της μονάδας είναι συνδεδεμένο σε αισθητήρες θερμοκρασίας, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι αρκετά χαμηλή μη μπορώντας να διώξει το θερμικό φορτίο της αίθουσας, το σύστημα ελέγχου ανοίγει τη φραγή (damper) εισόδου εξωτερικού αέρα και σταματά τον συμπιεστή ψυκτικού.



Σχήμα 5. Μονάδα άμεσης ελεύθερης ψύξης

5. Αφηγραντική ψύξη. Χρησιμοποιεί ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια. Κάνει τον αέρα να μοιάζει πιο κρύο αφαιρώντας την περίσσεια υγρασία που έχει για Ο ζεστός υγρός εξωτερικός αέρας περνάει από έναν περιστρεφόμενο τροχό απορρόφησης νερού ο οποίος απορροφάει την περισσότερη υγρασία του αέρα. Αυτό θερμαίνει και ξηραίνει τον αέρα. Ο θερμός αέρας περνάει από έναν τροχό που περιστρέφεται και λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας που μεταφέρει τη θερμότητα έξω από το σύστημα. Την ίδια ώρα ο ξηρός αέρας περνάει από ένα εξατμιστικό κλιματιστικό μειώνοντας ακόμη περισσότερο την θερμοκρασία. Ο εξωθούμενος αέρας συνεχίζει μέσα από μια πρόσθετη πηγή θερμότητας (π.χ. έναν ηλιακό εναλλάκτη θερμότητας), ανεβάζοντας τη θερμοκρασία του στο σημείο όπου ο εξωθούμενος αέρας εξατμίζει το μίγμα που έχει συλλεγεί από τον τροχό αφύγρανσης. Η υγρασία εξωθείται προς τα έξω.

Ακόμη υπάρχουν και κάποια άλλα συστήματα παρόμοια με τα συμβατικά κλιματιστικά, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση του υγρού που έχει πολύ χαμηλό σημείο ατμοποίησης. Inverters (μετατροπείς ρεύματος και τάσης, χρησιμοποιούνται για την αλλαγή της χαμηλής τάσης DC που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά σε χαμηλή τάση AC που δίνει την ενέργεια στις περισσότερες αντλίες θερμότητας, κλιματιστικά και ψυγεία. Εκτός από τα παραπάνω έχουν γίνει πολλές προσπάθειες δημιουργίας κλιματιστικών φιλικά προς το περιβάλλον όπως και αυτή που φαίνεται στο σχήμα 1.6 το οποίο είναι μια Κλιματιστική συσκευή που χρησιμοποιεί αντί για ψυκτική ουσία, θαλασσινό νερό. Το συγκεκριμένο κλιματιστικό ψύχει τα εργαστήρια NELHA και άλλες εγκαταστάσεις του, καλύπτοντας ένα χώρο 7000 τετραγωνικών μέτρων.



Σχήμα 1.6. Κλιματιστική συσκευή που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό ως ψυκτικό μέσο
Από: NELHA Natural Energy Laboratory Of Hawaii Authority
www.nelha.org/about/resources.html

Η ανάγκη της εξοικονόμησης ενέργειας στον κλιματισμό γίνεται πιο φανερή αν αναλογιστεί κανείς τα τεράστια ποσά ενέργειας που ξοδεύονται για τον κλιματισμό ξενοδοχείων, εργοστασίων, γραφείων και περιβαλλόντων υψηλής τεχνολογίας όπως computer rooms και χώρους τηλεπικοινωνιών τα οποία απαιτούν συνήθως κλιματισμό όλο το εικοσιτετράωρο.

2 . ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

2.1. Έννοιες

Η έννοια του κλιματισμού καθορίζεται ως η επεξεργασία κάποιας μάζας αέρα. Επομένως για να καταλάβουμε τον κλιματισμό πρέπει να γνωρίζουμε τη σύνθεση και τις ιδιότητες του αέρα.

Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα Αζώτου, Οξυγόνου και μικρές ποσότητες άλλων αερίων. Πάντα στην ατμόσφαιρα ενυπάρχει μια ποσότητα υδρατμών που επιδρά σημαντικά στις διεργασίες που γενικά είναι γνωστές σαν “κλιματισμός”.

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι ο όρος “κλιματισμός” αναφέρεται σε όλες αυτές τις λειτουργίες που δημιουργούν και διατηρούν ορισμένες παραμέτρους μέσα σε προδιαγραμμένες ανοχές.

Οι ιδιότητες του αέρα είναι οι παρακάτω:

Θερμοκρασία ξηρού βολβού (DB):

Αναφέρεται στην θερμοκρασία δωματίου που μετριέται με ένα κοινό θερμόμετρο και αποτελεί έμμεσα και ένα μέτρο της αισθητής θερμότητας που περιέχεται στον αέρα, δηλαδή της θερμότητας που όταν προστίθεται ή αφαιρείται από τη μάζα ενός σώματος μεταβάλλει τη θερμική του κατάσταση.

Θερμοκρασία υγρού βολβού (WB):

Είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετράμε με ένα θερμόμετρο του οποίου ο βολβός καλύπτεται με βρεγμένο πανί και είναι εκτεθειμένος σε ρεύμα αέρα που κινείται γρήγορα. Όταν ο αέρας είναι κορεσμένος είναι κορεσμένος σε υδρατμούς, η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου συμπίπτει με τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Όταν ο αέρας έχει λιγότερους από το σημείο κορεσμού υδρατμούς η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου. Άρα η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου αποτελεί έμμεσα ένα μέτρο της λανθάνουσας θερμότητας που περιέχεται στον αέρα. Δηλαδή της θερμότητας που δαπανήθηκε για την ατμοποίηση της ποσότητας νερού που υπάρχει στον αέρα.

Σχετική υγρασία (RH):

Ο αέρας ενδέχεται να περιέχει ποσότητες υδρατμού που μπορεί να ποικίλλουν σε σχέση με την ατμόσφαιρα. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο περισσότερος υδρατμός μπορεί να κατακρατηθεί από τον αέρα χωρίς να δημιουργήσει ομίχλη ή υδροσταγονίδια. Η σχέση ανάμεσα στην ποσότητα υδρατμού που υπάρχει στον αέρα και στη μέγιστη ποσότητα υδρατμού που θα μπορούσε να κατακρατηθεί από τον αέρα σε δεδομένη θερμοκρασία ονομάζεται “σχετική υγρασία” και εκφράζεται με μια ποσοστιαία επί τοις εκατό σχέση. Εάν ο αέρας σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον θεωρείται ότι έχει σχετική υγρασία 50%, αυτό σημαίνει ότι ίση (με την περιεχόμενη) υγρασία ποσότητα υδρατμού μπορεί να προστεθεί σ’ αυτήν την αέριο μάζα πριν η τελευταία φθάσει στο σημείο κορεσμού.

Θερμοκρασία κορεσμού:

Όταν η θερμοκρασία του αέρα πέσει κάτω από την θερμοκρασία κορεσμού ενδέχεται να φθάσει σε ένα σημείο όπου ο αέρας δεν μπορεί να συγκρατήσει όλον τον εμπεριεχόμενο υδρατμό. Αν η θερμοκρασία πέσει και άλλο τότε επί της επιφανείας του ψυκτικού στοιχείου αρχίζουν να σχηματίζονται σταγόνες νερού (συμπύκνωση).

Ενθαλπία:

Αυτή είναι η συνολική εμπιερχόμενη θερμότητα του αέρα και είναι χρήσιμη στους υπολογισμούς για επεξεργασία του αέρα που περιλαμβάνει και θερμοκρασία και υγρασία.

Αισθητή θερμότητα:

Έτσι καλείται η θερμότητα που προκαλεί μια αλλαγή στην θερμοκρασία του αέρα, χωρίς να αλλάζει το περιεχόμενο του σε υγρασία, π.χ. η θερμότητα που παράγεται από μια ηλεκτρική θερμάστρα ή από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το όνομά της προέρχεται από το γεγονός ότι γίνεται εύκολα αντιληπτή.

Λανθάνουσα θερμότητα:

Αυτός ο τύπος θερμότητας δεν επηρεάζει την θερμοκρασία του αέρα αλλά βρίσκεται στον ίδιο τον αέρα, σε σχέση με τον περιεχόμενο στον αέρα υδρατμό. Είναι η θερμότητα που χρειάζεται για τη μεταβολή του νερού σε υδρατμό, χωρίς να μεταβληθεί η θερμοκρασία ή η πίεση. Είναι αποτέλεσμα της αναπνοής και εφίδρωσης των ανθρώπων, πηγών υδρατμού ή εξωτερικού αέρα υπό διαφορετικές συνθήκες στην αίθουσα.

Ολική θερμότητα: αυτή είναι το άθροισμα της αισθητής θερμότητας και της λανθάνουσας θερμότητας.

Για να καθορίσουμε τον τύπο του απαιτούμενου συστήματος, ο λόγος R μεταξύ της αισθητής θερμότητας και της ολικής θερμότητας πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ο λόγος αυτός εξαρτάται από τις πηγές υγρασίας στον κλιματιζόμενο χώρο: ένα περιβάλλον με μεγάλο πλήθος ανθρώπων και ως εκ τούτου υψηλό επίπεδο υγρασίας, π.χ. θέατρα και εστιατόρια, θα έχουν χαμηλή τιμή για το R , ας πούμε 0.6. Ένα κέντρο ηλεκτρονικών υπολογιστών, π.χ., με λίγους ανθρώπους και μικρές εισερχόμενες ποσότητες εξωτερικού αέρα, θα έχει τιμή του R κοντά στο 1 (0.9 – 0.95).

2.2. Επεξεργασία του αέρα

Αναλύοντας συνθήκες του αέρα

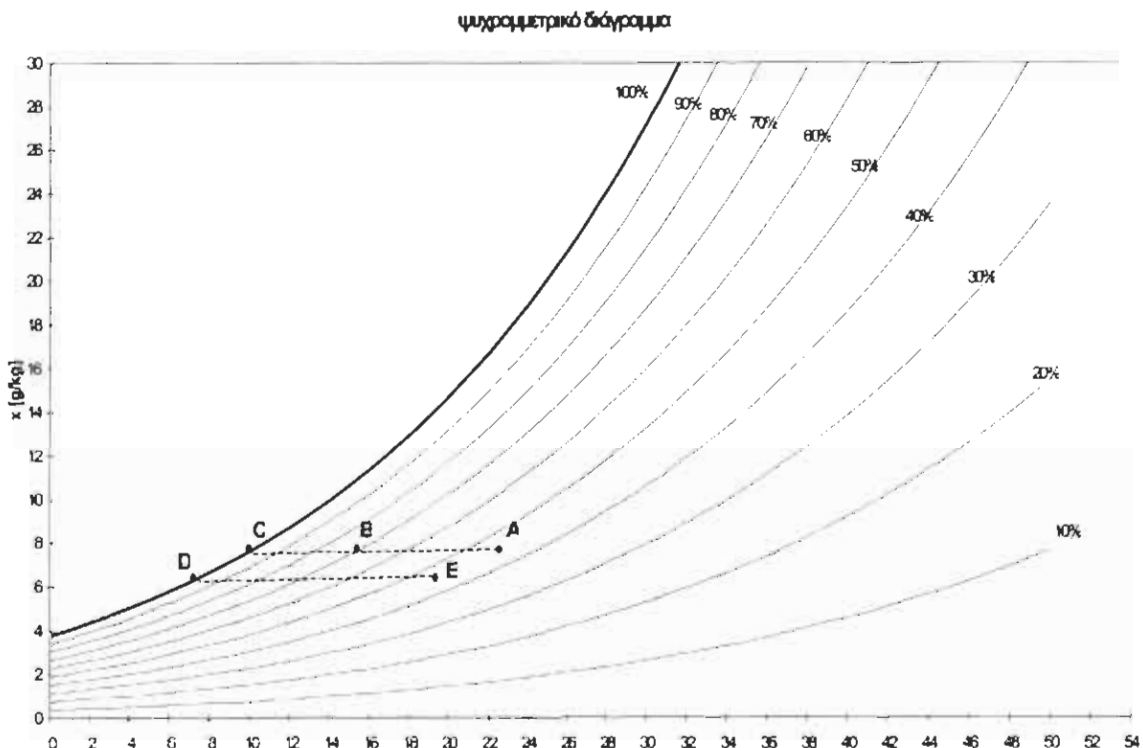
Προκειμένου να βρούμε τις αέριες συνθήκες σε ένα ιδιαίτερο χώρο χρησιμοποιούμε τον ψυχομετρικό χάρτη (πάρτημα Α σχήμα Α.1), πρέπει να γνωρίζουμε δύο από τις προαναφερθείσες παραμέτρους. Ο ψυχομετρικός χάρτης είναι ένα εργαλείο που απλοποιεί τις μετρήσεις των δεδομένων του αέρα ενώ εξοικονομεί χρόνο συντομεύοντας πολύπλοκους υπολογισμούς. Είναι βασικά μια γραφική παράσταση των θερμοδυναμικών στοιχείων ή των ιδιοτήτων του αέρα σε διάφορες συνθήκες. (θερμοκρασία, υγρασία, και το σημείο υγροποίησης, δρόσου). Ακολουθώντας τις δύο γραμμές και βρίσκοντας τη διατομή τους είναι δυνατόν να βρούμε με χρήση του διαγράμματος όλες τις άλλες παραμέτρους.

Οι προσφορότερες παράμετροι για να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση αυτή είναι η θερμοκρασία ξηρού βολβού και η θερμοκρασία υγρού βολβού που μετρώνται με μια συσκευή ονομαζόμενη ψυχρόμετρο. Οι ιδιότητες του αέρα σε κάθε περίπτωση μπορούν να καθοριστούν από το διάγραμμα στα σημεία όπου οι γραμμές από οποιεσδήποτε δύο γραμμές διασταυρώνονται.

Οι διάφορες μεταβολές των καταστάσεων του αέρα περιγράφονται παρακάτω.

Αισθητή ψύχρανση με αφύγρανση

Επιστρέψτε στο ψυχομετρικό διάγραμμα 2.1. : ο αέρας που βρίσκεται στο σημείο **A** έχει θερμοκρασία 22°C και σχετική υγρασία 45%. Αν ο αέρας αυτός ψυχραθεί μέχρι το σημείο **B**, τότε θα έχει θερμοκρασία 15°C και σχετική υγρασία 70%. Ωστόσο, η ολική περιεκτικότητα υδρατμών, ή μάλλον, η απόλυτος υγρασία (του αέρα) δεν θα αλλάξει παραμένοντας στα 7.5g/Kg. Η επεξεργασία αυτή ονομάζεται **αισθητή ψύχρανση**. Αν ο αέρας συνεχίσει να ψυχραίνεται, κατεβαίνοντας από το σημείο **B** στο σημείο **C**, διασταυρωνόμαστε με την καμπύλη **σημείων κορεσμού**, και αυτό αντιπροσωπεύει σχετική υγρασία 100%.



Σχήμα 2.1. Ψυχομετρικό διάγραμμα

Η συνέχιση της ψύχρανσης του αέρα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της περιεχόμενης απόλυτης ποσότητας υγρασίας και το σχηματισμό συμπύκνωσης με την αύξηση της ψύξης. Ένα μέρος της αφαιρούμενης θερμότητας χρησιμοποιείται για να μειώσει την θερμοκρασία του αέρα (αισθητή θερμότητα) και ένα μέρος χρησιμοποιείται για να συμπυκνώσει τον υδρατμό που περισσεύει από τη φυσική ικανότητα του αέρα να κατακρατεί υδρατμό (λανθάνουσα θερμότητα). Στο σημείο **D** ο αέρας έχει θερμοκρασία 7°C και σχετική υγρασία 100%. Το περιεχόμενο του σε υγρασία έχει πέσει από 7.5g/Kg στα 6.1g/Kg. Η επεξεργασία αυτή ονομάζεται **ψύχρανση με αφύγρανση**.

Θέρμανση και επαναθέρμανση

Αν η προηγούμενη λειτουργία αναστραφεί και η θερμοκρασία αλλάξει από το σημείο **C** στο σημείο **B** με εισαγωγή θερμότητας, τότε ο αέρας **θερμαίνεται**. Εάν η θερμοκρασία αλλάξει από το σημείο **D** στο σημείο **E** τότε είναι σωστότερο να μιλάμε για **επαναθέρμανση** αφού γίνεται αναφορά με θέρμανση μετά την αφύγρανση. Πρέπει να σημειωθεί ότι η θέρμανση του αέρα συνεπάγεται μόνο μια μεταφορά αισθητής θερμότητας. Η θέρμανση του αέρα δεν συνεπάγεται αλλαγή της απόλυτης του υγρασίας παρά μόνο της ικανότητάς του να κατακρατεί υδρατμούς, δηλαδή της σχετικής του υγρασίας. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι προκειμένου να μειωθεί η σχετική υγρασία του αέρα διατηρώντας ταυτόχρονα την ίδια θερμοκρασία είναι αναγκαίο να υπάρχει μια φάση ψύξεως με αφύγρανση ακολουθούμενη από μια μεταθερμαντική φάση.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ Οι διαδικασίες ψύξεως και αφύγρανσης που απεικονίζονται στα δύο ψυχομετρικά διαγράμματα περιέχουν μια προσέγγιση: ο αέρας οδηγείται στην καμπύλη κορεσμού και την ακολουθεί κατά την αφύγρανση. Στην πραγματικότητα, κατά την ψύξη, δεν γίνεται επεξεργασία του συνόλου του αέρα στην ίδια έκταση και δεν φθάνει όλος στην ίδια θερμοκρασία. Για λόγους απλούστευσης, φαντασθείτε ότι ένα μέρος του αέρα φθάνει στις συνθήκες της ψυκτικής πλάκας και ένα μέρος διασχίζει τη συστοιχία. Κατά την κάθοδο από την συστοιχία ο αέρας αποτελείται από ένα μείγμα αέρα που ψύχθηκε και αέρα που δεν ψύχθηκε. Το προκύπτον μείγμα θα έχει επομένως μια τιμή σχετικής υγρασίας μικρότερη από 100% - σημείο κορεσμού – και μια θερμοκρασία υψηλότερη από εκείνη που – θεωρητικά – αντιστοιχεί στο σημείο κορεσμού.

2.3. Μερικές βασικές αρχές του κλιματισμού

Αρχές κοινές για όλα τα συστήματα κλιματισμού.

Το κρύο δεν φτιάχνεται

Είναι λάθος να λέμε ότι παράγουμε κρύο. Όταν ένας χώρος ή ένα σώμα ψύχεται, ένα μέρος της εμπιερχόμενης θερμότητας μεταφέρεται από εκείνο το σώμα ή το χώρο σε ένα διαφορετικό περιβάλλον, ένα άλλο σώμα, ή σε ένα ενδιάμεσο υγρό. Το υγρό αυτό μπορεί να ονομάζεται μέσο μεταφοράς θερμότητας και ο ρόλος του είναι να μεταφέρει τη θερμότητα σε άλλο μέρος.

Σύμφωνα, με τους νόμους της Φυσικής, η θερμότητα φυσικά μεταφέρεται από θερμότερα στοιχεία σε ψυχρότερα στοιχεία που βρίσκονται σε επαφή. Το φαινόμενο μοιάζει με εκείνο του νερού που πέφτει από ένα υψηλότερα τοποθετημένο δοχείο σε ένα χαμηλότερο αν υπάρχει διασύνδεση ανάμεσα στα δοχεία.

Η μεταφορά νερού από χαμηλότερο δοχείο σε υψηλότερο δεν γίνεται με φυσικό τρόπο αλλά μόνο με τη βοήθεια κάποιου μηχανισμού όπως μια αντλία. Η ίδια αρχή βρίσκει εφαρμογή στην μεταφορά θερμότητας ανάμεσα σε στοιχεία διαφορετικής θερμοκρασίας. Αν η μεταφορά θερμότητας γίνεται από θερμότερο περιβάλλον σε ψυχρότερο δεν αντιμετωπίζονται προβλήματα αφού η θερμότητα μεταφέρεται αυτόματα από το θερμότερο στο ψυχρότερο αντικείμενο. Είναι λογικό ότι η ποσότητα της εκπεμπόμενης θερμότητας θα εξαρτηθεί από την διαφορά θερμοκρασίας και το είδος επαφής ανάμεσα στα δύο περιβάλλοντα.

Αν, εξάλλου, θέλαμε να πάρουμε θερμότητα από ένα χώρο ευρισκόμενο στους 24°C (π.χ. ένα περιβάλλον υψηλής τεχνολογίας) και να τη διοχετεύσουμε στον εξωτερικό αέρα θερμοκρασίας την ίδια στιγμή 30°C, θα έπρεπε να

χρησιμοποιήσουμε ένα σύστημα που θα υπερπηδούσε αυτό το θερμοκρασιακό "σκαλοπάτι". Μια "θερμική αντλία" είναι αναγκαία που μπορεί να "αντλήσει" θερμότητα από χαμηλότερη θερμοκρασία σε υψηλότερη.

Ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα, αν δηλαδή θέλουμε ψύξη του περιβάλλοντος σε χαμηλότερη θερμοκρασία ή θέρμανση αυτού σε υψηλότερη, το σύστημα είτε ψύχοντας ή θερμαίνοντας εργάζεται σε έναν ψυκτικό κύκλο. Για να "αντλήσουμε" θερμότητα από στοιχεία συγκεκριμένης θερμοκρασίας σε στοιχεία υψηλότερης θερμοκρασίας, χρησιμοποιούμε κανονικά ψυκτικές μονάδες συμπίεσης αερίου που παράγουν έναν θερμικό κύκλο με φάσεις συμπίεσης, συμπύκνωσης και εξάτμισης με χρήση ενός ψυκτικού υγρού που λειτουργεί σαν μέσο μεταφοράς θερμότητας.

2.4 Ψυκτικός κύκλος

Σαν ψυκτικός κύκλος αναφέρεται ο κύκλος (οι διάφορες αλλαγές) που κάνει το ψυκτικό μέσο που βρίσκεται μέσα στο μηχάνημα που προκαλεί την ψύξη ή την θέρμανση του αέρα του χώρου.

Τα βασικά μέρη ενός ψυκτικού κύκλου είναι το ψυκτικό στοιχείο ή ο εξατμιστής, ο συμπιεστής, ο συμπυκνωτής (θερμαντικό στοιχείο) και η εκτονωτική βαλβίδα (σχ.2.2)

Απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία του συμπιεστή που κυκλοφορεί ένα ψυκτικό ατμό σε έναν αερόψυκτο ή υδρόψυκτο συμπυκνωτή, απ' όπου το υγρό περνάει από εκτονωτική βαλβίδα στον εξατμιστή. Η εξάτμιση του ψυκτικού έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση θερμότητας από το νερό στον ψύκτη. Το νερό μετά χρησιμοποιείται για να ψύξει τον αέρα μέσα στο κτίριο. Ο κύκλος ολοκληρώνεται με ατμό να επιστρέφει στον συμπιεστή. Έτσι θερμότητα αφαιρείται από μια πηγή υψηλής θερμότητας και διανέμεται στην ατμόσφαιρα. Το έργο στον συμπιεστή παρέχεται από έναν κινητήρα.

-Μεταβολή 1 –2

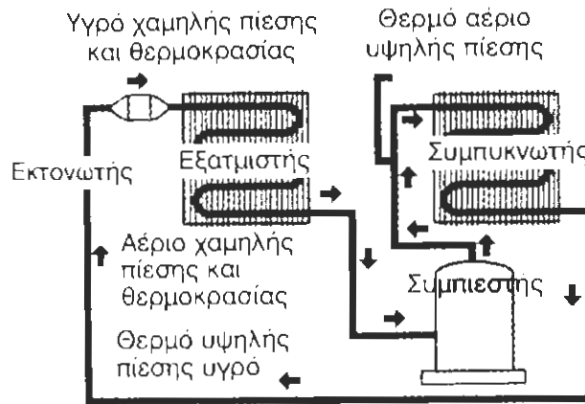
Ο συμπιεσμένος και υπέρθερμος ατμός εισέρχεται στον συμπυκνωτή, ψύχεται μέχρι την κατάσταση κορεσμού και αποδίδει θερμότητα. Η πίεση παραμένει σταθερή, ενώ έχουμε μικρή πτώση της θερμοκρασίας του ατμού.

-Μεταβολή 2 –3

Ο κορεσμένος ατμός που βρίσκεται μέσα στον συμπυκνωτή, αρχίζει να υγροποιείται υπό σταθερή πίεση, ενώ συγχρόνως αποδίδει τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας.

-Μεταβολή 3 –4

Το υγροποιημένο ρευστό εγκαταλείπει τον συμπυκνωτή, περνάει από την εκτονωτική βαλβίδα και ελατώνεται η πίεσή του. Η μεταβολή αυτή είναι ισενθαλπική, μη αντιστρεπτή και συνοδεύεται από μεγάλη πτώση της θερμοκρασίας.



Σχήμα 2.2. Κατασκευαστική αρχή του κύκλου συμπίεσης ατμών

-Μεταβολή 4 –5

Το υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή, παίρνει θερμότητα από την ψυχρή πηγή και ατμοποιείται με σταθερή πίεση και θερμοκρασία. Η αύξηση της ενθαλπίας είναι ισοβαρής.

-Μεταβολή 5 –1

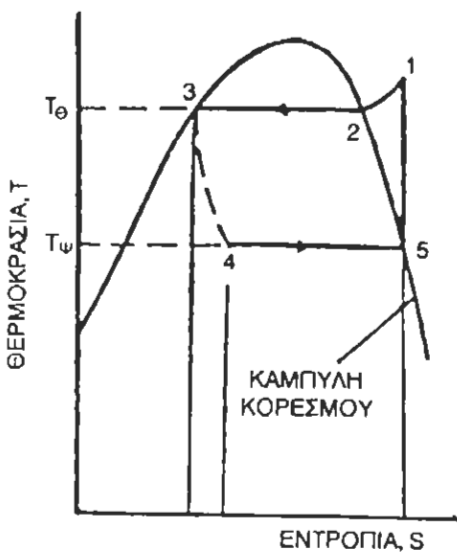
Ο ατμός, που βρίσκεται σε κατάσταση κορεσμού, εισέρχεται στον συμπιεστή. Με την συμπίεση, η οποία θεωρητικά είναι ισεντροπική, ενώ στην πράξη περίπου ισεντροπική και αρκετά αδιαβατική, λόγω ταχύτητας, ανεβαίνει η θερμοκρασία, η ενθαλπία και η πίεση του ατμού.

Μια γραφική παράσταση του ψυκτικού κύκλου μπορεί να αποτυπωθεί στο διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας (σχήμα 2.3.β). Ένα τέτοιο διάγραμμα διατίθεται για όλα τα ψυκτικά μέσα και χρησιμεύει στη χάραξη ενός πλήρους ψυκτικού κύκλου (παράρτημα Α Σχήματα Α.2 έως Α4) Στο διάγραμμα αυτό η πίεση αναγράφεται στην αριστερή στήλη και η ενθαλπία ή η ολική θερμότητα αναγράφεται στο κάτω μέρος του διαγράμματος. Η πεταλοειδής καμπύλη που φαίνεται είναι η καμπύλη κορεσμού, όπου η θερμοκρασία αντιστοιχεί στην απόλυτη πίεση. Οποιοδήποτε σημείο πέφτει πάνω σ' αυτήν, τότε το ψυκτικό μέσο είναι κεκορεσμένο με θερμότητα. Υπάρχουν δύο καμπύλες κορεσμού. Η μία, στ' αριστερά, είναι η καμπύλη του κεκορεσμένου υγρού. Εκεί που εφάπτονται, στην κορυφή, είναι το κρίσιμο σημείο θερμοκρασίας ή πίεσης. Εάν προστεθεί θερμότητα, το ψυκτικό μέσο θ' αρχίσει ν' αλλάζει κατάσταση και να μετατρέπεται σε ατμό.

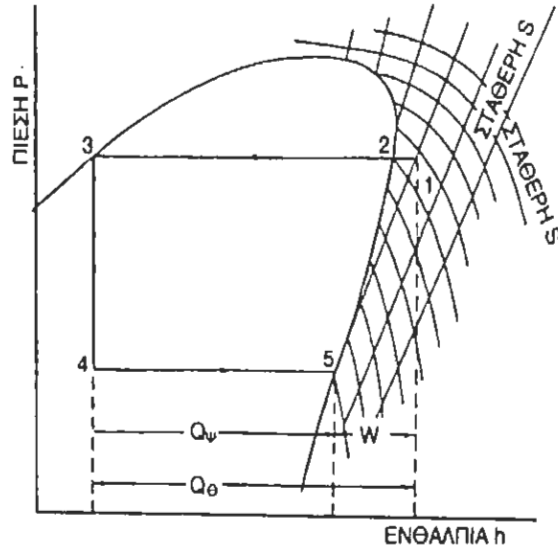
Εάν αφαιρεθεί θερμότητα, το υγρό θα γίνει υπόψυκτο. Εάν στην καμπύλη κορεσμένου ατμού προστεθεί θερμότητα, τότε ο ατμός θα γίνει υπέρθερμος. Εάν αφαιρεθεί θερμότητα, τότε ο ατμός θα αρχίσει να μετατρέπεται σε υγρό. Πάνω από το κρίσιμο σημείο, το ψυκτικό μέσο δε θα συμπυκνωθεί αλλά θα παραμείνει ατμός ανεξάρτητα με το ποσό της πίεσης που εφαρμόζεται. Οποιοδήποτε σημείο πέσει ανάμεσα στις δύο καμπύλες κορεσμού, σ' αυτό το σημείο υπάρχει συνύπαρξη υγρού και ατμού. Οι κεκλιμένες γραμμές μεταξύ των γραμμών του κορεσμένου υγρού και κορεσμένου ατμού είναι οι γραμμές σταθερής ποιότητας και περιγράφουν το ποσοστό του υγρού που μετατράπηκε σε ατμό, στο μίγμα

μεταξύ των σημείων κορεσμού. Εάν το σημείο είναι πιο κοντά στην καμπύλη κορεσμένου ατμού τότε υπάρχει περισσότερος ατμός απ' ότι υγρό.

Οι θερμοδυναμικές μεταβολές σε διάγραμμα εντροπίας και ενθαλπίας φαίνονται στα σχήματα 2.3α και 2.3β.



2.3α



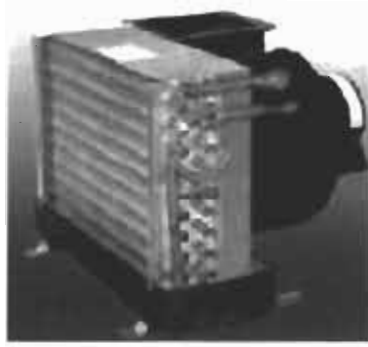
2.3β

Σχήμα 2.3α, 2.3β. Εντροπικό διάγραμμα του κύκλου συμπίεσης ατμών και διάγραμμα ενθαλπίας

2.5 Αποτελούμενα μέρη κλιματιστικής συσκευής

Το ψυκτικό στοιχείο (εξατμιστής)

Το ψυκτικό στοιχείο είναι το μοναδικό εξάρτημα που είναι κοινό και στον κύκλο του αέρα αλλά και στον ψυκτικό κύκλο. Ο κύριος σκοπός αυτού του στοιχείου είναι να παρέχει μια επιφάνεια πάνω στην οποία θα περνά για να ψύχεται ο αέρας του δωματίου. Συγχρόνως το ψυκτικό στοιχείο είναι το εξάρτημα μέσα από το οποίο ρέει το ψυκτικό υγρό. Ο συνδυασμός της ροής του ζεστού αέρα πάνω στην επιφάνεια του εξατμιστή έχει σαν αποτέλεσμα την απορρόφηση της θερμότητας του αέρα από το ψυκτικό υγρό δια μέσου της επιφάνειάς του εξατμιστή. Έτσι προκαλείται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα και μικρή αύξηση της θερμοκρασίας (βρασμός) του ψυκτικού μέσου που μετατρέπεται σε ατμό. Πρακτικά η θερμοκρασία του ψυκτικού δεν αλλάζει, και η θερμότητα που απορροφάται από τον αέρα χρειάζεται για να εξατμίσει το υγρό στην ίδια θερμοκρασία. Σ' αυτή τη φάση το ψυκτικό υγρό θερμαίνεται.



Σχήμα 2.4. Εξατμιστής TECHNICALD
www.richbeersmarine.com/directexp.htm

Παρέχοντας μια κρύα επιφάνεια (εξατμιστής) στον αέρα, το ψυκτικό στοιχείο λειτουργεί ως μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται από τον αέρα στην ψυχρή επιφάνεια του στοιχείου και μετά στο ψυκτικό υγρό μέσα στο στοιχείο. Η θερμότητα τελικά μεταφέρεται από τον αέρα στο ψυκτικό υγρό δια μέσου της επιφάνειας του εξατμιστή.

Ο συμπιεστής

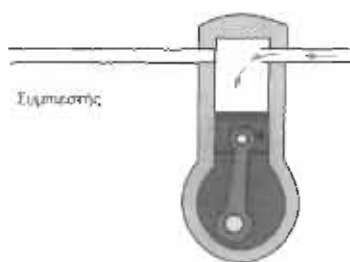
Ο συμπιεστής εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Αρχικά αναρροφά το ψυκτικό υγρό από το ψυκτικό στοιχείο και το καταθλίβει στο συμπυκνωτή. Δεύτερο ο συμπιεστής συμπέζει τον ψυκτικό ατμό αυξάνοντας την πίεση και τη θερμοκρασία του.

Αναρρόφηση. ο συμπιεστής κάνοντας αναρρόφηση του ψυκτικού υγρού από το ψυκτικό στοιχείο (σχ.2.6) ελαττώνει την πίεση μέσα στο ψυκτικό στοιχείο. Ο συμπιεστής κρατά την πίεση σε ένα χαμηλό επίπεδο επιτρέποντας στο ψυκτικό υγρό να βράσει και να εξατμιστεί απορροφώντας θερμότητα.

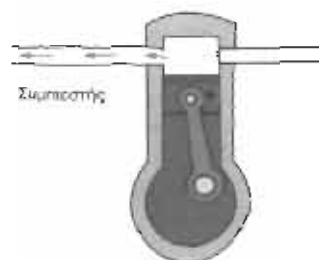
Όπως αναφέρεται σε πολλούς πίνακες, τα ψυκτικά υγρά βράζουν σε μια αρκετά χαμηλή θερμοκρασία όταν η πίεση τους είναι χαμηλή.



Σχήμα 2.5 Συμπιεστής Copeland
www.rheemac.com/scrollinside/



Σχήμα 2.6α Αναρρόφηση ψυκτικού ατμού



Σχήμα 2.6β Κατάθλιψη ψυκτικού ατμού

Κατάθλιψη: Στη συνέχεια ο συμπιεστής καταθλίβει το ψυκτικό μέσο (υπό μορφή αερίου πάντα) στο συμπυκνωτή. Κατά τη διαδικασία της κατάθλιψης (σχ. 2.6.β) ο συμπιεστής αυξάνει την πίεση και τη θερμοκρασία του ψυκτικού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο συμπυκνωτής να κάνει πιο εύκολα τη δουλειά του.

Ο συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής κάνει δύο βασικές λειτουργίες:

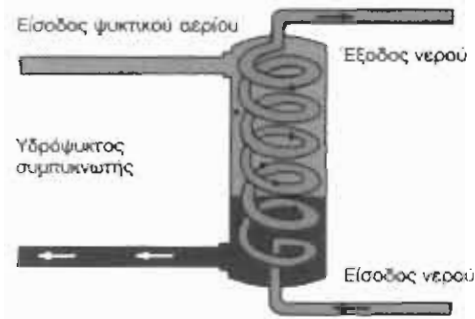
- Αποβάλλει τη θερμότητα που συλλέγει το ψυκτικό υγρό στο ψυκτικό στοιχείο (εξατμιστή).
- Συμπυκνώνει τον ψυκτικό ατμό σε υγρό.
Η αποβολή της θερμότητας και η συμπύκνωση μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους.

Ψύξη του συμπυκνωτή με νερό. Εάν χρησιμοποιείται νερό για τη αποβολή της θερμότητας (σχ. 2.7α) το ψυκτικό αέριο περνά μέσω ενός εναλλάκτη που είναι βυθισμένος σ' ένα δοχείο γεμάτο νερό. Το νερό του δοχείου βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από του ψυχμένου αερίου. Η θερμότητα από το ψυκτικό μεταφέρεται στο νερό μέσω των τοιχωμάτων του εναλλάκτη. Το θερμό νερό κατόπιν μεταφέρεται στην αποχέτευση μέσω των σωληνώσεων ή στον πύργο ψύξεως για να ψυχθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.

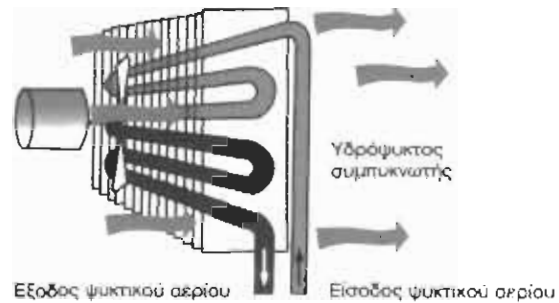
Ψύξη του συμπυκνωτή με αέρα. Εάν χρησιμοποιείται αέρας για την αποβολή της θερμότητας (σχ.2.7β), το ψυχόμενο αέριο περνά μέσω ενός αερόψυκτου εναλλάκτη. Ο αέρας που ρέει πάνω από τον εναλλάκτη είναι ψυχρότερος από το ψυκτικό αέριο. Έτσι το ψυκτικό αέριο χάνει τη θερμότητα του που περνά προς τον αέρα μέσω των τοιχωμάτων του στοιχείου. Ο αέρας κατόπιν ρέει στο περιβάλλον και η θερμότητα διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.

Κατά τη συμπύκνωση ο αέρας (ή το νερό) παίρνει τη θερμότητα από το ψυκτικό αέριο. Κατά την εξάτμιση του ψυκτικού υγρού αυτό παίρνει τη θερμότητα από τον αέρα του δωματίου. Και στις δύο περιπτώσεις, ένας εναλλάκτης θερμότητας, ο συμπυκνωτής ή ο εξατμιστής αντίστοιχα, είναι το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.

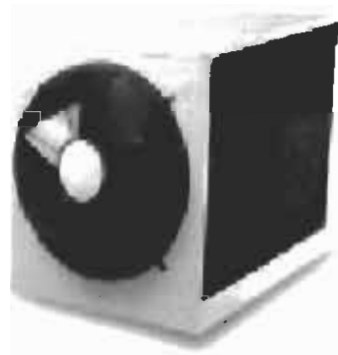
Ανακεφαλιώνοντας το ψυκτικό εισέρχεται στο συμπυκνωτή σαν θερμό αέριο και τον εγκαταλείπει σαν θερμό υγρό. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συμπυκνωτής αφαιρεί αρκετή θερμότητα από το ψυκτικό ώστε να το μετατρέψει από αέριο σε υγρό.



Σχήμα 2.7α. Εναλλάκτης νερού (υδρόψυκτος συμπυκνωτής)



Σχήμα 2.7β. Αερόψυκτος συμπυκνωτής

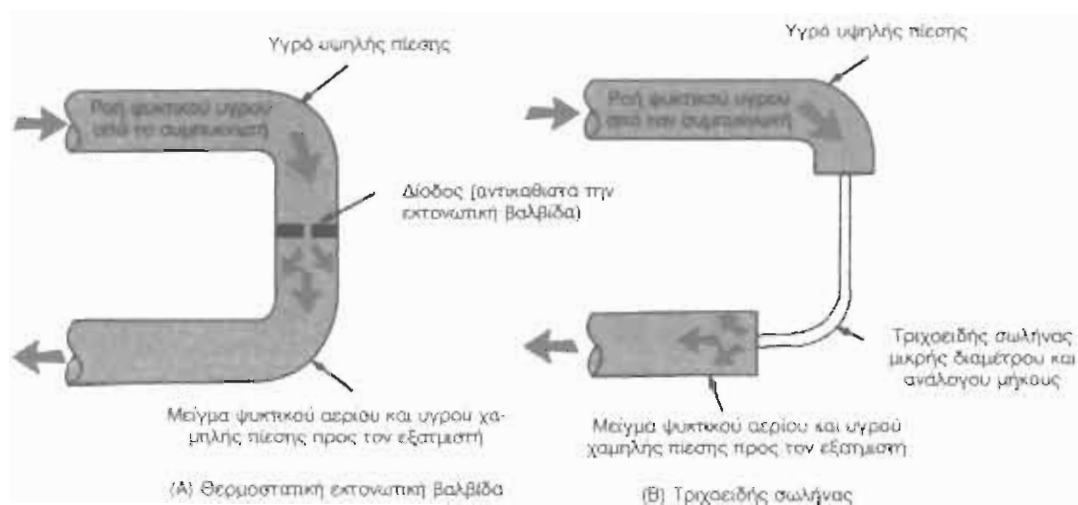


Σχήμα 2.8 Συμπυκνωτής
www.heatpipe.com/.../forengineers/NewProducts.htm

Η εκτονωτική βαλβίδα

Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα μειώνει την πίεση του ψυκτικού υγρού με αποτέλεσμα να μειώνεται και η θερμοκρασία του. Το ψυκτικό εισέρχεται στη βαλβίδα υπό υψηλή πίεση. Καθώς το ψυκτικό περνά μέσω της έδρας της βαλβίδας εκτονώνεται πέφτει η πίεση και η θερμοκρασία του και με χαμηλή πίεση πλέον εισέρχεται στο ψυκτικό στοιχείο που βρίσκεται στην περιοχή της χαμηλής πίεσης στο ψυκτικό κύκλωμα. Η είσοδος της βαλβίδας δρα ως ρυθμιστικός μηχανισμός ανάμεσα στην περιοχή υψηλής πίεσης (το συμπυκνωτή) και της χαμηλής (το ψυκτικό στοιχείο-εξατμιστής), (Σχήμα 2.9)

Επειδή το σημείο βρασμού ενός υγρού ελαττώνεται όταν η πίεση του υγρού ελαττωθεί, το ψυκτικό υγρό αρχίζει να εξατμίζεται καθώς περνά μέσω της έδρας της βαλβίδας στην περιοχή χαμηλής πίεσης.



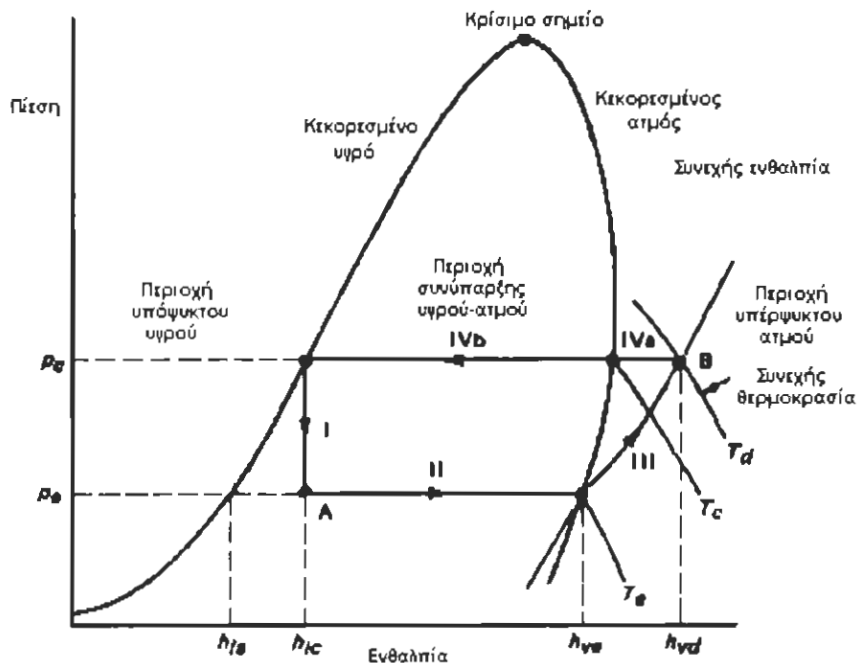
Σχήμα 2.9. Μέθοδοι περιορισμού της ροής του ψυκτικού, (εκτονωτικής)



Σχήμα 2.10 Εκτονωτικές βαλβίδες DANFUSS
www.danfoss.com/journal/prev_articles/98-2-ag.htm

2.6. Συντελεστής συμπεριφοράς ψυκτικού κύκλου

Στο διάγραμμα του σχήματος 2.11 φαίνεται η αρχή λειτουργίας του κύκλου συμπύεσης ατμού σε διάγραμμα P-h (Mollier) το οποίο είναι χαρακτηριστικό για κάθε ψυκτική ουσία. Κάποια τέτοια διαγράμματα βλέπουμε στο παράρτημα Α σχήμα τα Α.2 έως Α.5.



Σχήμα 2.11. Απλός κύκλος ψύξης σε διάγραμμα πίεσης-ενθαλπίας

Διαδικασία 1: Το ψυκτικό μέσο εισέρχεται στον εκτονωτικό μηχανισμό στην πίεση συμπυκνώσεως p_c ως κεκορεσμένο υγρό και τον εγκαταλείπει στο σημείο 4, έχοντας ελαττώσει την θερμοκρασία και την πίεση του στην πίεση του εξατμιστή p_e του, αλλά με τον περιεχόμενο της θερμότητας του να έχει παραμείνει ίδια.

Σε αυτή τη διαδικασία λίγος ατμός παράγεται και η κατάσταση του μίγματος του ατμού και του υγρού ψυκτικού που εισέρχεται στον εξατμιστή δείχνεται στο σημείο Α.

Αφού η διαδικασία εκτόνωσης είναι ισενθαλπική (συνεχής ενθαλπία)

ισχύει η παρακάτω σχέση για την ενθαλπία του μίγματος που εισέρχεται στην εξάτμιση:

$$h_{vg}f + h_{lg}(1-f) = h_{lc} \quad (2.1)$$

$$f = (h_{lc} - h_{lg}) / (h_{vg} - h_{lg}) \quad (2.2)$$

h_{vg} = ενθαλπία ατμού στο p_e

h_{lg} = ενθαλπία υγρού στο p_e

h_{lc} = ενθαλπία υγρού στο p_c

f = η ποσότητα της μάζας του υγρού που εξατμίστηκε

Οι παραπάνω ενθαλπίες βρίσκονται από το διάγραμμα Mollier

Διαδικασία 2: Στο σημείο A το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή, του προστίθεται θερμότητα και μετατρέπεται σε ατμό. Όλο το υγρό μετατρέπεται σε ατμό όταν φτάσει στην καμπύλη κεκορεσμένου ατμού

Αυτή είναι μια διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας θερμότητα αφαιρείται από τον ψυχόμενο χώρο.

Η ψυκτική ισχύς q_ψ είναι:

$$q_\psi = m_a (h_{eia} - h_{εξ}) \text{ kJ/sec (W)} \quad (2.3)$$

Όπου:

m_a = παροχή μάζας του εξερχόμενου αέρα = παροχή αέρα / ειδικό όγκο αέρα ο οποίος βρίσκεται από τον ψυχομετρικό χάρτη.

h_{eia} = ενθαλπία εισόδου του αέρα από ψυχομετρικό χάρτη

$h_{εξ}$ = ενθαλπία εξόδου του αέρα από ψυχομετρικό χάρτη

Η τιμή της παροχής του απαιτούμενου ψυκτικού ρευστού m_ψ kg/sec είναι:

$$m_\psi = q_{refrig} / (h_{ve} - h_{lc}) \text{ kW/kJ}\cdot\text{kg} \quad (2.4)$$

Διαδικασία 3: Αναπαριστά τη συμπίεση του ψυκτικού από p_e σε p_c . Η διαδικασία αυτή απαιτεί εισερχόμενο έργο από μια εξωτερική πηγή. Αν ο θερμός ατμός που φεύγει από τον συμπιεστή είναι στην κατάσταση που δείχνει το σημείο B, τότε το έργο της συμπίεσης είναι:

$$W_c = m_\psi (h_{vd} - h_{ve}) \quad (2.5)$$

Όταν το θερμό αέριο εγκαταλείπει τον συμπιεστή, περιέχει το μέγιστο ποσό θερμότητας το οποίο πρέπει ν' απορριφθεί από τον συμπυκνωτή.

Διαδικασία 4: δείχνει την συμπύκνωση του ψυκτικού ατμού. Αισθητή θερμότητα αφαιρείται κατά τη διαδικασία 4α καθώς ο ατμός ψύχεται σε συνεχή πίεση από T_d σε T_c και λανθάνουσα θερμότητα αφαιρείται έως την θερμοκρασία συμπύκνωσης T_c . Αφαιρέθηκε έτσι η υπερθέρμανση. Η μεταβολή της θερμότητας στον συμπυκνωτή είναι:

$$q_c = m_\psi (h_{vd} - h_{lc}) \quad (2.6)$$

Αυτή η θερμότητα πρέπει να δοθεί στο περιβάλλον είτε για να ψύξει νερό, ή στην ατμόσφαιρα αν δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό. Η συνολική συμπεριφορά ενός ψυκτικού μηχανήματος συνήθως εκφράζεται από την μεταφορά της θερμότητας από τον εξατμιστή q_ψ προς το έργο που παρέχεται στον συμπιεστή ανά kg ψυκτικού. Η αναλογία αυτή ονομάζεται συντελεστής συμπεριφοράς και δίνεται από τον τύπο:

$$\text{COP} = (h_{ve} - h_{lc}) / (h_{vd} - h_{ve}) = q_r / W_c \quad (2.7)$$

Παράδειγμα 2.1

Υπολογίστε την ψυκτική ισχύς (kW) και την απαιτούμενη παροχή ψυκτικού μέσου για την επίτευξη αυτής της ψυκτικής ισχύος για μονάδα κλιματισμού που λειτουργεί με Ψυκτικό ρευστό R-22

Έχοντας θέσει σε λειτουργία τη μονάδα μετράμε με ένα ψυχρόμετρο τις θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού στην είσοδο και την έξοδο του εξατμιστή. Επίσης μετράμε την υψηλή και χαμηλή πίεση στον συμπιεστή με βαρόμετρο και την παροχή του αέρα με παροχόμετρο και έχουμε:

Παροχή αέρα:	7,1 m ³ /min
Θερμοκρασία αέρα εισόδου	27°C DB / 21°C WB
Θερμοκρασία αέρα εξόδου	17°C DB / 14°C WB
Πιέσεις συμπιεστή	P _χ = 0,95 bar / P _ψ = 6,4 bar

Για κάθε κατάσταση του αέρα εισόδου και εξόδου στον εξατμιστή βρίσκουμε από τον ψυχομετρικό χάρτη τα παρακάτω στοιχεία:

α) ενθαλπία εισόδου αέρα: $h_{εισ}$

β) ενθαλπία εξόδου αέρα: $h_{εξ}$

γ) ειδικό όγκο του αέρα στην έξοδο του εξατμιστή: v

έχουμε:

$$h_{εισ} = 62 \text{ kJ/kg ξ.α}$$

$$h_{εξ} = 40 \text{ kJ/kg ξ.α}$$

$$v = 0,835 \text{ m}^3/\text{kg ξ.α}$$

Από τη σχέση 2.3 έχουμε:

$$q_{\psi} = m_a (h_{εισ} - h_{εξ}) = 7,1/0,835 (62 - 40) = 186,56 \text{ kJ/min ή } 3,1 \text{ kW}$$

Από το διάγραμμα Mollier για το R-22 που βλέπουμε στο τέλος του κεφαλαίου βρίσκουμε τις ενθαλπίες εισόδου και εξόδου του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή:

$$h_{lc} = 210 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{ve} = 387 \text{ kJ/kg}$$

Από τη σχέση 2.4 έχουμε:

$$m_{\psi} = q_{refrig} / (h_{ve} - h_{lc}) = 3,1/(387-210) = 0,017 \text{ kg/sec}$$

Το ειδικό έργο συμπίεσης που απαιτείται είναι

$$W_c = m_{\psi} (h_{vd} - h_{ve}) = 0,017 (433-387) = 0,782 \text{ kJ/sec}$$

Τέλος από τη σχέση 2.7 έχουμε και τον συντελεστή συμπεριφοράς του ψυκτικού συστήματος:

$$\text{COP} = (h_{ve} - h_{lc}) / (h_{vd} - h_{ve}) = q_r / W_c = 3,1 / 0,782 = 3,96$$

Ο παραπάνω κύκλος έχει ιδανικοποιηθεί. Πρακτικά, το υγρό που φτάνει στην εκτονωτική βαλβίδα είναι κάτι βαθμούς κάτω από την θερμοκρασία συμπύκνωσης, ενώ ο ατμός που έρχεται στον συμπιεστή είναι κάποιους βαθμούς πάνω από την θερμοκρασία εξατμίσεως. Επί πλέον σταγονίδια πίεσεως προκύπτουν στην απορρόφηση, στην εκτόνωση, και στους σωλήνες υγρού και η συμπίεση δεν είναι εντελώς ισεντροπική. Τέλος το έργο που απαιτείται για την λειτουργία του συμπιεστή είναι κάτι παραπάνω από το έργο συμπίεσης, λόγω απωλειών τριβής. Όλα αυτά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε περίπτωση μελέτης.

2.7 Η αντλία θερμότητας (Heat pump)

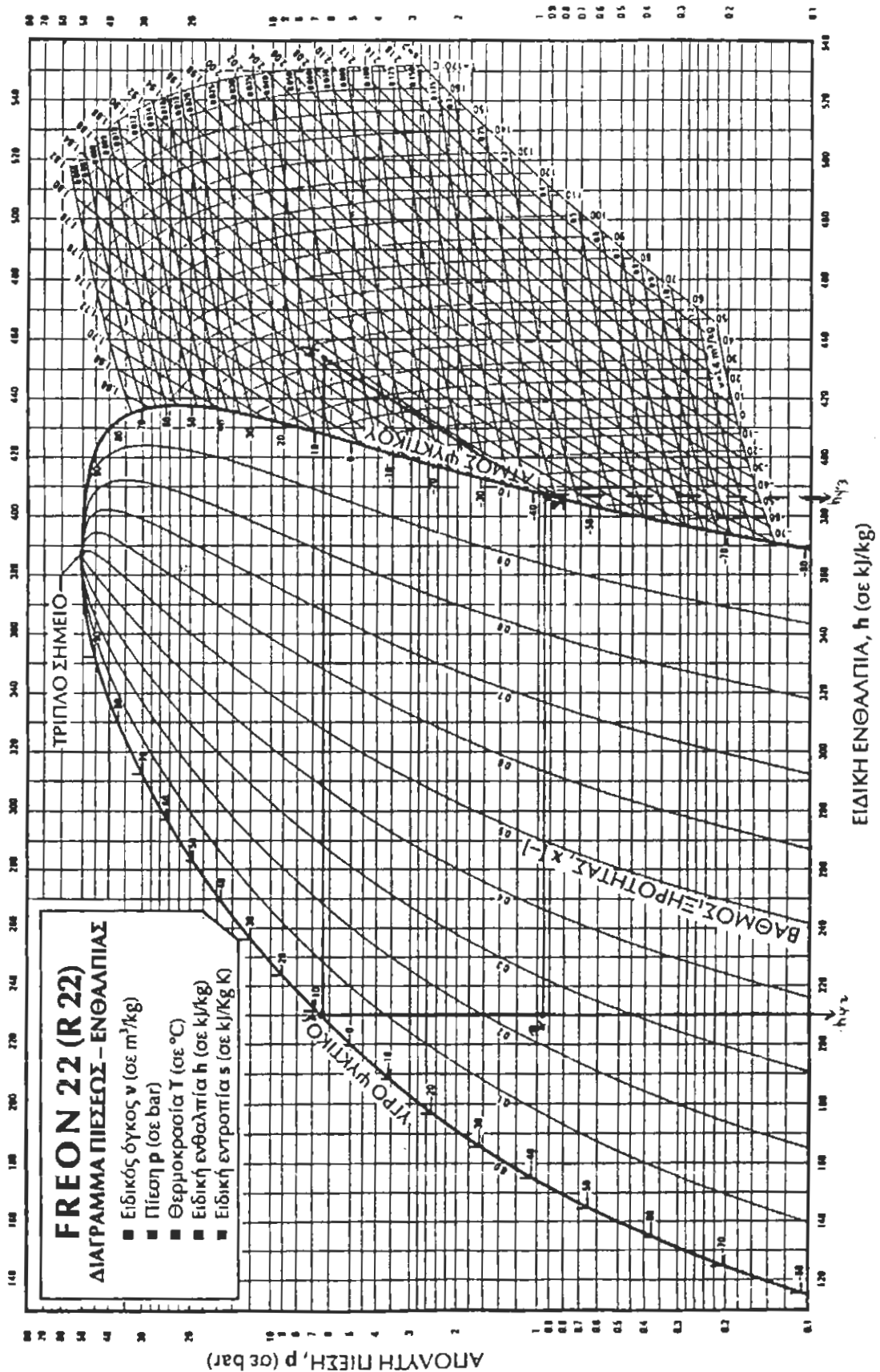
Η αντλία θερμότητας είναι μία κλιματιστική μονάδα που αποτελείται από ένα συνδυασμό εξαρτημάτων ικανά να παρέχουν θερμότητα όταν εργάζονται κατά τον ένα κύκλο και ψύξη όταν ο κύκλος αυτός αντιστραφεί. Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να προσαρμοστούν όχι μόνο σε ζεστά κλίματα όπου οι θερμικές απαιτήσεις είναι λιγοστές αλλά και στα κρύα βαριά κλίματα όπου οι θερμικές απαιτήσεις είναι ασύγκριτα μεγαλύτερες.

Θερμικός κύκλος (Αέρα - Αέρα). Σ' αυτό τον κύκλο λειτουργίας η θερμότητα λαμβάνεται από τον εξωτερικό αέρα και διοχετεύεται στον εσωτερικό αέρα.

Ψυκτικός κύκλος. Η αντλία θερμότητας κατά τον ψυκτικό κύκλο παίρνει θερμότητα από τον εσωτερικό αέρα και τη στέλνει, στον έξω χώρο. Τα εξαρτήματα παραμένουν τα ίδια στην αντλία θερμότητας, τόσο για τον ψυκτικό όσο και για το θερμικό κύκλο, με τη μόνη διαφορά ότι η ροή του ψυκτικού υγρού αντιστρέφεται με τη βοήθεια μιας βαλβίδας, της τετράοδης. Κατά την αντίστροφη ροή, το ψυκτικό μπορεί να περάσει μέσα από τα στοιχεία αλλά όχι μέσα από την εκτονωτική βαλβίδα και τον συμπιεστή. Η εκτονωτική βαλβίδα και ο συμπιεστής δείχνουν να έχουν αντιστραφεί από τη θέση που είχαν στο θερμικό κύκλο.

Θερμικός και Ψυκτικός κύκλος. Στην πράξη τα εξαρτήματα του σχήματος 6 είναι αποδεκτά και για τον ψυκτικό και για τον θερμικό κύκλο της αντλίας θερμότητας. Στην αντλία θερμότητας είναι τοποθετημένες δύο εκτονωτικές βαλβίδες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ροή και για τους δύο κύκλους. Ωστόσο επειδή και οι δύο βαλβίδες είναι στην ίδια ψυκτική γραμμή η μία ή η άλλη θα εξυπηρετήσει τη ροή του ψυκτικού ανάλογα με τον κύκλο λειτουργίας (θέρμανση ή ψύξη). Αυτό εξαρτάται από τον κύκλο που είναι σε λειτουργία.

Χάραξη κύκλου ψύξης σε διάγραμμα Mollier για το παράδειγμα 2.1



3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

3.1. Διαδικασία και στάδια υπολογισμού κλιματιστικής εγκατάστασης

Για την επιλογή της κατάλληλης κλιματικής εγκαταστάσεως ικανής να κλιματίσει ένα κτίριο, θα πρέπει να βρεθούν πρώτα οι κλιματιστικές απαιτήσεις του κτιρίου. Αυτές προσδιορίζονται από τα εξής δεδομένα:

- Την τοποθεσία που βρίσκεται το κτίριο (κλιματολογικές συνθήκες)
- Την κατασκευή του κτιρίου (προσανατολισμός τοίχων, παραθύρων, ισχύς και τρόπος λειτουργίας ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων φωτισμού, μαγειρείων κλπ.).
- Τη χρήση του κτιρίου (σπίτι, γραφεία, εργοστάσιο, νοσοκομείο κλπ) και τις ειδικές κλιματιστικές απαιτήσεις που προκύπτουν από αυτή τη χρήση.
- Τα άτομα που θα υπάρχουν σε αυτό το κτίριο, είδος εργασίας και παραμονή τους εκεί καθώς και τις απαιτήσεις ανέσεως που έχουν.

Από τα παραπάνω δεδομένα, και με τη βοήθεια πινάκων και διαγραμμάτων που δίνονται στα διάφορα εγχειρίδια μελετών κλιματισμού, προκύπτουν τα εξής για κάθε χώρο του κτιρίου στοιχεία:

- Ακραίες εξωτερικές συνθήκες καλοκαιριού που πρέπει να ληφθούν υπόψη (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια κλπ)
- Εσωτερικές συνθήκες που πρέπει να διατηρούνται στο χώρο (θερμοκρασία, υγρασία, κίνηση και καθαρότητα αέρα) κατά το καλοκαίρι.
- Θερμικά κέρδη ή ψυκτικά φορτία κατά το καλοκαίρι από τα από τα διάφορα δομικά στοιχεία του χώρου, τα μηχανήματα που λειτουργούν στον χώρο, τους ανθρώπους που μένουν ή εργάζονται σε αυτό και τον αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται από τον χώρο.

Οι εγκαταστάσεις κεντρικού κλιματισμού αποτελούν συστήματα υψηλής τεχνολογικής στάθμης και απαιτούν λεπτομερειακή εξέταση πολλών παραγόντων και δεδομένων. Με αφετηρία κάποιους πίνακες και διαγράμματα αλλά και οποιαδήποτε άλλη πληροφορία δίνεται στην εξεταζόμενη εγκατάσταση ο μελετητής πρέπει να καθορίσει τα ειδικά κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε χώρου τα οποία θα επιχειρήσει να προσεγγίσει με τη σχεδιασμένη εγκατάσταση.

Αφού υπολογιστούν τα συνολικά θερμικά κέρδη για τον χώρο προκύπτει η ισχύς και το είδος της κλιματιστικής εγκαταστάσεως που θα πρέπει να εγκατασταθεί στο υπό μελέτη κτίριο.

Στις περισσότερες εφαρμογές ο σκοπός του κλιματισμού είναι να επιτευχθεί θερμική άνεση στον κλιματιζόμενο χώρο.

1. Άνεση στον κλιματισμό σημαίνει επίτευξη Θερμοκρασίας χώρου που να μη μεταβάλλεται περισσότερο από $\pm 3^{\circ}\text{F DB}$ ($1,5^{\circ}\text{C}$).
2. Οι ταχύτητες του αέρα πρέπει να είναι λιγότερο από 50 ft/min (15m/min) ανάμεσα στο πάτωμα και στην οροφή του κτιρίου και 5 ft/min (1,5m/min) στο οριζόντιο επίπεδο και αυτό για να αποφεύγονται δυσάρεστες συνθήκες.

Για κάποιες άλλες εφαρμογές, όπως για την προστασία από την υπερθέρμανση συστημάτων υψηλής τεχνολογίας, είναι απαραίτητο να μην ξεπερνάει η θερμοκρασία του χώρου κάποια επιτρεπόμενη τιμή και η υγρασία να παραμένει σε επιτρεπτά όρια.

3.2. Ορισμός του ψυκτικού φορτίου:

Ψυκτικό φορτίο ή θερμικά κέρδη ενός χώρου ορίζεται ως το ποσό της θερμότητας που δέχεται ο χώρος στη μονάδα του χρόνου και εκφράζεται σε Btu/h ή σε kcal/h ή σε Watt.

Τα ψυκτικά φορτία είναι αισθητά ή λανθάνοντα. Το θερμικό κέρδος είναι αισθητό όταν υπάρχει μια απευθείας προσθήκη θερμότητας στον κλιματιζόμενο χώρο με έναν οποιοδήποτε ή όλους μαζί τους τρόπους μεταδόσεως θερμότητας που αναφέρθηκαν (διάβαση, συναγωγή και ακτινοβολία). Το θερμικό κέρδος είναι λανθάνον όταν προστίθεται υγρασία στον κλιματιζόμενο χώρο με εξάτμιση μέσα στο χώρο (π.χ. από άτομα και ζεστά φαγητά) ή με μεταφορά υδρατμών από το εξωτερικό περιβάλλον (μέσω των χαραμάδων του περιβλήματος ή μέσω του τεχνητού αερισμού). Η ποσότητα ενέργειας (ψυκτικής) που απαιτείται για τη συμπύκνωση αυτών των πρόσθετων υδρατμών είναι το λανθάνον θερμικό κέρδος του χώρου.

Τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου είναι λόγω:

- διαβάσεως θερμότητας (περίβλημα).
- συναγωγής θερμότητας (αερισμός).
- ακτινοβολίας (ήλιος).
- εσωτερικών θερμικών πηγών (άτομα και μηχανήματα)

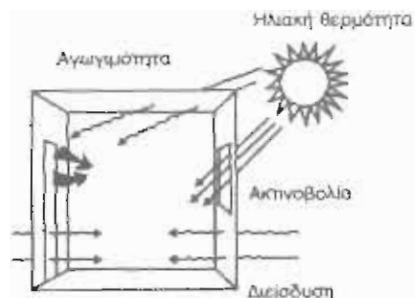
Τα φορτία υπολογίζονται με βάση:

- Τις επιθυμητές συνθήκες μέσα στο χώρο (θερμοκρασία και υγρασία).
- Τις απαιτήσεις αερισμού του χώρου.
- Τις συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος.
- Τον προσανατολισμό των δομικών στοιχείων που περιβάλλουν το χώρο.
- Το πλήθος και τη δραστηριότητα των ατόμων στο χώρο και
- Τον τρόπο λειτουργίας της κλιματιστικής εγκατάστασης.

3.3. Πηγές θερμότητας και ποσότητες θερμικών φορτίων

Πρώτα θα διευκρινίσουμε ποιες είναι οι πηγές θερμότητας (εξωτερικές και εσωτερικές) από τα οποία επηρεάζεται το ψυκτικό φορτίο.

3.3.1 Εξωτερικές πηγές θερμότητας: σχήμα 3.1



Σχήμα 3.1 Εξωτερικές πηγές θερμότητας

α) Ηλιακή ακτινοβολία

Η κύρια πηγή θερμότητας είναι ο ήλιος και η θερμότητά του, η ηλιακή θερμότητα μεταδίδεται είτε δια ακτινοβολίας (μέσα από τζάμια) είτε δια αγωγιμότητας μέσα από τα οικοδομικά υλικά.

Η ηλιακή θερμότητα που περνά μέσω του γυαλιού απορροφάται αμέσως από το δωμάτιο, πράγμα που γίνεται αντιληπτό αμέσως. Η θερμότητα που μεταδίδεται με αγωγιμότητα μέσω των τοίχων και της οροφής δεν απορροφάται αμέσως από το χώρο, ενώ εξαρτάται από τη δομή των χρησιμοποιούμενων υλικών και μπορεί να μη γίνει αντιληπτή για κάποιες ώρες, η και ακόμη μετά τη δύση του ηλίου. Το ποσό της θερμότητας που διαπερνά ένα αντικείμενο μετρίεται με τον συντελεστή αγωγιμότητας U . Κάθε υλικό του κτιρίου έχει το δικό του συντελεστή. Αυτός ο συντελεστής είναι μια τιμή που σχετίζεται με το ποσό της θερμότητας που ρέει μέσω ενός τετραγωνικού μέτρου ή ποδιού ($1\text{ft}^2 = 0,0929\text{m}^2$) επιφάνειας του κτιρίου.

Η μετάδοση της θερμότητας δια αγωγιμότητας μέσω των υλικών είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής θερμοκρασίας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικής επιφάνειας τοίχου. Το ποσό της θερμότητας που μεταδίδεται δια αγωγιμότητας εξαρτάται από το μέγεθος των τοίχων ή την έκταση της σκεπής και την αντίσταση των υλικών στη ροή της θερμότητας. Για την εύρεση της θερμότητας που μεταδίδεται με αγωγιμότητα μέσης επιφάνειας του κτιρίου ο συντελεστής U πολλαπλασιάζεται με την επιφάνεια του κτιρίου. Αυτό που προκύπτει πολλαπλασιάζεται με τη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στον εξωτερικό και εσωτερικό αέρα. Το αποτέλεσμα είναι η ολική ροή θερμότητας Q . (Σχέση 3.1)

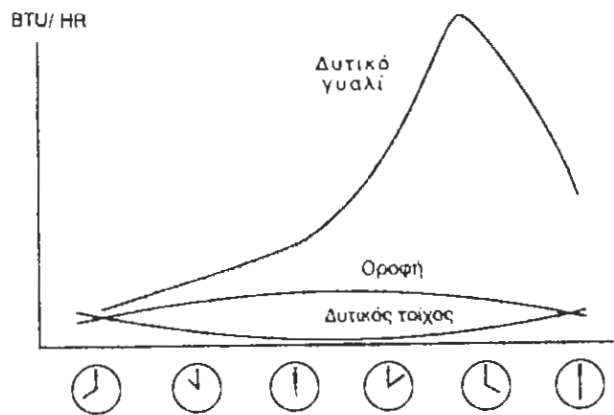
β) Προσανατολισμός του κτιρίου

Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον ήλιο είναι ένας παράγοντας που δεν αλλάζει το ολικό θερμικό φορτίο αλλά λαμβάνεται υπ' όψη, αφού η επιλογή των θέσεων των παραθύρων επηρεάζει το ποσό της θερμότητας που θα εισέλθει στο χώρο. Όταν το πρωί ο ήλιος ανατέλλει, το ηλιακό φορτίο που περνάει μέσω της γυάλινης επιφάνειας σε ανατολικό τοίχο θα είναι μεγαλύτερο από ότι στους άλλους τοίχους. Το μεσημέρι το φαινόμενο αυτό θα γίνεται στα νότια παράθυρα και αργά το μεσημέρι προς απόγευμα, όπου η ηλιακή θερμότητα φτάνει στη μέγιστη ένταση της, πολλή μεγάλη ποσότητα θερμότητας θα εισχωρεί στον χώρο από παράθυρα στη δυτική πλευρά. Η βορινή πλευρά προφανώς εκτίθεται σε μικρότερη ένταση αργά το απόγευμα.

Έτσι γίνεται φανερό ότι αν μας ενδιαφέρει το περισσότερο χρόνο να διατηρούμε δροσερό ένα κτίριο θα πρέπει να περιορίσουμε τα παράθυρα από τη νότια πλευρά του, και να τα αποκλείσουμε εντελώς από τη δυτική.

γ) Τοίχοι και οροφές

Η θερμότητα του ηλίου εισέρχεται σ' ένα κτίριο μέσω των τοίχων και της οροφής μ' ένα πιο αργό ρυθμό απ' ότι μέσω του γυαλιού, (Σχήμα 3.2.) Καθώς η ηλιακή θερμότητα ακτινοβολεί εξωτερικώς στην επιφάνεια του κτιρίου, τμήμα της θερμότητας διαπερνά τα υλικά του κτιρίου και τμήμα ανακλάται στην ατμόσφαιρα. Η διαδικασία απορρόφησης της θερμότητας είναι συνεχής και το ποσό της ηλιακής θερμότητας που διαπερνά τα υλικά του κτιρίου εισχωρεί βαθύτερα ώσπου να φτάσει την εσωτερική επιφάνεια.



Σχήμα 3.2 Εξωτερικές πηγές θερμότητας

γ) Διείσδυση

Μια άλλη πηγή θερμότητας που λαμβάνουμε υπ' όψιν κατά τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου είναι η διείσδυση. Η θερμότητα δηλαδή που προέρχεται από τον αέρα που εισέρχεται στο κτίριο μέσω των χαραμάδων που υπάρχουν γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα και μέσω των ανοιχτών κουφωμάτων. Εάν ακολουθηθούν σωστές πρακτικές μέθοδοι, οι χαραμάδες μειώνονται αρκετά και έτσι το ψυκτικό φορτίο που απαιτείται για να καλύψουν οι απώλειες είναι μικρότερο. Ο βαθμός της διείσδυσης επίσης επηρεάζεται από την ταχύτητα και τη δύναμη του ανέμου.

δ) Υγρασία

Η τελική σημαντική πηγή εξωτερικής θερμότητας είναι η υγρασία. Η υγρασία εισέρχεται στο κτίριο με τη διείσδυση και λέγεται λανθάνον φορτίο.

3.3.2. Εσωτερικές πηγές θερμότητας

Οι εσωτερικές πηγές θερμότητας προέρχονται από ανθρώπους, φώτα, συσκευές και κινητήρες.

Οι άνθρωποι είναι πηγές και λανθάνουσας και αισθητής θερμότητας. Η θερμότητα που παράγεται από έναν άνθρωπο εξαρτάται από την ενέργεια που καταναλώνει.

Όλοι οι λαμπτήρες εκπέμπουν θερμότητα που είναι ανάλογη με την ισχύ αυτών. Το θερμικό φορτίο όλων των τύπων λαμπτήρων αυξάνεται ή μειώνεται ανάλογα με τη χρήση τους.

Οι κινητήρες, οι συσκευές και οι μηχανές είναι και αυτές εσωτερικές πηγές θερμότητας που το θερμικό φορτίο έχει άμεση σχέση με τη χρησιμοποιούμενη ενέργεια.

3.4. Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου

Ο υπολογισμός του ψυκτικού φορτίου βασίζεται στο επιθυμητό κλιματιστικό αποτέλεσμα στο εσωτερικό του κτιρίου και στο σωστό υπολογισμό των συνθηκών που επικρατούν γύρω από το κτίριο. Ως εξωτερικές συνθήκες υπολογίζονται οι χειρότερες που μπορεί να επικρατούν σε έναν τόπο. Ως

εσωτερικές υπολογίζονται οι επιθυμητές συνθήκες που επιθυμούμε. Ο σκοπός του υπολογισμού του φορτίου είναι ο προσδιορισμός του μεγέθους του κλιματιστικού που απαιτείται ώστε να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες ακόμη και σε περιόδους που έξω επικρατούν οι χειρότερες καταστάσεις. Το φορτίο δηλαδή του κλιματιστικού πρέπει να παρέχει τις σωστές ποσότητες ψύξης ώστε οι συνθήκες του εσωτερικού χώρου να είναι ικανοποιητικές.

Η διαδικασία που ακολουθούμε είναι η παρακάτω:

Βήμα 1: Προσδιορισμός των μέσων εξωτερικών συνθηκών και των επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών

α. Ο προσδιορισμός των μέσων εξωτερικών θερμοκρασιών γίνεται από τον (Πίνακα 3.1) στο τέλος του κεφαλαίου που περιέχει λεπτομερή στοιχεία για διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

παράδειγμα: Από το πίνακα 3.1 για την περιοχή του Αστεροσκοπείου στην Αθήνα μπορούμε να πάρουμε ως μέσες μέγιστες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας:

$$TDB=36^{\circ}\text{C} \quad TWB=22^{\circ}\text{C}$$

β. Ο προσδιορισμός των κόκκων υγρασίας γίνεται από τον ψυχομετρικό χάρτη (Παράρτημα Σχήμα Α1)

Παράδειγμα: Από τον ψυχομετρικό χάρτη οι κόκκοι υγρασίας είναι για αυτές τις θερμοκρασίες:

$$0,011 \text{ kg/kg } \Xi\text{A}$$

Η σχετική υγρασία είναι:

$$\Sigma\chi.u = 30\%$$

γ. Εισαγωγή των μέσων συνθηκών εσωτερικής θερμοκρασίας όπως οριοθετούνται από τον πελάτη, ή χρησιμοποιώντας τους πίνακες (3.2 έως 3.5) που αναφέρονται σε οικιακούς, βιοτεχνικούς, βιομηχανικούς, αποθηκευτικούς χώρους και χώρους επεξεργασίας.

Παράδειγμα: Οι επιθυμητές μέσες συνθήκες εσωτερικής θερμοκρασίας για έναν αποθηκευτικό χώρο ενός τυπογραφείου από τον πίνακα 3.4 είναι:

$$TDB=23-27^{\circ}\text{C} \quad \Sigma\chi.u = 49- 55 \%$$

Ας δεχτούμε:

$$TDB=25^{\circ}\text{C} \quad \Sigma\chi.u = 50 \%$$

προκύπτει από τον ψυχομετρικό χάρτη: $TWB=18^{\circ}\text{C}$

και οι κόκκοι υγρασίας είναι $0,01\text{kg/kg}\Xi\alpha$

Βήμα 2: Προσδιορισμός ψυκτικών φορτίων από τοίχους και οροφές

Το ψυκτικού φορτίου λόγω αγωγής σε τοίχο ή οροφή δίνεται από τη σχέση 3.1

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \text{ (BTU/h ή kcal/h ή Watt)} \quad (3.1)$$

A = επιφάνεια τοίχου χωρίς τα παράθυρα

U ή και K = συντελεστής αγωγιμότητας τοίχου που μπορεί να προσδιοριστεί από τον πίνακα παρακάτω (πίνακας 3.α1) Ο συντελεστής αυτός είναι τόσο μεγάλος όσο μικρότερη μόνωση υπάρχει και όσο μειωμένη σκίαση υπάρχει σε μια επιφάνεια. Ο συντελεστής αγωγιμότητας για οροφές φαίνεται στον πίνακα 3.α2.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΟΜΑΔΑΣ	ΚΥΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΜΑΖΑ		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ k		ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
			lb/ft ²	kg/m ²	Btu/h ft ² F	W/m ² K	
C	Τούβλο όψεως 4"	Κενό αέρα και τούβλο όψεως 4"	83	224	0,358	2,00	A0, A2, B1, E0
O		Κοινό τούβλο 4"	90	243	0,415	2,33	A0, A2, C4, E1, E0
C		1" μόνωση ή κενό αέρα και 4" κοινό τούβλο	90	243	0,174 - 0,301	0,98 - 1,69	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B		2" μόνωση και 4" κοινό τούβλο	88	238	0,111	0,62	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B		8" κοινό τούβλο	130	351	0,302	1,70	A0, A2, C9, E1, E0
C	Τούβλο όψεως 4"	Κενό αέρα και συμπαγές (π.χ. μπετόν) πάχους 2"	94	254	0,350	1,96	A0, A2, B1, C5, E1, E0
B		2" μόνωση και 4" συμπαγές	97	262	0,116	0,65	A0, A2, B3, C5, E1, E0
E	Συμπαγής τοιχος με φινιρίσμα (π.χ. σοβάτισμα)	4" συμπαγής	63	170	0,586	3,29	A0, A1, C5, E1, E0
D		4" συμπαγής και 1" ή 2" μόνωση	63	170	0,119 - 0,200	0,67 - 1,12	A0, A1, C5, B1/B2, E1, E0
C		8" συμπαγής	109	294	0,490	2,75	A0, A1, C10, E1, E0
B		8" συμπαγής + 1" ή 2" μόνωση	110	297	0,115 - 0,187	0,65 - 1,05	A0, A1, C10, B1/B2, E1, E0
B		12" συμπαγής	156	421	0,421	2,36	A0, A1, C11, E1, E0
A		12" συμπαγής + 1" ή 2" μόνωση	156	421	0,113	0,63	A0, C11, B6, A6, E0

Πίνακας 3.α1 Περιγραφή τοίχων θερμική αγωγιμότητα και κατάταξη τους με τη μέθοδο της ASHRAE

ΔT = Η ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά εξωτερικού και εσωτερικού χώρου των θερμοκρασιών που υπολογίσαμε παραπάνω. Για πιο αναλυτικές μετρήσεις, αυτή λαμβάνεται από πίνακες ανάλογα με την κατασκευή του τοίχου ή οροφής και τον προσανατολισμό του (πίνακας 3.6.1) και 3.α2. Οι ομάδες των ειδών του τοίχου φαίνονται στον πίνακα 3.6

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΣΤΕΓΗΣ	ΜΑΖΑ lb/ft ² (kg/m ²)	κ Btu/hft ² (F) (W/m ² K)	ΤΟΠΙΚΗ ΩΡΑ															
				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ΣΤΕΓΕΣ ΧΩΡΙΣ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗ																			
1	Συμπαγής, πάχος 4", με μόνωση 1"	52 (140)	0,200 (1,12)	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	
2	Ομοίως, μόνωση 2"	52 (140)	0,120 (0,67)	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	
3	Συμπαγής, ταράτσα με μόνωση	75 (202)	0,106 (0,6)	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	
4	Συμπαγής 6", με 1" μόνωση	75 (202)	0,192 (1,08)	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	
5	Ομοίως με 2" μόνωση	75 (202)	0,117 (0,66)	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	
ΣΤΕΓΕΣ ΜΕ ΨΕΥΔΟΡΟΦΗ																			
6	Συμπαγής 4" με μόνωση 1"	53 (146)	0,128 (0,72)	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	36	38	38	
7	Ομοίως, μόνωση 2"	54 (148)	0,090 (0,50)	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	36	38	38	
8	Συμπαγής, ταράτσα με μόνωση	77 (208)	0,082 (0,46)	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	31	29	32	33	
9	Συμπαγής, 6" με 1" μόνωση	77 (208)	0,125 (0,70)	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	33	32	34	34	
10	Ομοίως, με 2" μόνωση	77 (208)	0,088 (0,49)	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	33	32	34	34	

Πίνακας 3.α2 Θερμική αγωγιμότητα στέγης και θερμοκρασιακές διαφορές σε °F για υπολογισμούς θερμικού κέρδους με τη μέθοδο ASHRAE. Η εύρεση σε βαθμούς κελσίου γίνεται με πολλαπλασιασμό επί 55,55%

Παράδειγμα: Έστω η αποθήκη του τυπογραφείου που αναφέραμε προηγουμένως. Θεωρούμε ότι είναι ισόγειο 10m², χωρίς μεσότοιχους, ο κάθε τοίχος έχει μήκος 10m, ύψος 3m και άρα η επιφάνεια του κάθε τοίχου είναι: **A=30 m².**

Ας θεωρήσουμε ότι οι τρεις τοίχοι έχουν από 4 παράθυρα επιφάνειας 2m² το καθένα και πόρτα επιφάνειας 4m² το οποίο θεωρούμε ότι έχει ίδιο ψυκτικό φορτίο με τους τοίχους αλλά το λαμβάνουμε υπόψη για εξαερισμό και διείσδυση, έτσι η επιφάνεια των άλλων τριών τοίχων είναι 30-4x2 =22m²

Η θερμοκρασιακή διαφορά είναι:

$$\Delta T = 36^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C} = 11^{\circ}\text{C}$$

Αν υποθέσουμε ότι ο τοίχος είναι συμπαγής τοίχος 12" με φινίρισμα, χωρίς μόνωση,

$$U \text{ ή } K = 2,36 \text{ W/m}^2\text{°K} \text{ ή } 2,14 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Η οροφή είναι συμπαγής 4" ταράτσα με μόνωση 1" χωρίς ψευδοροφή.

$$U \text{ ή } K = 1,12 \text{ W/m}^2\text{°K} \text{ ή } 1,018 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Έτσι για τον τοίχο χωρίς παράθυρα: $Q_1 = 30 \cdot 2,14 \cdot 11 = 706 \text{ Watt}$

για τους τοίχους με παράθυρα: $Q_{2,3} = 22 \cdot 2,14 \cdot 11 = 518 \text{ Watt}$

Για την οροφή $Q = 100 \cdot 1,018 \cdot 11 = 1188 \text{ kcal/h ή Watt}$

Θεωρούμε την διαφορά του πατώματος με το έδαφος αμελητέα έτσι δεν έχουμε ψυκτικό φορτίο.

Βήμα3: Προσδιορισμός αισθητής θερμικής απολαβής μέσω υαλοπινάκων

Στα σύγχρονα οικοδομικά συγκροτήματα, οι επιφάνειες υαλοπινάκων αποτελούν ένα μεγάλο μέρος της ολικής επιφάνειας της οικοδομής. Πολλές φορές το ποσοστό των υαλοπινάκων φθάνει το 80% της όλης οικοδομικής επιφάνειας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη θέση και τον προσανατολισμό της οικοδομής διαμορφώνουν το σοβαρότερο ψυκτικό φορτίο των μοντέρνων οικοδομών.

Έτσι θα πρέπει κατά τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου από ακτινοβολία να λάβουμε υπόψη μας τους ακόλουθους παράγοντες:

- Την επιφάνεια των υαλοπινάκων
- Τον προσανατολισμό της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία
- Το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο βρίσκεται η οικοδομή (για την Αθήνα είναι 38°)
- Το μεγάλο μέρος από την θερμότητα που προσπίπτει στα υαλοστάσια, μπαίνει στον κλιματιζόμενο χώρο και αποτελεί ένα εξ ολοκλήρου αισθητό φορτίο της εγκατάστασης, δεν προστίθεται λανθάνουσα θερμότητα μέσω του γυαλιού).

Η υπόλοιπη ακτινοβολούμενη θερμότητα ή απορροφάται από τα τζάμια, ή ανακλάται.

Η διαδικασία υπολογισμού ψυκτικού φορτίου μέσω υαλοπινάκων είναι ίδια με τον υπολογισμό για τοίχους και οροφές και για να βρούμε το συνολικό φορτίο του τοίχου προσθέτουμε τα αντίστοιχα φορτία των παραθύρων. Οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας προφανώς είναι διαφορετικές και τις βρίσκουμε από τον πίνακα 3.β

Υαλοστάσιο	Υλικό πλαισίου			
	Ξύλο, Συνθετικό υλικό		Χάλυβας, Άλλα μέταλλα, Σκυρόδεμα	
	Συντελεστής αγωγιμότητας U			
	W/m ² °K	W/m ² °C	W/m ² °K	W/m ² °C
Απλός	5,23	4,5	5,81	5,0
Δίδυμος μονωτικός με διάκενο 6mm	3,26	2,8	3,72	3,2
Διπλός με απόσταση 2cm-4cm	2,56	2,2	3,02	2,6
Διπλός με απόσταση >7cm	2,33	2,0	2,79	2,4

Πίνακας 3.β Συντελεστής αγωγιμότητας για παράθυρα

Παράδειγμα: Από τον πίνακα 3.β θεωρώντας ότι το κτίριο μας έχει απλούς υαλοπίνακες με πλαίσιο από συνθετικό υλικό τότε $U = 4,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Για το κάθε παράθυρο: $Q_{αίσ} = 2 \cdot 4,5 \cdot 11 = 99 \text{ kcal/h ή Watt}$

Για πιο ακριβής υπολογισμούς της διαφοράς θερμοκρασίας δίνονται πίνακες στο Fundamentals Handbook 1977, ανάλογα με τον προσανατολισμό του παραθύρου και το γεωγραφικό πλάτος του κτιρίου.

Εισάγουμε τα αποτελέσματα στον αντίστοιχο χώρο των εντύπων στο τέλος του κεφαλαίου που δείχνει τις επιμέρους αισθητές θερμότητες.

Προσθέτουμε όλες τις τιμές και γράφουμε το σύνολο. Αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει τη θερμική απολαβή από αγωγιμότητα και ακτινοβολία (οροφές, πατώματα, τοίχοι, παράθυρα). Στο τελικό σύνολο δεν περιλαμβάνεται η λανθάνουσα θερμότητα.

Βήμα 4: προσδιορισμός των εσωτερικών πηγών θερμότητας

Ο άνθρωπος ως ζωντανός οργανισμός είναι πηγή θερμότητας για το χώρο που βρίσκεται και του προσθέτει ένα ποσό θερμότητας το οποίο εξαρτάται από:

- Το μέγεθος του ατόμου, συνήθως παίρνουμε έναν άνθρωπο 70kg ύψους 1,75m
- Την δραστηριότητα του ατόμου
- Το φύλο του ατόμου

Αυτά βρίσκονται από τον πίνακα (3.7 ή 3.8)

- Την θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου του χώρου

Για να υπολογίσουμε το ψυκτικό φορτίο από φώτα πρέπει να ξέρουμε το είδος του χώρου, και τις ώρες που λειτουργεί, ώστε να γίνει γνωστή η τυχών ταυτόχρονη παρουσία και άλλων φορτίων.

Η διαδικασία έχει ως εξής

α. Προσδιορίζουμε τον αριθμό των ατόμων στο κτίριο.

β. Προσδιορίζουμε το βαθμό της ενεργητικότητας των ανθρώπων από τον πίνακα (3.7 ή 3.8)

γ. Επιλέγουμε την αντίστοιχη αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα σε BTU/h ή W σύμφωνα με τον τύπο και τη δραστηριότητα των ανθρώπων.

δ. Πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό των ατόμων και με την αισθητή θερμότητα αλλά και με την λανθάνουσα θερμότητα και εισάγουμε τις τιμές που προκύπτουν στους αντίστοιχους χώρους του εντύπου.

ε. Προσδιορίζουμε την ολική ισχύ σε Watts των λαμπτήρων. Μερικές φορές αυτή η ισχύς μπορεί να προσδιοριστεί με χρήση του (πίνακα 3.9)

στ. Πολλαπλασιάζουμε την ολική ισχύ επί 3.4(BTU/h) ή 0,85(kcal/h) για λαμπτήρες πυρακτώσεως και επί 4.25 ή 1,1 για λαμπτήρες φθορισμού, και πολλαπλασιάζουμε επί 0,988 ή 1.28 αντίστοιχα αν θέλουμε τιμές σε W. Εισάγουμε το αποτέλεσμα στην θέση "αισθητή θερμότητα".

Παράδειγμα: Για τον χώρο της αποθήκης του τυπογραφείου θεωρούμε σαν μέγιστη τιμή την παρουσία τριών ατόμων για τρεις ώρες την ημέρα. Αυτοί εργάζονται με ταχύ ρυθμό και άρα για θερμοκρασία 25 βαθμούς Κελσίου που έχουμε ορίσει αρχικά το αισθητό και το λανθάνον φορτίο τους είναι 72 και 128 W αντίστοιχα

Έστω έχουμε 10 λάμπες φθορισμού των 100 W έτσι το αισθητό φορτίο είναι

$$Q_{a,s} = 10 \cdot 100 \cdot 1,28 = 1280 \text{ W}$$

Βρίσκουμε το ολικό φορτίο που συμπεριλαμβάνει αισθητή και λανθάνουσα θερμότητα λαμπτήρων και ανθρώπων και το εισάγουμε στο αντίστοιχο χώρο του εντύπου.

Εσωτερικές απολαβές θερμότητας από κινητήρες και συσκευές

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες προσθέτουν ψυκτικό φορτίο στον κλιματιζόμενο χώρο και είναι ανάλογοι προς την ονομαστική τους ισχύ και τη θέση τους στο χώρο.

το φορτίο από τις συσκευές διακρίνεται σε αισθητό και λανθάνον.

Τα φορτία από ηλεκτροκινητήρες δίνονται από τον (πίνακα 3.10 ή 3.11) και ισχύουν για τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

α) Ο ηλεκτροκινητήρας λειτουργεί συνεχώς.

β) Ο ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται στον κλιματιζόμενο χώρο ή στον αεραγωγό του αέρα προσαγωγής.

γ) Ο ηλεκτροκινητήρας φορτίζεται με την ονομαστική του ισχύ.

Οι διάφορες ηλεκτρικές συσκευές καθώς και κάθε άλλη θερμική συσκευή που λειτουργούν στον κλιματιζόμενο χώρο προσθέτουν ψυκτικά φορτία που είναι ανάλογα της ισχύος τους και των ωρών που λειτουργούν. (Πίνακες 3.12 έως 3.15).

Για την εύρεση των ψυκτικών φορτίων από ηλεκτρικές συσκευές που δεν περιλαμβάνονται στους πίνακες πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ισχύ της συσκευής (Watts) επί 1,1 kcal/h ή 3,4BTU/h. Τα ψυκτικά φορτία που προκύπτουν με αυτόν τον τρόπο τα χωρίζουμε σε αισθητά και λανθάνοντα.

Η διαδικασία έχει ως εξής:

α. Προσδιορίζουμε την ολική ισχύ σε ίππους που χρησιμοποιείται κατά τις πρότυπες συνθήκες (σχεδιασμός) θερμοκρασίας και υγρασίας ή από τους (Πίνακες 3.12 έως 3.15) . Εισάγουμε την τιμή στον αντίστοιχο χώρο.

β. Πολλαπλασιάζουμε την ισχύ επί 3,393 αν θέλουμε Btu/h. Εισάγουμε το αποτέλεσμα στον αντίστοιχο χώρο.

γ. Προσδιορίζουμε τις τιμές αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας για τις συσκευές (Πίνακες 3.12 έως 3.15). Εισάγουμε τις τιμές στους αντίστοιχους χώρους του μοντέλου.

δ. Προσθέτουμε την ολική λανθάνουσα και ευαίσθητη θερμότητα για τις συσκευές και τους κινητήρες. Εισάγουμε τα επιμέρους σύνολα στις αντίστοιχες στήλες.

Στην δική μας περίπτωση, λόγω του ότι ο χώρος που εξετάζουμε είναι αποθήκη, η ύπαρξη μηχανημάτων είναι αμελητέα έτσι δεν κάνουμε τέτοιους υπολογισμούς.

Εξαερισμός και διείσδυση

Μια άλλη πηγή ψυκτικού φορτίου σε μια κλιματιστική εγκατάσταση είναι ο εξωτερικός αέρας που μπαίνει στον κλιματιζόμενο χώρο από τις χαραμάδες των παραθύρων και των θυρών της οικοδομής. Το μέγεθος του ψυκτικού

φορτίου από διείσδυση εξωτερικού αέρα, είναι ανάλογο με το ποσό του αέρα διεισδύσεως εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Από το μέγεθος των χαραμάδων των κουφωμάτων (ποιότητα κατασκευής).
- Από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- Από τον προσανατολισμό της οικοδομής.
- Από την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου.

Συνήθως παίρνουμε σαν μέση ταχύτητα ανέμου για το καλοκαίρι 12 χλμ την ώρα και για το χειμώνα 24. Έτσι αναλόγως του μήκους των χαραμάδων και της ταχύτητας του ανέμου μπορούμε να υπολογίσουμε από πίνακες το ποσόν του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα, στον κλιματιζόμενο χώρο. Ο αριθμός των αλλαγών του αέρα που μπορεί να επιφέρει ο αέρας διεισδύσεως φαίνεται στο ακόλουθο πίνακα (3.γ.)

Η σχέση που δίνει κατά προσέγγιση το ποσό του αέρα διεισδύσεως είναι η ακόλουθη:

$$V = M \cdot \Pi \cdot \Upsilon \cdot A_c \text{ (m}^3/\text{h, ft}^3/\text{h)} \quad (3.2)$$

V = Όγκος χώρου x Αριθμός αλλαγών

M = Μήκος του χώρου

Π = Πλάτος

Υ = Ύψος

A_c = Αριθμός αλλαγών βάσει του πίνακα 3.γ

Πίνακας 3.γ Αριθμός αλλαγών ανά ώρα αέρα λόγω διείσδυσης

Είδος χώρου	Αριθμός αλλαγών ανά ώρα
Δωμάτια χωρίς εξωτερικές πόρτες ή παράθυρα	0,7
Δωμάτια με παράθυρα ή πόρτες σε έναν τοίχο	1
Δωμάτια με παράθυρα ή πόρτες σε δύο τοίχους	1,5
Δωμάτια με παράθυρα ή πόρτες σε 3 ή 4 τοίχους	2
Χολ εισόδου	1,5
Χολ υποδοχής	2
Χώροι καταστημάτων	

Παρατήρηση: Το ποσό του αέρα διεισδύσεως που βρίσκουμε από τη σχέση 3.2 το διαιρούμε δια δύο, διότι πρακτικά για δεδομένη χρονική στιγμή, έχουμε διείσδυση αέρα μόνο από την επιφάνεια που εκτίθεται προς τη διεύθυνση του ανέμου.

Σε έναν χώρο στον οποίο βρίσκονται άνθρωποι είναι απαραίτητο να τροφοδοτείται ο κλιματιζόμενος χώρος με φρέσκο αέρα για την ευχάριστη και υγιεινή διαμονή των ατόμων. Ανάλογα με τον χώρο ο απαιτούμενος νωπός αέρας ανά άτομο διαφέρει. Μια μέση τιμή είναι περίπου 30m³/h νωπού αέρα ανά άτομο.

Η αισθητή θερμότητα που θα προστεθεί στο χώρο από τη διείσδυση του αέρα δίνεται από τη σχέση:

$$Q_{αισ} = V \cdot 0,29 \cdot \Delta T \text{ (Watt)} \quad (3.3)$$

V = Όγκος του εισερχόμενου αέρα σε m^3/h

ΔT = Διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ περιβάλλοντος και κλιματιζόμενου χώρου.

0,29 = Ειδικό βάρος επί την ειδική θερμότητα του αέρα (1,2x0,24)

Για την εύρεση της λανθάνουσας θερμότητας από τον εισερχόμενο αέρα χρησιμοποιούμε την ακόλουθη σχέση:

$$Q_{λ} = V \cdot 700 \cdot \Delta W \text{ (Watt)} \quad (3.4)$$

ΔW = Διαφορά υγρασίας σε kg/kg

700 = Ειδικό βάρος του αέρα επί τη λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσεως του νερού υπό θερμοκρασία περιβάλλοντος (1,2x584)

Παράδειγμα:

Για την αποθήκη που εξετάζαμε, από τη σχέση 3,2 έχουμε:

$$V = 100 \cdot 3 \cdot 2 = 600 \text{ m}^3/h$$

και διαιρώντας δια του 2: $V = 300 \text{ m}^3/h$

Η αισθητή θερμότητα που προστίθεται είναι:

$$Q_{αισ} = 300 \cdot 0,29 \cdot 11 = 957 \text{ W}$$

Η λανθάνουσα θερμότητα που προστίθεται είναι:

$$Q_{λ} = 300 \cdot 700 \cdot (0,11 - 0,1) = 2100 \text{ W}$$

Μπορεί να γίνει προσδιορισμός της ποσότητας του εξαεριζόμενου αέρα (cfm) από τον (πίνακα 3.δ1) και της ποσότητας του αέρα διείσδυσης από τον (πίνακα 3.δ2)

Πίνακας 3.51 Εξαερισμός

ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΑΝΑΔΥΣΗ ΚΑΠΝΟΥ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΑΕΡΑΣ		
		Cfm ανά άτομο		Cfm ανά ft ² από το πάτωμα
		Συνίσταται	Ελάχιστο	Ελάχιστο
Διαμέρισμα	Λίγος	20	15	0,33
Τρόλεζα	Περιοδικός	10	7,5	-
Κουρέο	Αρκετός	15	10	-
Νοσηπείο ομορφιάς	Περιοδικός	10	7,5	-
Μπαρ	Βαρύς	30	25	-
Καταστήματα	Καθόλου	7.5	5	0,05
Φαρμακεία	Αρκετός	10	7,5	-
Εργαστήσια	Καθόλου	10	7,5	0,10
Γραφεία Τηλετών	Καθόλου	10	7,5	-
Νοσοκομεία - Ιδιωτικοί χώροι	Καθόλου	30	25	0,33
Νοσοκομεία - Θάλαμοι	Καθόλου	20	15	-
Δωμάτια Ξενοδοχείου	Βαρύς	30	25	0,33
Χώροι συνεδριάσεων	Πολύ βαρύς	50	30	1,25
Γραφεία - Ιδιωτικά	Καθόλου	25	15	0,25
Γραφεία - Γενικά	Λίγος	15	10	-
Εστιατόρια	Αρκετός	15	12	-
Κοιμητήριες	Αρκετός	12	10	-
Θέατρα	Καθόλου	7.5	5	-

Πίνακας 3.52 Διείδυση

ΕΙΔΟΣ ΔΩΜΑΤΙΟΥ Ή ΚΤΙΡΙΟΥ	ΑΛΛΑΓΕΣ (ΑΝΑΝΕΩΣΗ) ΑΕΡΑ ΑΝΑ ΩΡΑ													
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ		ΧΕΙΜΩΝΑΣ											
	Κανονικό παράθυρο	Θυέλλης ή προστατευόμενο από καιρούς	Κανονικό παράθυρο	Θυέλλης ή προστατευόμενο από καιρούς										
Χωρίς παράθυρα ή εξωτερικές πόρτες	0.30	0.15	0.50	0.25										
Χώρος εισόδου	1.20 ως 1.80	0.60 ως 0.90	2.00 ως 3.00	1.00 ως 1.50										
Χώρος υποδοχής	1.20	0.60	2.00	1.00										
Μπάνια	1.20	0.60	2.00	1.00										
Αερισμός μέσω παραθύρου														
Δωμάτιο, 1 εξεπ. τοίχος	0.60	0.30	1.00	0.50										
Δωμάτιο, 2 εξεπ. τοίχοι	0.90	0.45	1.50	0.75										
Δωμάτιο, 3 εξεπ. τοίχοι	1.20	0.60	2.00	1.00										
Δωμάτιο, 4 εξεπ. τοίχοι	1.20	0.60	2.00	1.00										
<p>Η ποσότητα του αέρα υπολογίζεται ως εξής:</p> $\frac{(H) \times (L) \times (W) \times (AC)}{60} = \text{cfm}$ <p>όπου H = ύψος δωματίου σε πόδια L = μήκος δωματίου σε πόδια W = πλάτος δωματίου σε πόδια AC = αλλαγές αέρα ανά ώρα</p> <p>Προσοχή: Η ολική διείδυση στα δωμάτια για ολόκληρο το κτίριο διαιρείται με το 1/2 επειδή η διείδυση γίνεται μόνο από την πλευρά που βλέπει στον άνεμο.</p> <p>Διείδυση μέσω θυρών*</p> <p>Για κάθε άτομο που περνά από μια πόρτα προερχόμενο από τον εξωτερικό αέρα ή από μη κλιματιζόμενο χώρο προσθέτω τους ακόλουθους τύπους διείδυσης από πόρτες στη συνολική θερμή διείδυση από παράθυρα</p> <table border="0"> <tr> <td>Χρήση</td> <td>CFM*</td> </tr> <tr> <td>Μη συχνή</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Μέση</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Συχνή</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Πόρτα συρόμενη 36 ίντσες</td> <td>100</td> </tr> </table> <p>* Αυτά τα νούμερα βασίζονται στην υπόθεση ότι δεν υπάρχει πίεση από άνεμο και ότι αυτές οι συρόμενες πόρτες ανοίγουν κατά την μία φορά. Κάθε τέτοια πόρτα που ανοίγει και κατά τις δύο μεριές κρατείται κλειστή ώστε να πετύχουμε τις συνθήκες σχεδιασμού.</p>					Χρήση	CFM*	Μη συχνή	60	Μέση	50	Συχνή	40	Πόρτα συρόμενη 36 ίντσες	100
Χρήση	CFM*													
Μη συχνή	60													
Μέση	50													
Συχνή	40													
Πόρτα συρόμενη 36 ίντσες	100													

ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

ΧΩΡΟΣ	Θερμοκρ. Ξηρού θερμ. (DB)°C	Θερμοκρ. Υγρού θερμ. (WB)°C	Ειδική υγρασία Kg/Kg ξ.α.	Παρατηρήσεις
Εξωτ. Περιβάλλοντος	36	22	0,011	Από τον ψυχομετρικό χάρτη
Κλιματιζ. Χώρου	25	18	0,010	
Διαφορά	11	4	0,001	

2. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΗ

Είδος επιφάνειας	Επιφάνεια (m ²)	Συντελ. "U" W/m ² °C	Διαφορά θερμοκ. (ΔΤ)	Αισθητό φορτίο Kcal/h (Q _{αισ}) W	Λανθάνον φορτίο Kcal/h (Q _λ) W	Ολικό φορτίο Kcal/h (Q _{ολ}) W
Τοίχος	30	2,14	11	706	-	706
Τοίχος	22	2,14	11	518	-	518
Τοίχος	22	2,14	11	518	-	518
Τοίχος	22	2,14	11	518	-	518
Οροφή	100	1,018	11	1.188	-	1.188
Δάπεδο	-	-	-	-	-	-
Μεσότοιχοι	-	-	-	-	-	-
Υαλοπίνακ ες	12x4	4,5	11	1.188	-	1.188
Ολικό ψυκτικό φορτίο από αγωγή :				4.636		4.636

3. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΚΑΙ ΦΩΤΑ

Είδος πηγής ψυκτ. φορτ.	Αριθμός Ανθρώπων	Αισθητό φορτίο	Λανθάνων φορτίο	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
Ανθρωποι	3	72	128	216	384	600
Ανθρωποι						
Φώτα (Watts)	10X100 X 0,98 (ή 1,28 για λάμπες φθορ.)			1.280		1.280
Ολικό ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους & φώτα:				1.496	384	1.880

4. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΗΛ. ΣΥΣΚΕΥΕΣ & ΜΟΤΕΡ

Ιπποδύναμη (HP)	Συντελεστής	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
Φορτία από ηλεκτρικές συσκευές (υπολογισθέντα)				
Ολικό ψυκτικό φορτίο από συσκευές και μοτέρ:				

5. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΝΩΠΟ ΑΕΡΑ ή ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ

M ³ /H νωπού αέρα	Διαφορά θερμοκρασίας (ΔΤ)	Συντελεστής παρακάμψης (BF)	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
300	11	0,29	957		957
M ³ /H	Διαφορά υγρασίας (ΔW: Kg/Kg)				
300	0,001	700		210	210
Ολικό ψυκτικό φορτίο από νωπό αέρα:			957	210	210
Ολικά ψυκτικά φορτία			957	210	1.167

6. ΑΛΛΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

	Προσαύξηση η %	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
α. Από αεραγωγούς				
β. Λοιπές πηγές				
Ολικά ψυκτικά φορτία από αεραγωγούς, κ.λ. πηγές:		1.000	300	1.300
Ολικά ψυκτικά φορτία από 2 έως 6		8.089	894	8.983
Προσαύχιση ασφάλειας: Q_{ολ} X 10 έως 15%		9.303	1.028	10.331

Πίνακας 3.1: Κλιματικά στοιχεία δυσμενέστερων μηνών χειμώνα - θέρους

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΣΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΜΕΦΩΣΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0		
			[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]		[11]	[12]		
ΑΓΡΙΝΙΟ	Π 38 37'	ΙΟΥΛ.	14,9	18,4	34,1	38,9	Δ	1,8		1,4	11,0	0,0	0,0	DB 1%	35,5
	Μ 21 23'	ΑΥΓ.	14,6	18,7	34,5	39,5	Β	1,7		1,4	12,0	0,0	0,0	WB 1%	24,5
		ΙΑΝ.	-2,8	3,8	13,3	18,0	Α	1,8		4,8	15,3	5,4	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	-3,0
	45,8	ΦΕΒ.	-1,5	4,5	14,7	20,3	Α	1,9		4,8	9,8	3,2	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	-4,1
ΑΓΧΙΛΑΔΟΣ	Π 39 13'	ΙΟΥΛ.	14,2	18,3	31,1	37,3	Α	2,1		1,7	20,9	0,0	0,0	DB 1%	34,0
	Μ 22 48'	ΑΥΓ.	14,6	18,5	31,0	37,1	Α	2,1		1,6	13,6	0,0	0,0	WB 1%	24,0
		ΙΑΝ.	-4,1	2,6	10,7	17,7	Δ	2,3		5,2	49,6	6,9	0,4	Μ.Ε.Ε.Θ.	-3,0
	15,0	ΦΕΒ.	-2,8	3,2	12,5	20,2	Δ	2,3		5,0	48,6	5,0	0,3	Μ.Ε.Ε.Α	-6,3
ΑΘΗΝΑ (Ανάβρυτα)	Π 38 04'	ΙΟΥΛ.	14,9	18,2	31,9	36,9	ΒΑ	2,5		0,9	9,0	0,0	0,0	DB 1%	
	Μ 23 48'	ΑΥΓ.	15,5	18,7	32,1	37,6	Β	3,2		0,7	2,9	0,0	0,0	WB 1%	
		ΙΑΝ.	-2,5	3,0	12,0	17,8	ΝΔ	2,0		5,0	9,0	6,1	0,1	Μ.Ε.Ε.Θ.	-2,0
	290,0	ΦΕΒ.	-2,4	3,2	13,0	19,1	ΝΔ	2,0		4,5	5,6	5,2	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	
ΑΘΗΝΑ (Αστεροσκοπείο)	Π 37 56'	ΙΟΥΛ.	19,7	23,4	33,0	37,8	Β			0,8	5,1	0,0		DB 1%	36,0
	Μ 23 43'	ΑΥΓ.	19,7	23,3	33,0	37,7	Β			0,8	6,1	0,0		WB 1%	22,0
		ΙΑΝ.	0,9	6,7	13,9	19,2	Β			4,9	5,4	1,0		Μ.Ε.Ε.Θ.	1,0
	74,0	ΦΕΒ.	1,9	7,3	15,0	20,6	Β			4,4	40,6	0,7		Μ.Ε.Ε.Α	
ΑΘΗΝΑ (Ελληνικά)	Π 37 54'	ΙΟΥΛ.	19,7	22,9	32,2	36,7	Β	2,8	370,2	0,9	3,6	0,0		DB 1%	34,5
	Μ 23 44'	ΑΥΓ.	19,7	23,1	32,5	37,1	Β	2,7	347,8	0,8	3,2	0,0		WB 1%	25,0
		ΙΑΝ.	0,2	6,7	13,9	19,0	Β	2,6	123,4	4,9	55,2	1,4		Μ.Ε.Ε.Θ.	2,0
	10,3	ΦΕΒ.	1,5	7,1	14,9	19,7	Β	2,5	136,8	4,6	31,3	0,5		Μ.Ε.Ε.Α	-0,9
ΑΘΗΝΑ (Ν. Φιλαδέλφεια)	Π 38 03'	ΙΟΥΛ.	16,7	20,7	32,8	37,7	ΒΑ	2,3	370,1	1,0	4,3	0,0		DB 1%	36,5
	Μ 23 40'	ΑΥΓ.	16,7	20,9	33,0	37,9	ΒΑ	2,3	395,2	0,9	2,5	0,0		WB 1%	24,5
		ΙΑΝ.	-1,7	4,8	12,8	18,3	ΒΑ	1,8	113,1	5,0	64,5	2,9		Μ.Ε.Ε.Θ.	0,0
	136,1	ΦΕΒ.	-0,4	5,2	14,2	19,7	ΒΑ	1,9	128,0	4,6	37,3	1,5		Μ.Ε.Ε.Α	-3,1
ΑΘΗΝΑ (Τατόλ)	Π 38 07'	ΙΟΥΛ.	14,6	19,2	31,6	36,9	ΒΑ	2,7		1,1	9,5	0,0	0,0	DB 1%	35,5
	Μ 23 47'	ΑΥΓ.	14,9	19,5	31,6	37,2	Β	2,6		0,9	3,7	0,0	0,0	WB 1%	23,5
		ΙΑΝ.	-3,2	3,3	12,0	18,0	Β	2,1		5,1	82,2	5,0	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	0,0
	237,0	ΦΕΒ.	-2,4	3,5	13,1	19,0	Β	2,0		4,8	56,0	3,6	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	
ΑΙΓΙΟ	Π 38 15'	ΙΟΥΛ.	17,7	20,8	32,8	37,5	ΒΔ	2,2		0,8	0,9			DB 1%	
	Μ 22 05'	ΑΥΓ.	17,8	21,0	32,7	37,3	ΒΔ	2,1		0,9	2,5			WB 1%	
		ΙΑΝ.	1,0	5,9	13,1	17,7	ΒΔ	2,3		5,0	121,5			Μ.Ε.Ε.Θ.	0,0
	64,0	ΦΕΒ.	1,4	6,4	14,0	19,2	ΒΔ	2,2		4,4	81,3			Μ.Ε.Ε.Α	
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗ	Π 40 51'	ΙΟΥΛ.	13,8	18,3	30,4	34,9	ΒΑ	2,7		2,0	17,8	0,0	0,0	DB 1%	33,5
	Μ 25 57'	ΑΥΓ.	13,4	18,2	30,6	35,0	ΒΑ	2,6		1,8	14,0	0,0	0,0	WB 1%	23,5
		ΙΑΝ.	-6,9	1,4	8,6	15,4	ΒΑ	2,9		5,6	81,0	11,9	1,3	Μ.Ε.Ε.Θ.	-7,0
	2,5	ΦΕΒ.	-5,8	2,3	10,0	16,4	ΒΑ	2,7		5,1	52,0	8,7	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	-9,0
ΑΝΔΡΕΙΑ	Π 35 17'	ΙΟΥΛ.	15,3	19,4	27,6	34,3	ΒΔ	1,5		1,0	4,2	0,0	0,0	DB 1%	
	Μ 24 53'	ΑΥΓ.	15,8	19,2	27,2	34,3	ΒΔ	1,3		1,0	2,4	0,0	0,0	WB 1%	
		ΙΑΝ.	-0,3	4,7	10,6	17,8	ΒΔ	1,8		5,4	226,3	2,2	0,1	Μ.Ε.Ε.Θ.	
	740,0	ΦΕΒ.	-0,2	4,9	11,5	19,0	ΒΔ	1,9		5,1	146,3	1,8	0,1	Μ.Ε.Ε.Α	-2,0
ΑΡΑΞΟΣ	Π 38 10'	ΙΟΥΛ.	14,9	18,8	31,3	36,3	Δ	1,6	340,7	1,0	2,8	0,0		DB 1%	34,5
	Μ 21 25'	ΑΥΓ.	16,1	19,5	31,7	36,5	Δ	1,6	337,5	1,0	5,7	0,0		WB 1%	25,0
		ΙΑΝ.	-0,2	6,4	13,8	17,8	ΒΑ	3,3	131,3	4,8	98,7	1,5		Μ.Ε.Ε.Θ.	
	14,0	ΦΕΒ.	0,8	6,4	14,4	19,3	ΒΑ	2,0	132,5	4,7	85,0	0,7		Μ.Ε.Ε.Α	-1,7
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	Π 38 11'	ΙΟΥΛ.	17,4	21,2	30,5	35,4	ΒΔ	2,2	366,5	0,7	3,9	0,0	0,0	DB 1%	31,5
	Μ 20 29'	ΑΥΓ.	17,3	21,1	30,8	35,9	ΒΔ	2,1	343,7	0,9	9,4	0,0	0,0	WB 1%	24,5
		ΙΑΝ.	2,7	7,6	14,7	18,7	ΒΑ	2,3	150,4	4,7	160,4	0,2	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	1,0
	1,7	ΦΕΒ.	2,5	7,3	15,0	19,5	ΝΔ	2,2	137,0	4,5	122,4	0,1	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	0,9
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	Π 37 03'	ΙΟΥΛ.	19,9	22,2	27,1	32,1	Β			0,4	0,0	0,0	0,0	DB 1%	
	Μ 25 05'	ΑΥΓ.	20,7	22,5	27,2	32,4	Β			0,4	0,1	0,0	0,0	WB 1%	
		ΙΑΝ.	4,0	9,8	13,9	18,6	Β			5,2	77,6	0,0	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	
	10,0	ΦΕΒ.	5,2	10,1	14,8	18,8	Β			4,8	55,4	0,0	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	
ΑΡΤΑ	Π 39 10'	ΙΟΥΛ.	15,9	19,6	33,4	37,4	Α	2,0		1,2	8,1	0,0	0,0	DB 1%	
	Μ 21 00'	ΑΥΓ.	15,5	19,5	33,4	37,7	Α	2,1		1,1	15,9	0,0	0,0	WB 1%	
		ΙΑΝ.	-1,1	4,7	13,2	17,7	Α	3,4		4,6	191,6	3,1	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	-2,0
	39,0	ΦΕΒ.	-0,3	5,0	14,7	20,5	Α	3,3		4,6	142,1	2,1	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	-3,0
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	Π 36 32'	ΙΟΥΛ.	13,5	22,5	28,6	34,2	Β	3,9		0,1	0,3	0,0	0,0	DB 1%	
	Μ 26 21'	ΑΥΓ.	12,6	22,9	28,7	34,4	Β	3,9		0,1	0,1	0,0	0,0	WB 1%	
		ΙΑΝ.	2,0	9,7	14,6	19,0	Β	3,8		4,9	98,7	0,5	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.	
	73,0	ΦΕΒ.	2,9	10,1	14,8	18,7	Β	3,7		4,0	59,4	0,3	0,0	Μ.Ε.Ε.Α	

Πίνακας 3.1: Συνέχεια

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΑΜΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑ-ΣΗ	ΔΙΑΡ-ΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩ-ΣΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0	
			[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]		[9]	[10]	
ΑΥΛΩΤΩΝ	Π 39 47' Μ 19 41' 132,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	16,5 17,6 2,9 3,6	21,5 21,1 7,4 7,9	28,6 29,4 13,4 14,3	33,8 33,7 17,3 18,3	ΒΔ ΒΔ Ν Ν	2,0 1,9 2,6 2,5	0,8 1,0 4,7 4,5	2,9 17,8 161,4 132,8	0,0 0,0 0,4 0,3	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΒΟΛΟΣ	Π 39 22' Μ 22 57' 2,6	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,1 17,9 -1,5 -0,7	21,7 21,5 4,4 5,3	31,1 31,0 11,3 13,0	36,5 36,4 17,8 19,6	Ν Ν Β Β	1,5 1,4 1,6 1,4	1,6 1,6 5,2 4,9	15,3 7,8 46,8 37,2	0,0 0,0 3,1 1,6	0,0 0,0 0,3 0,2	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΓΟΥΡΤΥΝΟΥ	Π 35 03' Μ 24 58' 180,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	16,1 16,6 2,0 2,3	20,3 20,3 6,7 6,8	33,9 33,9 15,9 16,5	38,9 38,7 20,4 21,6	ΒΑ ΒΑ Δ Δ	1,8 1,7 1,5 1,5	0,2 0,3 4,5 4,1	0,1 3,5 121,1 80,6	0,0 0,0 0,2 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΔΕΣΦΙΝΗ	Π 28 25' Μ 22 39' 590,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	13,2 12,4 -5,3 -3,8	17,4 17,4 1,7 2,3	29,6 29,9 9,1 10,8	34,7 35,6 15,3 17,7	ΝΔ ΝΔ ΝΔ ΝΔ	2,7 2,6 2,7 2,8	1,6 1,5 4,8 4,6	7,9 7,7 81,1 61,0	0,0 0,0 10,0 8,6	0,0 0,0 0,3 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΔΟΜΟΚΟΣ	Π 39 08' Μ 22 18' 815,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	13,3 13,4 -3,4 -3,9	18,5 15,0 1,3 1,9	29,3 23,5 6,5 7,5	35,6 33,7 13,5 14,3	ΝΔ ΒΔ ΒΔ ΝΔ	2,7 2,6 2,7 2,8	1,9 1,7 5,6 5,3	18,6 20,8 43,2 85,7	0,0 0,0 8,4 4,4	0,0 0,0 0,0 1,3	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΔΡΑΜΑ	Π 41 09' Μ 24 09' 74,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,4 14,0 -6,2 -4,5	18,8 18,2 0,7 2,1	32,3 31,2 8,7 11,1	37,3 35,5 14,4 17,3	Β Β Β Β	2,7 2,6 2,7 2,8	2,5 2,6 4,9 4,8	45,5 23,7 47,9 45,6	0,0 0,0 13,8 7,8	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΕΔΕΣΣΑ	Π 40 48' Μ 22 03' 237,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,5 14,8 -5,9 -4,5	18,2 18,1 0,2 1,5	31,7 31,6 7,1 9,5	35,9 36,0 12,9 15,6	Β Β Β Β	0,7 0,6 0,7 0,8	2,3 2,2 4,9 4,0	40,4 23,2 77,3 60,2	0,0 0,0 13,5 9,1	0,0 0,0 2,7 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΕΛΕΥΣΙΝΑ	Π 38 04' Μ 23 33' 30,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,4 18,4 -0,8 -1,0	22,1 22,2 5,5 5,5	32,9 32,9 13,4 14,1	38,2 38,3 19,0 19,4	Β Β Β Β	2,6 2,4 2,0 1,9	1,1 0,8 5,0 4,7	6,1 5,1 60,5 41,8	0,0 0,0 2,0 1,2	0,0 0,0 0,1 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	Π 37 47' Μ 20 53' 3,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,4 18,3 3,9 3,7	21,3 21,8 8,4 6,2	31,2 31,7 14,8 15,0	36,0 36,0 18,1 18,9	ΒΑ ΒΑ ΒΑ ΒΔ	3,1 2,9 3,4 3,4	0,7 0,8 4,8 4,7	4,2 8,3 162,8 114,5	0,0 0,0 0,2 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΗΡΑΚΛΕΙΟ	Π 35 20' Μ 25 11' 38,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,5 18,2 4,3 4,2	21,4 21,7 8,8 8,8	29,3 29,2 15,8 16,1	34,6 34,7 21,5 22,0	ΒΔ ΒΔ Ν Ν	2,7 2,7 2,6 2,7	386,9 357,9 106,8 125,1	0,6 0,6 5,2 5,0	0,6 0,3 99,4 62,1	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΘΑΣΟΣ	Π 40 47' Μ 24 43' 2,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,4 15,1 -4,1 -4,0	18,6 18,8 2,6 2,4	30,5 30,5 10,0 10,8	34,6 34,3 15,8 17,0	ΒΑ ΒΑ ΒΑ ΒΑ	0,6 0,6 1,1 1,0	1,6 1,5 5,0 4,6	24,7 17,5 124,0 86,5	0,0 0,0 7,6 7,3	0,0 0,0 0,0 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (Μικρά)	Π 40 31' Μ 22 58' 4,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	13,3 13,4 -6,8 -5,0	18,2 17,9 1,2 1,9	31,6 31,6 9,0 11,1	36,6 36,0 16,1 17,7	Ν Ν ΒΔ ΒΔ	2,0 1,9 1,6 1,7	308,9 271,3 88,5 91,5	2,4 2,2 5,1 4,8	25,1 15,7 47,1 39,6	0,0 0,0 12,8 9,5	0,0 0,0 0,4 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.
ΘΗΡΑ	Π 36 25' Μ 25 26' 213,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	19,1 19,2 3,4 3,1	21,6 21,7 8,6 8,5	28,5 28,1 13,4 13,6	32,8 32,1 17,9 17,9	Β,ΒΔ Β Β Β	1,2 1,3 1,9 2,1	0,6 0,6 5,2 4,9	0,0 0,1 75,4 59,5	0,0 0,0 0,2 0,1	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	Π 35 00' Μ 25 45' 15,9	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.		22,8 23,0 8,8 8,6	32,2 32,1 16,3 16,6		Β Β Β ΝΔ	3,1 3,2 2,6 2,5	384,7 367,7 155,6 158,8	0,4 0,5 5,0 4,7	0,0 0,5 147,3 72,1	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΙΚΑΡΙΑ	Π 37 34' Μ 26 08' 20,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,9 19,3 3,1 3,3	23,2 23,3 8,9 9,2	31,0 31,1 15,0 15,3	35,6 35,8 19,9 19,8	Β Β Β Β		1,2 1,2 4,4 4,2	1,5 3,1 191,5 117,3	0,0 0,0 0,2 0,2	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	Π 39 40' Μ 20 51' 483,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	12,0 11,3 -6,0 -5,0	15,8 15,6 1,1 1,6	31,3 31,4 9,4 10,7	36,5 36,3 14,8 17,0	Δ ΒΔ ΝΑ ΝΑ	1,1 1,0 0,9 1,0	316,0 295,3 95,6 100,7	2,2 2,1 5,0 5,1	31,8 26,2 162,6 134,0	0,0 0,0 11,9 10,0	0,0 0,0 0,1 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.

Πίνακας 3.1: Συνέχεια

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΨΕΙΟΥ	ΜΕΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΑΜΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΟΣΥΝΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0	
			{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}		{12}	{13}	
ΚΑΒΑΛΑ	Π 40 56'	ΙΟΥΛ.	13,8	17,9	29,8	32,9	NA	1,3		2,1	30,8	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 24 23'	ΑΥΓ.	12,9	17,1	29,8	33,9	NA	1,3		1,9	9,9	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-6,7	0,9	8,6	15,4	NA	0,8		5,1	72,5	15,6	0,6	M.E.E.Θ.
	60,0	ΦΕΒ.	-5,6	1,3	10,2	16,5	NA	1,1		4,7	47,0	13,0	0,4	M.E.E.A.
ΚΑΛΑΒΡΥΤΑ	Π 38 02'	ΙΟΥΛ.	10,8	14,5	28,8	33,7	B	1,9		1,5	10,3	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 22 06'	ΑΥΓ.	10,8	14,8	28,8	34,5	B	1,8		1,3	9,8	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-6,3	0,6	8,4	14,3	B	1,9		5,6	171,2	13,2	0,5	M.E.E.Θ.
	731,3	ΦΕΒ.	-5,7	1,1	9,7	16,5	N	1,9		5,2	120,9	10,7	0,2	M.E.E.A.
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	Π 37 04'	ΙΟΥΛ.	15,5	18,8	31,5	37,2	N	1,5	364,3	1,0	2,4	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 22 06'	ΑΥΓ.	15,8	19,0	31,7	36,4	N	1,4	340,0	1,1	8,9	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	0,8	6,4	16,4	20,5	B	1,5	158,0	5,0	141,3	0,7	0,0	M.E.E.Θ.
	6,2	ΦΕΒ.	1,4	6,4	16,8	21,5	B	1,5	139,3	4,7	91,8	0,4	0,0	M.E.E.A.
ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	Π 39 42'	ΙΟΥΛ.		19,9	33,3		Δ	1,8		1,2	20,9	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 21 38'	ΑΥΓ.		19,8	33,0		Δ	1,8		1,1	17,5	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.		1,7	9,2		Δ	2,2		4,5	109,4	7,2	0,0	M.E.E.Θ.
	217,0	ΦΕΒ.		2,7	10,8		Δ	2,2		4,0	97,8	6,1	0,0	M.E.E.A.
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	Π 35 31'	ΙΟΥΛ.	20,9	23,6	30,4	35,4	ΒΔ	3,4		0,5	0,2	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 27 15'	ΑΥΓ.	21,6	23,9	30,6	35,6	ΒΔ	3,1		0,5	0,0	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	5,7	9,9	16,5	19,6	ΒΔ	2,7		4,4	104,6	0,0	0,0	M.E.E.Θ.
	9,0	ΦΕΒ.	5,3	10,4	16,5	19,1	ΒΔ	2,7		4,2	51,9	0,0	0,0	M.E.E.A.
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	Π 38 00'	ΙΟΥΛ.	16,3	21,5	30,5	34,7	B	2,8		0,6	1,5	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 24 25'	ΑΥΓ.	17,8	21,7	30,6	32,9	B	2,8		0,7	5,8	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	1,6	6,7	13,8	18,4	B	3,6		4,8	107,6	0,6	0,0	M.E.E.Θ.
	2,0	ΦΕΒ.	2,5	7,1	14,4	18,9	B	3,4		4,3	90,4	0,0	0,0	M.E.E.A.
ΚΕΡΚΥΡΑ	Π 39 37'	ΙΟΥΛ.	15,4	19,1	31,0	35,5	ΒΔ	1,4	372,8	1,4	6,2	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 19 55'	ΑΥΓ.	15,7	19,3	31,3	35,4	ΒΔ	1,5	339,8	1,3	18,1	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-0,5	5,9	13,9	17,7	NA	1,6	122,4	4,8	188,2	2,8	0,0	M.E.E.Θ.
	2,0	ΦΕΒ.	0,3	6,1	14,3	18,4	NA	1,8	121,9	4,7	135,8	1,4	0,0	M.E.E.A.
ΚΟΖΑΝΗ	Π 40 18'	ΙΟΥΛ.	11,0	15,6	29,3	35,3	B	1,5		2,5	43,5	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 21 47'	ΑΥΓ.	11,1	15,5	29,3	35,3	B	1,4		2,2	28,4	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-9,7	-2,1	5,6	13,4	B	1,7		5,1	42,5	21,0	4,0	M.E.E.Θ.
	625,0	ΦΕΒ.	-8,2	-0,6	8,3	15,9	B	1,6		4,8	36,5	16,5	2,5	M.E.E.A.
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	Π 41 07'	ΙΟΥΛ.	13,3	18,1	30,7	35,4	ΒΑ	2,3	309,3	2,8	26,5	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 25 24'	ΑΥΓ.	12,4	17,7	30,9	35,1	ΒΑ	2,3	290,8	2,6	18,8	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-6,5	1,7	8,9	15,2	ΒΑ	2,2	119,6	5,5	93,0	11,0	1,0	M.E.E.Θ.
	30,0	ΦΕΒ.	-4,8	2,1	10,2	18,9	ΒΑ	2,1	123,7	5,2	94,4	9,4	0,5	M.E.E.A.
ΚΟΝΙΤΣΑ	Π 40 03'	ΙΟΥΛ.	12,3	16,9	30,6	36,0	N		276,5	1,9	22,2	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 20 45'	ΑΥΓ.	11,8	16,8	30,8	35,9	N		291,0	2,0	29,8	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-6,0	1,0	9,6	15,3	B		121,5	4,6	127,8	12,2	0,2	M.E.E.Θ.
	542,0	ΦΕΒ.	-5,5	1,4	11,1	16,9	B		111,8	4,4	104,6	10,2	0,1	M.E.E.A.
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	Π 37 58'	ΙΟΥΛ.	18,7	21,8	31,8	36,4	ΒΔ	2,1	340,6	1,0	5,7	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 22 57'	ΑΥΓ.	18,2	21,8	32,0	36,5	ΒΔ	2,0	335,6	0,9	2,9	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	0,8	6,4	13,7	19,1	N	1,9	107,7	4,7	61,5	0,7	0,0	M.E.E.Θ.
	4,0	ΦΕΒ.	1,6	6,7	14,7	10,6	N	1,9	112,6	4,3	42,5	0,3	0,0	M.E.E.A.
ΚΥΘΗΡΑ	Π 36 09'	ΙΟΥΛ.	19,6	22,8	29,3	34,8	Δ	2,6	365,9	0,6	3,2	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 23 00'	ΑΥΓ.	19,3	23,0	29,3	34,2	ΒΑ	2,8	344,6	0,7	4,1	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	4,2	9,1	13,5	17,7	ΒΑ	3,5	153,8	5,2	118,1	0,2	0,0	M.E.E.Θ.
	187,0	ΦΕΒ.	4,2	9,1	13,8	18,2	ΒΑ	3,5	134,2	4,8	64,1	0,0	0,0	M.E.E.A.
ΚΥΜΗ	Π 38 30'	ΙΟΥΛ.	16,5	21,0	28,6	34,2	ΒΔ	2,6		0,8	21,4	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 24 08'	ΑΥΓ.	17,3	21,2	28,5	34,4	ΒΔ	2,8		0,9	18,0	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	0,0	5,4	11,6	18,2	B	2,5		5,6	191,8	1,4	0,0	M.E.E.Θ.
	222,0	ΦΕΒ.	0,7	5,8	12,6	19,0	ΒΔ	2,5		5,0	136,1	1,0	0,0	M.E.E.A.
ΚΟΣ	Π 36 40'	ΙΟΥΛ.	18,0	21,2	29,0	33,2	ΒΔ	3,9		0,3	0,9	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 27 06'	ΑΥΓ.	17,9	21,4	29,3	33,1	ΒΔ	3,7		0,3	0,2	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	1,8	8,2	14,8	18,8	N	2,7		4,4	183,3	0,4	0,0	M.E.E.Θ.
	10,0	ΦΕΒ.	1,8	8,7	15,2	19,2	N	2,7		4,0	101,9	0,2	0,0	M.E.E.A.
ΛΑΜΙΑ	Π 38 54'	ΙΟΥΛ.	17,1	21,7	32,8	38,6	A	1,7	333,8	1,9	23,1	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 22 24'	ΑΥΓ.	17,5	21,2	32,6	38,0	A	1,7	320,0	1,7	13,5	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-1,4	4,1	12,0	18,3	Δ	1,4	102,6	5,1	79,5	3,6	0,2	M.E.E.Θ.
	144,0	ΦΕΒ.	-0,9	4,6	13,2	20,1	Δ	1,5	90,4	4,7	70,1	2,4	0,0	M.E.E.A.
ΛΑΡΙΣΣΑ	Π 39 38'	ΙΟΥΛ.	13,5	18,0	33,8	39,5	A	1,6	326,0	1,9	19,3	0,0	0,0	DB 1%
	Μ 22 25'	ΑΥΓ.	13,3	17,6	33,7	39,5	A	1,4	320,0	1,7	8,9	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-6,8	0,8	9,7	17,0	ΒΑ	0,8	85,1	5,3	41,2	11,8	0,8	M.E.E.Θ.
	73,0	ΦΕΒ.	-5,1	1,5	12,5	19,4	A	1,1	104,8	4,8	39,1	10,2	0,3	M.E.E.A.

Πίνακας 3.1: Συνέχεια

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΣΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΟΣΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0		
			[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]		[11]	[12]		
ΛΕΥΚΑΔΑ	Π 38 50' Μ 20 43' 1,0	ΙΟΥ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,1 17,4 -0,1 0,5	20,5 21,0 6,4 6,6	29,9 30,3 13,7 14,5	34,0 34,1 17,8 18,8	ΒΔ ΒΔ ΝΑ ΝΑ	1,9 1,7 1,7 1,8		1,1 1,2 4,9 4,7	4,5 12,2 179,6 148,2	0,0 0,0 1,7 0,8		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	0,0 -1,8
ΛΙΜΝΟΣ	Π 39 53' Μ 25 04' 13,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,2 17,8 -0,7 -0,5	21,0 21,2 5,7 3,9	29,9 30,0 10,9 12,0	34,2 34,1 17,0 17,4	ΒΑ ΒΑ ΒΑ ΒΑ	3,3 3,3 4,0 3,9	362,8 337,5 81,7 110,3	1,0 1,0 5,7 5,1	9,7 8,2 94,2 58,1	0,0 0,0 1,9 1,5	0,0 0,0 0,3 0,2	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	31,0 25,0 0,0
ΛΙΔΟΡΙΚΙ	Π 38 31' Μ 22 08' 600,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	12,3 12,7 -5,5 -4,4	16,9 17,3 1,3 2,0	31,0 31,4 9,9 11,2	36,9 36,8 15,9 18,0	ΝΔ ΝΔ ΒΑ ΒΑ			2,1 1,8 4,9 4,7	22,6 20,0 145,1 132,0	0,0 0,0 10,8 8,3	0,0 0,0 0,3 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	-6,5
ΜΕΘΩΝΗ	Π 38 50' Μ 21 42' 33,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,6 18,3 2,0 2,9	20,7 21,5 8,0 8,2	28,5 29,6 15,2 15,6	32,8 33,1 18,8 19,4	ΒΔ ΒΔ Β ΒΔ	3,9 3,5 3,8 4,1	358,1 338,9 121,6 124,9	0,7 0,9 5,2 4,8	0,5 4,8 137,4 65,5	0,0 0,0 0,6 0,2	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	1,0 0,5
ΜΗΛΟΣ	Π 38 45' Μ 24 27' 182,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	19,4 19,8 3,4 3,7	22,0 22,2 8,8 8,8	28,7 28,8 13,5 14,1	35,0 35,1 18,3 18,9	Β Β ΒΑ ΝΔ	3,0 3,0 3,7 3,5	424,0 399,4 93,7 87,6	0,5 0,6 5,2 4,8	0,4 0,7 99,9 54,2	0,0 0,0 0,2 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	3,0 1,4
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	Π 39 08' Μ 24 03' 2,3	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,8 18,4 0,2 1,1	21,9 21,6 6,8 7,5	31,1 30,7 12,2 13,1	35,8 35,8 17,5 18,2	ΒΔ ΒΔ Ν Ν	2,9 2,7 3,1 3,2	381,5 354,6 106,3 121,1	0,6 0,6 5,1 4,8	2,7 3,8 138,4 104,8	0,0 0,0 1,5 0,4	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	33,0 23,5 2,0 -1,3
ΝΑΞΟΣ	Π 37 06' Μ 25 23' 9,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,7 19,0 4,5 3,9	21,8 22,0 9,5 9,3	27,0 27,1 14,6 15,0	31,7 32,0 19,0 19,8	Β Β Β Β	4,0 4,0 4,2 4,1	338,2 325,3 102,3 117,2	0,8 0,7 5,5 5,2	1,7 3,0 77,8 55,0	0,0 0,0 0,0 0,1	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	29,5 25,0 4,0 1,5
ΝΑΥΠΛΙΟ	Π 27 24' Μ 22 49' 2,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,3 17,4 0,5 0,7	20,6 21,0 5,3 5,5	32,5 32,8 14,5 15,5	37,7 37,5 19,4 21,1	Ν Β Β Β	2,5 2,4 2,4 2,4		1,4 1,3 5,1 4,7	4,8 2,6 72,9 41,1	0,0 0,0 2,3 2,2		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	0,0 -0,5
ΞΑΝΘΗ	Π 41 08' Μ 24 53' 81,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,7 14,7 -4,4 -2,5	19,7 19,7 1,5 3,0	30,7 31,0 8,7 10,7	35,5 35,7 14,9 16,6	Β Β Β Β	1,9 1,9 2,0 1,9		1,5 1,4 4,4 4,0	58,4 26,8 124,8 109,9	0,0 0,0 7,0 2,7	0,0 0,0 0,4 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	-8,0
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ	Π 41 49' Μ 26 31' 43,0	ΙΟΥ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	12,4 11,5 -9,3 -8,3	17,2 16,8 -0,6 0,3	31,5 31,4 6,2 8,8	36,5 36,6 14,8 17,8	ΒΑ ΒΑ ΒΔ ΒΔ	2,6 2,6 2,6 2,6		2,3 1,9 5,4 4,8	33,6 22,4 56,8 53,1	0,0 0,0 16,9 13,5	0,0 0,0 3,1 1,8	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	-9,0 -13,2
ΠΑΛΛΗΧΟΡΑ	Π 35 14' Μ 23 40' 3,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	19,6 20,4 5,0 5,7	23,8 24,1 10,3 10,1	32,4 32,1 16,1 16,5	38,0 37,3 19,5 19,8	Β Β Β ΝΑ	2,8 2,8 3,2 3,2		0,2 0,3 4,8 4,5	0,0 0,2 137,5 77,0	0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	5,0
ΠΑΡΟΣ	Π 37 05' Μ 25 09' 1,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	15,2 15,3 1,8 2,2	19,6 19,9 8,0 7,3	28,6 29,9 14,8 15,6	32,9 34,2 19,7 20,7	Β Β Β Β	2,1 2,2 2,9 3,0	377,7 349,8 111,3 134,8	0,7 0,9 5,5 5,1	0,3 0,6 100,2 57,5	0,0 0,0 0,1 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	
ΡΑΤΡΑ	Π 38 15' Μ 21 44' 1,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,5 14,2 0,8 -0,7	17,8 17,9 5,4 5,5	30,3 31,1 14,3 15,0	35,3 36,1 18,4 19,8	ΝΔ ΝΔ ΝΔ ΝΔ	1,6 1,5 2,0 1,8	319,9 303,5 110,1 117,2	0,9 1,0 4,6 4,4	1,5 5,3 120,6 91,9	0,0 0,0 2,5 1,3	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	-1,0 -2,6
ΠΕΙΡΑΙΑΣ	Π 37 59' Μ 23 34' 2,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	20,1 20,4 2,3 2,3	23,6 23,8 7,7 7,8	30,9 31,1 13,7 14,3	35,3 35,1 18,8 19,3	ΒΔ Β ΒΑ ΒΑ	2,4 2,5 2,7 2,6		1,1 1,0 4,9 4,5	3,5 4,3 54,8 36,8	0,0 0,0 0,3 0,3		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	33,5 25,5 2,0 0,2
ΠΛΑΤΑΝΟΣ (Ναϊπατος)	Π 38 36' Μ 21 47' 851,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	10,9 12,1 -5,6 -4,2	15,8 16,5 0,5 0,8	26,5 27,3 7,7 8,3	31,6 32,3 13,6 14,6	ΒΔ ΒΔ ΒΔ ΝΔ	2,2 2,2 2,4 2,3		1,5 1,3 4,5 4,7	32,4 22,9 257,9 213,5	0,0 0,0 12,8 11,0	0,0 0,0 0,8 0,3	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.A.	-7,5

Πίνακας 3.1: Συνέχεια

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΗΣΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΩΣΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0		
			(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)		(12)	(13)		
ΠΟΛΥΓΥΡΟΣ	Π 40 23' Μ 23 26' 545,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	12,8 12,3 -7,3 -5,9	18,2 18,3 0,5 1,3	25,6 26,7 7,0 8,0	33,4 32,9 13,8 15,8	ΒΑ ΒΑ ΒΑ ΒΑ	1,5 1,5 2,0 2,1		2,0 1,9 5,1 4,6	24,3 19,9 76,5 49,1	0,0 0,0 13,8 9,9		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	-8,0
ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	Π 40 30' Μ 21 40' 601,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	9,2 9,2 -11,5 -9,1	14,1 14,0 -2,7 -2,3	29,0 30,0 5,8 8,6	35,0 35,6 14,6 16,8	ΒΔ ΒΔ ΒΔ ΒΔ	2,3 2,2 2,2 2,2		2,6 2,4 4,9 4,6	38,6 34,4 49,5 52,0	0,0 0,0 20,0 16,9	0,0 0,0 2,8 1,6	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	-12,0
ΠΥΡΓΟΣ	Π 37 41' Μ 21 26' 12,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	14,2 14,8 -0,5 0,5	17,4 17,8 5,3 5,6	32,4 33,0 15,2 16,1	37,5 38,4 19,6 20,6	ΒΔ ΒΔ ΒΔ ΒΔ	1,8 1,8 1,8 1,9	364,4 348,2 152,7 132,2	0,8 0,8 4,5 4,4	2,3 11,9 121,4 94,2	0,0 0,0 1,8 1,2		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	-1,0
ΡΕΘΥΜΝΟ	Π 35 21' Μ 24 31' 7,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,5 19,1 4,2 5,6	21,6 22,1 8,9 9,2	29,8 30,0 15,6 16,0	34,4 34,9 20,9 21,8	Β Β Ν Β	1,6 1,6 2,5 2,5	373,1 350,2 110,8 132,3	0,8 1,1 5,6 5,3	0,1 0,0 153,5 88,9	0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	3,0
ΡΟΔΟΣ (Μαρτιών)	Π 36 23' Μ 28 07' 35,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,3 18,9 1,5 2,1	21,4 21,9 7,5 7,8	31,9 32,3 15,3 15,8	36,1 36,9 19,2 19,4	Δ Δ ΝΑ ΒΔ	3,7 3,5 2,4 2,5	388,1 375,1 136,7 142,9	0,3 0,3 4,7 4,4	0,5 0,1 180,8 109,7	0,0 0,0 0,5 0,1		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	34,0 25,0 3,0
ΣΑΜΟΣ	Π 37 42' Μ 26 55' 48,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	19,6 19,8 1,8 2,5	22,1 22,2 8,1 8,2	30,0 30,0 13,7 14,3	34,2 34,5 18,5 19,1	ΒΔ ΒΔ ΒΔ ΝΑ	3,5 3,3 2,9 3,1	377,6 356,3 129,3 139,2	0,4 0,4 5,1 4,6	0,2 0,4 204,7 137,5	0,0 0,0 0,6 0,1		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	33,0 23,5 3,0 0,2
ΣΑΔΕΣ	Π 40 32' Μ 23 01' 51,9	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	15,5 14,9 -5,6 -4,0	19,5 19,3 1,6 2,4	32,3 32,3 9,6 11,8	37,0 37,3 16,9 18,3	ΒΔ Δ Β Β	1,6 1,6 1,6 1,7	343,5 308,0 105,9 120,6	2,2 2,0 5,2 4,8	25,9 16,6 41,0 30,6	0,0 0,0 10,3 8,1	0,0 0,0 0,6 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	
ΣΕΡΡΕΣ	Π 41 04' Μ 23 34' 32,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	13,8 13,0 -7,7 -6,0	18,1 17,3 0,0 1,1	33,0 33,0 8,5 11,4	38,2 37,9 15,8 18,5	Ν ΝΑ Ν ΝΑ	1,9 1,8 1,5 1,7	307,3 303,6 98,0 112,1	2,6 2,5 5,3 4,9	32,6 19,9 54,9 41,9	0,0 0,0 15,9 11,6	0,0 0,0 1,2 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	34,5 23,5 -9,0 -10,4
ΣΗΤΕΙΑ	Π 35 12' Μ 28 06' 25,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	18,5 19,1 4,4 4,8	22,4 22,6 9,1 9,3	29,1 29,4 16,2 16,5	34,6 34,4 21,0 21,1	ΒΔ ΒΔ ΒΔ ΒΔ	2,9 2,8 2,4 2,6	379,3 349,2 109,1 125,7	0,6 0,7 5,1 4,6	0,1 0,1 105,3 60,6	0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	4,0 2,8
ΣΚΟΠΕΛΟΣ	Π 39 07' Μ 23 44' 11,2	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	15,2 15,4 -1,2 0,0	19,4 19,4 5,5 5,8	28,7 28,6 11,6 12,7	34,7 33,8 17,8 19,8	ΒΑ Β Β Β	2,0 2,0 2,7 2,4		0,9 0,9 5,4 5,0	23,5 15,9 132,7 97,7	0,0 0,0 2,2 1,3	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	-2,9
ΣΚΥΡΟΣ	Π 38 54' Μ 24 33' 4,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	17,2 17,6 1,9 1,6	21,6 21,7 7,3 7,6	27,9 27,7 12,2 12,8	33,2 33,0 17,5 18,5	ΒΔ ΒΔ ΒΑ ΒΑ	3,3 3,3 4,0 4,0	362,7 340,1 75,2 96,2	0,8 0,7 5,7 5,1	6,4 3,8 110,5 69,1	0,0 0,0 0,4 0,4	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	30,5 25,5 2,0 0,2
ΣΥΔΑ	Π 35 33' Μ 24 07' 139,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	16,5 16,2 2,3 3,4	20,1 20,1 7,2 7,3	30,3 30,2 14,5 15,1	36,6 36,3 20,0 21,2	ΒΔ ΒΔ Β Δ	2,2 2,0 2,2 2,5	371,4 366,3 112,7 127,7	0,7 0,7 5,6 5,2	0,2 0,7 156,4 114,2	0,0 0,0 0,1 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	35,0 23,5
ΣΟΥΦΛΙ	Π 41 12' Μ 26 17' 15,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	12,1 12,0 -9,4 -7,9	17,1 16,2 -0,9 0,1	31,2 31,0 6,8 9,3	35,6 35,3 15,5 17,4	Β Β Β Β			2,1 1,9 5,3 5,0	25,7 17,1 83,3 71,9	0,0 0,0 16,4 13,2		DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	-10,0
ΣΥΡΟΣ	Π 37 27' Μ 24 57' 10,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	20,6 20,8 3,9 4,3	23,4 23,2 8,9 9,4	29,0 28,7 13,8 14,5	34,1 33,7 18,5 19,0	Β Β Β Β	3,5 3,4 3,3 3,2	387,3 361,5 110,6 142,0	0,6 0,6 5,3 4,9	1,0 0,8 84,9 59,3	0,0 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,0	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	3,0 2,8
ΤΑΝΑΓΡΑ	Π 38 19' Μ 23 32' 139,0	ΙΟΥΛ. ΑΥΓ. ΙΑΝ. ΦΕΒ.	13,8 13,3 -4,1 -2,8	18,0 18,0 3,3 3,5	32,0 32,0 11,5 13,0	38,2 38,5 18,2 19,9	Β Β Δ ΒΔ	2,2 2,2 1,8 2,1		1,3 1,1 5,5 5,2	8,0 11,0 79,9 55,5	0,0 0,0 5,9 4,7	0,0 0,0 0,3 0,1	DB 1% WB 1% M.E.E.Θ. M.E.E.Α.	36,0 25,0 -2,0

Πίνακας 3.1: Συνέχεια

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				ΑΝΕΜΟΙ		ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ		ΥΨΟΣ ΥΕΤΟΥ	ΜΕΙΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΜΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
			ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΕΛΑΧ.	ΜΕΣ. ΜΕΓ.	ΜΕΣ. ΑΠΟΛ. ΜΕΓ.	ΕΠ. ΔΥΝΣΗ	ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ	ΔΙΑΡ. ΚΕΙΑ	ΜΕΣΗ ΝΕΦΟΣΗ		ΕΛ. <0	ΜΕΓ. <0	
			(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)		(11)	(12)	
ΤΖΕΡΜΙΑΔΕΣ	Π 35 12' Μ 25 29' 820,0	ΙΟΥΛ.	7,0	11,3	25,1	32,6	ΒΔ			1,5	2,9	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	7,4	11,7	24,8	32,9	ΒΔ			1,8	22,5	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-5,3	2,3	9,7	16,8	Β			5,5	309,0	7,0	0,1	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	-4,0	2,5	11,0	18,6	Β			5,2	225,6	5,8	0,0	Μ.Ε.Ε.Α.
ΤΡΙΚΑΛΑ	Π 39 33' Μ 21 46' 112,0	ΙΟΥΛ.	15,7	19,7	34,3	39,5	ΒΔ	2,8		2,2	23,1	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	16,0	19,6	34,3	39,7	Δ	2,4		1,9	12,3	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-5,3	1,4	9,6	17,5	ΒΔ	2,4		5,4	92,0	10,1	0,5	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	-2,9	2,8	12,7	20,5	ΒΔ	2,4		4,8	78,6	6,6	0,2	Μ.Ε.Ε.Α.
ΤΡΙΠΟΛΗ	Π 37 31' Μ 22 24' 661,4	ΙΟΥΛ.	11,0	15,1	30,2	35,8	Β	1,9		1,6	20,5	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	10,9	15,1	29,0	35,8	Β	1,8		1,5	13,7	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-5,3	1,3	9,2	14,7	Β	1,5		5,2	123,4	11,1	0,4	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	-4,7	1,6	10,4	16,8	ΝΔ	1,8		5,0	112,3	9,0	0,3	Μ.Ε.Ε.Α.
ΦΑΡΙΣΑΑ	Π 39 18' Μ 22 23' 148,0	ΙΟΥΛ.	14,8	19,4	26,4	38,6	Α			1,3	25,8	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	14,1	18,8	33,2	38,7	Α			2,5	18,3	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-5,8	1,9	9,5	17,9	Δ			4,5	81,0	8,6	0,7	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	-3,8	2,5	11,7	18,7	ΝΔ			4,0	72,9	6,3	0,0	Μ.Ε.Ε.Α.
ΦΛΟΡΙΝΑ	Π 40 47' Μ 21 24' 650,0	ΙΟΥΛ.	9,7	14,5	28,8	34,6	Δ	1,9		2,6	41,3	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	9,7	14,6	28,8	34,4	Δ	1,9		2,3	32,6	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	-12,2	-3,4	4,3	13,2	Δ	1,1		5,4	75,4	23,4	8,1	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	-10,2	-2,0	7,1	15,6	Δ	1,3		4,9	62,2	18,5	3,3	Μ.Ε.Ε.Α.
ΧΑΛΚΙΔΑ	Π 38 28' Μ 23 36' 4,0	ΙΟΥΛ.	19,5	22,8	32,1	37,7	ΒΔ	2,9		1,2	6,7	0,0		DB 1%
		ΑΥΓ.	19,5	23,0	32,0	37,4	Β	2,9		1,3	10,2	0,0		WB 1%
		ΙΑΝ.	1,3	6,9	12,8	18,6	Β	2,6		5,5	61,2	0,9		Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	2,0	6,9	13,9	19,8	Ν	2,5		5,0	52,4	0,4		Μ.Ε.Ε.Α.
ΧΑΝΙΑ	Π 35 30' Μ 24 02' 62,0	ΙΟΥΛ.	18,2	21,3	30,2	36,0	ΒΔ	1,8	393,2	0,8	0,7	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	18,6	21,5	30,2	35,9	Β	1,7	368,7	0,8	2,8	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	4,5	8,7	15,4	20,8	ΝΔ	2,3	112,6	5,4	137,7	0,0	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	4,3	8,7	15,9	22,3	ΝΔ	2,1	127,6	5,1	100,0	0,0	0,0	Μ.Ε.Ε.Α.
ΧΟΣ	Π 38 20' Μ 28 08' 3,0	ΙΟΥΛ.	19,4	22,9	31,4	35,6	Β	3,0	391,2	0,5	1,4	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	19,9	22,7	31,2	35,3	Β	3,0	367,4	0,5	0,3	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	1,8	7,9	13,2	18,2	Β	2,9	109,1	5,2	166,5	0,5	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	1,8	7,7	13,5	18,7	Β	2,9	121,7	4,9	102,7	0,5	0,0	Μ.Ε.Ε.Α.
ΟΡΕΟΙ	Π 38 57' Μ 23 06' 4,0	ΙΟΥΛ.	14,8	18,0	31,4	36,8	ΒΑ			1,3	9,3	0,0	0,0	DB 1%
		ΑΥΓ.	15,2	17,9	31,1	36,3	ΒΑ			1,2	17,3	0,0	0,0	WB 1%
		ΙΑΝ.	0,6	4,7	12,2	18,3	Β			5,1	103,5	1,4	0,0	Μ.Ε.Ε.Θ.
		ΦΕΒ.	0,3	4,5	13,4	19,3	Β			4,8	72,9	3,1	0,0	Μ.Ε.Ε.Α.

- (1) **Συντεταγμένες Σταθμού:** Αναφέρονται κατά σειρά το Γεωγραφικό Πλάτος και Ανατολικό Μήκος και το Υψόμετρο του σταθμού (α)
- (2) **Μήνας:** Ονόματα των μηνών για τους οποίους αναγράφονται στοιχεία. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι δυσμενέστεροι της θερινής περιόδου (αναλόγως του κριτηρίου ένας από τους δύο είναι δυσμενέστερος για κάθε σταθμό) και αντίστοιχα ο Ιανουάριος και Φεβρουάριος για την χειμερινή περίοδο.
- (3) **Μέση Απολύτως Ελαχίστη, (°C):** Η μέση τιμή για τα έτη μετρήσεων της ελάχιστης θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε κάθε χρόνο στη διάρκεια αυτού του μήνα.
- (4) **Μέση Ελαχίστη, (°C):** Μέση τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας κάθε μέρας του συγκεκριμένου μήνα.
- (5) **Μέση Μέγιστη, (°C):** Μέση τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας κάθε μέρας, του συγκεκριμένου μήνα.
- (6) **Μέση Απολύτως Μέγιστη, (°C):** Η μέση τιμή για τα έτη μετρήσεων της μέγιστης θερμοκρασίας που παρατηρήθηκε κάθε χρόνο στη διάρκεια αυτού του μήνα.
- (7), (8) Αναφέρονται, κατά μήνα, η **διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων** και η **μέση ένταση** σε Μποφόρ
- (9), (10) **Ηλιοφάνεια:** Στη στήλη (9) δίνεται η ηλιοφάνεια σε ώρες ανά μήνα. Στη στήλη (10) η **μέση νέφωση**, σε όγδοα του ορατού ουρανού. Π.χ. τιμή νέφωσης 8 σημαίνει πλήρη κάλυψη του ουρανού από σύννεφα.
- (11) Δίδεται το **μέσο, μηνιαίο, ύψος νετού** (σε mm). Σε αυτό συνυπολογίζεται ο βροχή και το ισοδύναμο (μετά από τήξη) ύψος χιονιού, χαλαζιού κ.λπ.
- (12), (13) Στοιχεία **πιθανότητας παγετού**. Στη στήλη (12) ο μέσος αριθμός ημερών, στην διάρκεια του μήνα, που σημειώθηκε ελάχιστη θερμοκρασία κάτω από 0 °C και στη στήλη (13) ο μέσος αριθμός ημερών, αντίστοιχα, που σημειώθηκε μέγιστη θερμοκρασία ημέρας κάτω από 0 °C (άρα που όλη την ημέρα η θερμοκρασία ήταν κάτω από 0 °C).
- (14) Αναφέρονται, για σύγκριση, οι **Συνθήκες Σχεδιασμού Θέρους και Χειμώνα**. Δίδονται κατά σειράν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους ξηρού και υγρού θερμομέτρου (DB 1% και WB 1%), η συνθήκη σχεδιασμού χειμώνα κατά τον Κανονισμό θερμομόνωσης (Μ.Ε.Ε.Θ.) και η μέση Ετησίων Ελαχίστων (MEAN OF ANNUAL EXTREMES) Μ.Ε.Ε.Α.

Πίνακας 3.2: Συνθήκες σχεδιασμού κλιματιζόμενων χώρων το καλοκαίρι

ΕΙΔΟΣ ΧΩΡΟΥ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
Κατοικίες	25 - 26	40 - 50
Κτίρια γραφείων	25 - 26	40 - 50
Βιβλιοθήκες, Μουσεία	22	40 - 55
Εστιατόρια	23 - 26	50 - 60
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45 - 50
Νοσοκομεία		
- αίθουσες	24	45 - 50
- χειρουργεία	20 - 24	50 - 60
- αναρρωτήρια	24	50 - 60

Πίνακας 3.3: Τυπικές συνθήκες κλιματικού σχεδιασμού για χώρους επεξεργασίας ή αποθήκευσης τροφίμων

ΕΙΔΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ή ΒΙΟΤΕΧΝΙΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΑΡΑΓΟΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ Ξ.Θ. (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
ΑΡΤΟΠΟΙΙΑ	Μίξερ ζύμης	24 - 27	40 - 50
	Ζύμωση	24 - 28	70 - 75
	Δοχείο δοκιμών	33 - 36	80 - 85
	Ψύκτης ψωμιού	21 - 27	80 - 85
	Ψυχρό δωμάτιο	4 - 7	-
	Δωμάτιο προετοιμασίας	25 - 28	65 - 70
	Ανάμειξη κέικ	35 - 40	-
	Μπισκότα	15 - 18	50
	Συσκευασία	15 - 18	60 - 65
	Αποθήκευση		
	- ξηρά συστατικά	21	55 - 65
	- νοπά	-1 - +7	80 - 85
	Αλεύρι	21 - 24	50 - 65
	Αίψας	7 - 21	55 - 60
Ζάχαρη	27	35	
Νερό	0 - 2	-	
Κηρόχαρτα & χαρτά περιτυλίγματος	21 - 27	40 - 50	
ΑΠΟΣΤΑΧΤΗΡΙΑ	Αποθήκευση		
	- κόκκοι σιτηρών	15	35 - 40
	Υγρή μαγιά	0 - 1	-
	- παρασκευή	15 - 24	45 - 60
- ξήρανση	18 - 22	50 - 60	
ΖΑΧΑΡΩΤΑ ΣΟΚΟΛΑΤΟΠΟΙΑ	Ζαχαρωτά	27 - 30	40 - 50
	Χώρος εμβοπίσσεως	15 - 18	50 - 55
	Χώρος επενδύσεως	24 - 27	55 - 60
	Επένδυση, τελικό στάδιο γεμίσματος	27	50
	Επενδυτής	32	13
	Δέσιμο	21	40 - 50
	Τούνελ	4 - 7	ΣΔ -4 °C
	Συσκευασία	18	55
Δωμ. ειδικών δίσκων	21 - 24	45	
Γενική αποθήκη	18 - 21	40 - 50	
ΣΚΛΗΡΑ ΖΑΧΑΡΩΤΑ	Παρασκευή	24 - 27	30 - 40
	Ανάμειξη & ψύξη	24 - 27	40 - 45
	Τούνελ	13	ΣΔ +13 °C
	Συσκευασία	18 - 24	40 - 45
	Αποθήκευση	18 - 24	45 - 50
	Ξήρανση - Ζελέδες - Κόλλες	49 - 66	15
Ψυχρό δωμάτιο	24 - 27	45 - 50	
ΖΥΘΟΠΟΙΑ	Αποθήκευση - Λυκίσκος	-1 - 0	55 - 60
	Κριθάρι	27	60
	Υγρή μαγιά	0 - 1	75
	Μπύρα Lager	0 - 2	75
	Μπύρα A/e	4 - 7	75
	Κελάρι ζημώσεως		75
	Μπύρα Lager	4 - 7	75
	Μπύρα A/e	13	75
Κελάρι αποθηκείσεως	0 - 2		
ΣΙΤΗΡΑ	Συσκευασία	24 - 27	45 - 50
ΤΣΙΧΛΟΠΟΙΑ	Παρασκευή	25	33
	Κυλινδρισμός	20	63
	Λωριδοποίηση	22	53
	Τεμαχισμός	23	47
	Περιτύλιγμα - Συσκευασία	23	58

Πίνακας 3.4: Τυπικές συνθήκες κλιματικού σχεδιασμού για χώρους της μεταποιητικής βιομηχανίας

ΕΙΔΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ή ΒΙΟΤΕΧΝΙΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ Ξ. Θ. (σε °C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	
ΒΥΡΣΙΔΕΥΣΙΑ	Ξήρανση	21	75	
	Φυτική επεξεργασία	49	75	
	Χλωστική Αποθήκευση	10 - 16	60 - 60	
ΓΟΥΝΟΠΟΙΙΑ	Ξήρανση	43	-	
	Δομητική επεξεργασία Αποθήκευση	-9.0 - -7 4 - 10	55 - 65	
ΚΑΛΥΨΤΙΚΑ	Παρασκευή	18 - 21	-	
ΚΑΠΝΟ-ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	Παρασκευή τσιγάρων και πούρων	21 - 24	55 - 65	
	Μαλάκωση	32	85 - 88	
	Λαμβάνηση Αποθήκευση	24 - 30	75	
	και προετοιμασία	26	75	
	Στέγνωμα Πακετάρισμα, φόρτωση σε καρόφι	24	60	
ΣΠΙΡΤΑ	Κατασκευή	22 - 23	50	
	Ξήρανση Αποθήκευση	21 - 24 15 - 17	40 50	
ΤΥΠΟΤΗΡΙΑ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ	Εγχρώμα λιθογραφείο	24 - 27	46 - 48	
	Πλαστήριο Χώροι αποθηκευτικός Τύπων υφαντών αντονιών Αποθήκευση, δίπλωμα	23 - 27 Συνθ. ανέσεως Συνθ. ανέσεως	49 - 55	
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑ	ΒΑΜΒΑΚΕΡΑ	Ξήρανση - Ξάση	21 - 24	55 - 70
		Τέντωμα	26 - 31	50 - 55
		Κλωστήριο	27	55 - 60
		Δακτυλοειδής		
		Κλώση	27 - 30	60 - 70
	ΝΥΛΑ	Κλώση τελάρου	27 - 30	55 - 60
		Μασούρισμα	26 - 27	60 - 65
		Υφανση	28 - 27	70 - 85
		Χώρος υφανμάτων	24	85 - 70
		Κτένομα	24	55 - 65
	ΜΑΛΛΙΜΑ	Ξάση υφιδίων	24 - 27	60
		Υφανση	27	60
		Περιουλογή από το δέρμα	27 - 30	60
		Ξάση	27 - 30	65 - 70
		Κλώση	27 - 33	50 - 60
ΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑ	Τελική επεξεργασία	24 - 27	60	
	Υφανση - φίλεξη			
	Ελαφρά προϊόντα	27 - 30	55 - 70	
	Βαριά προϊόντα	27 - 30	80 - 65	
	Σχεδίαση	24 - 27	50 - 60	

ΕΙΔΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ή ΒΙΟΤΕΧΝΙΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ Ξ. Θ. (σε °C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)		
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΑΣΙΜΗΡΙΑ	Ξάση	27 - 30	60 - 70	
		Αποθήκευση	21 - 30	75 - 80	
		Τέντωμα	27 - 30	50 - 70	
		Κλώση	27 - 30	50 - 55	
		Μασούρισμα	24 - 30	55 - 60	
	ΜΕΤΑΞΙ	Υφανση	27	50 - 60	
		Τέλειωμα (φενόρισμα)	24 - 27	60	
		Προετοιμασία	27	60 - 65	
		Κλώση	27	65 - 70	
		Υφανση	27	80	
	ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ - ΡΑΓΓΙΟΝ	Κλώση	27 - 32	50 - 80	
			Ρήξη	27	50 - 60
			Πλέξη		
			Ενδυνάμωση	27	50 - 60
			Οξείδωση	27	55 - 60
ΠΑΚΕΤΑ ΤΣΕΡΒΟΛ		Παραγωγή Ραγγιόν	27	80	
		Ξήρανση	24 - 27	50 - 60	
		Ξάση - Τέντωμα - Κλώση	27 - 32	50 - 60	
		ΠΑΚΕΤΑ ΤΣΕΡΒΟΛ	27 - 30	65	
		ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ			
ΦΑΚΟΙ ΟΠΤΙΚΑ	Προετοιμασία & Κλώση	27	80		
	Τεχνητό μαλλί	27	70		
	Συνθετικό μετάξι Νάυλον	27	50 - 60		
Τύξη μορφοποιήσεως Τριβή, λείανση	Συνθ. ανέσεως	27	80		
ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ	Πυρωμαχικά	43 - 65	50 - 90		
	Δομώτα κατασκευής καλαυπιών	27	60 - 70		
	Αποθήκη αργίλου Γύψος & διακοσμητικός γύψος	15 - 27 24 - 27	35 - 65 45 - 50		
ΚΟΝΤΡΑ - ΠΛΑΚΕ	Θερμοπρέσα	32	60		
	Ψυχρή πρέσα	32	15 - 25		
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΜΒΛΠΤΙΣΕΩΣ ΚΑΟΥΤΣΟΥΚ	Κατασκευή	32	-		
	Μέσα συγκολλησεως	27	25 - 30		
	Χειρουργικά εργαλεία Αποθήκευση προ της κατασκευής Εργαστήρια (κατά ASTM)	24 - 32 16 - 24 23	25 - 30 40 - 50 50		
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	Ξήρανση	-7 - 52	40 - 80		
	Κόψιμο, πακετάρισμα	18 - 24	40 - 70		
	Αποθήκευση φιλμ, χαρτί φιλμ (μη αναφλέξιμα)	21 - 24	40 - 65		
	Νιτρικά φιλμ	16 - 27	40 - 50		
		4 - 10	40 - 50		

Πίνακας 3.5: Τυπικές συνθήκες κλιματικού σχεδιασμού για χώρους της κατασκευαστικής βιομηχανίας

ΕΙΔΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ή ΒΙΟΤΕΧΝΙΑΣ	ΚΥΡΙΑ ΠΑΡΑΓΟΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΘΕΡΜ/ΣΙΑ Ξ.Θ. (σε °C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	Περιελίξεις πηνίων & μεντών σε ηλεκτρονικές συσκευές & Ακτίνες Χ	22	15
	Καθοδοί σωλήνες	20	40
	Παραγωγή & Εργαστήρια Ηλεκτρικών οργάνων	21	50 - 55
	Συναρμολόγηση & βαθμονόμηση θερμοστατών	24	50 - 55
	Υγροστατών	24	50 - 55
	Συναρμολόγηση με μικρές ανοχές	22	40 - 45
	Συναρμολόγηση οργάνων μετρήσεως	23 - 24	60 - 63
	Μηχανισμοί διακοπής, ασφάλειες και διακόπτες	23	50
	Τυλίγματα	23	50
	Αποθήκη χαρτιού	23	50
	Επενδύσεις αγωγών	24	65 - 70
	Αλεξικέραυνα	20	20 - 40
	Διακόπτης ρεύματος, συναρμολόγηση & έλεγχος	24	30 - 60
	Ανορθωτές		
	Πλάκες σελινίου & οξειδίου του χαλκού	23	30 - 40
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ	Κατασκευή βαλβίδων	24	40
	Συναρμολόγηση συμπιεστών	21 - 24	30 - 45
	Συναρμολόγηση φυκτών Δοκιμές	Συνθ. ανέσεως 18 - 28	47
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ	Θερμοπλαστικά	27	25 - 30
	Σελοφάν	24 - 27	45 - 65
ΠΥΡΟΜΑΧΙΚΑ	Πυρομαχικά (γενικά)	43 - 65	50 - 90
	Στοιχεία μεταλλικών επικρυστήρων		
	Μέρη ξηράσεως	88	-
	Βαφές ξηράσεως	43	-
	Ξήρανση μαύρης πυρίτιδος	52	-
	Γέμισμα άκαπνης πυρίτιδος	21	40
Σκάγια	27	40	
ΥΑΛΟΠΟΪΑ	Κοπή	Συνθ. ανέσεως	
	Χώρος Βινυλίου	15	15
ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	Φασματογραφική ανάλυση	Συνθ. ανέσεως	
	Μηχανισμός προσαρμογής και συναρμολογήσεως	24 - 27	35 - 40
	Αποθήκευση		
	Παρεμβύσματα	38	50
	Κόλλες	18	40
Ρυθμίσεις ακριβείας διαφόρων μερών	Συνθ. ανέσεως		
Τρόχισμα	24 - 27	35 - 45	
ΤΡΙΒΕΙΑ	Κατασκευή	24 - 27	45 - 50

Πίνακας 3.9: Θερμότητα που αποδίδεται σε κλιματιζόμενους χώρους, κατά DIN 5035

ΧΩΡΟΣ ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ	ΦΩΤΙΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ* (σε Lux)	ΙΣΧΥΣ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ, W/m ²	
		ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ	ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ
Αποθήκες, Δωμάτια κατοικιών, θέατρα	120	25	8
Γραφεία, Αίθουσες διδασκαλίας	250	55	16
Αναγνωστήρια, Εργαστήρια, Εμπορικά καταστήματα	500	110	32
Λεπτοουργεία, Γραφικές τέχνες, Super Market	750	170	50
Τεχνικά σχεδιαστήρια, Γραφεία μεγάλα, Χειρουργεία	1000	-	65
Πολύ λεπτές κατεργασίες, Έλεγχος χρωμάτων (μεγάλων απαιτήσεων)	1500	-	100
Ηλεκτρονικά, Επεξεργασία πολύ μικρών τεμαχίων.	2000	-	130

* Υπενθυμίζεται ότι μονάδα της φωτεινής ροής (ρεύματος φωτός) είναι το 1 Lumen = 1 lm. Το μηχανικό ισοδύναμο του φωτός είναι 682 lm/W και η φωτιστική ισχύς 1 Lux = 1 lx = 1 lm/m².

Πίνακας 3.6. Συντελεστής αγωγιμότητας τοίχων
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΙΧΩΝ - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΜΑΔΑΣ

α/α Ο-ΜΑΔΑΣ	ΚΥΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΜΑΖΑ kg/m ²	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Κ	
				W/m ² °C	kcal/hm ² °C
C	ΤΟΥΒΛΟ ΟΥΡΕΩΣ 100 mm + ΤΟΥΒΛΟ	Κενό αέρα και τούβλο όψεως 100 mm	405	2,03	1,76
D		Κονό τούβλο 100 mm	440	2,36	2,03
C		25 mm μόνωση + κενό αέρα + 100 mm μμ τούβλο κονό	440	1,0 – 1,7	0,86 – 1,40
B		50 mm μόνωση + 100 mm κονό τούβλο	430	0,63	0,54
B		200 mm κονό τούβλο	635	1,70	1,46
A		50 mm μόνωση ή κενό αέρα + 200 mm κονό τούβλο	635	0,87 – 1,38	0,75 – 1,19
C	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΥΡΕΩΣ + μπετόν	κενό αέρα + συμπαγές μπετόν 50 mm	459	2,00	1,72
B		50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγές μπετόν	474	0,66	1,57
A		κενό αέρα ή μόνωση + 200 mm συμπαγές μπετόν	698 – 928	0,62 – 0,64	0,53 – 0,55
E	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΥΡΕΩΣ + ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΜΠΕΤΟΝ	100 mm μπετόν (block)	303	1,81	1,58
D		κενό αέρα ή μόνωση + 100 mm μπετόν (block)	303	0,86 – 1,4	0,74 – 1,20
D		200 mm μπετόν (block)	342	1,56	1,34
C		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 150 – 200 mm μπετόν (block)	356 – 434	1,25 – 1,56	1,08 – 1,34
B		50 mm μόνωση + 200 mm μπετόν (block)	434	0,55 – 0,61	0,47 – 0,52
D	100 mm ΤΟΥΒΛΟ ΟΥΡΕΩΣ + ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΕ ΑΡΓΙΛΛΟ	100 mm πλακάκι με αργίλλο	347	2,16	1,86
D		κενό αέρα + 100 mm πλακ + αργ	347	1,60	1,38
C		μόνωση + 100 mm πλακ + αργ	347	0,96	0,83
C		200 mm πλακάκι με αργιλ.	470	1,56	1,34
B		κενό αέρα ή 25 mm μόνωση + 200 mm πλ.	470	0,81 – 1,26	0,70 – 1,08
A		50 mm μόνωση + 200 mm πλ + αργ	474	0,55	0,43
E	ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΤΟΙΧΟΣ (π.χ. μπετόν) ΜΕ ΘΗΡΙΣΜΑ π.χ. ΣΟΒΑΤΙΣΜΑ	100 mm μπετόν (συμπαγής)	308	3,32	2,86
D		100 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόνωση	308	0,68 – 1,14	0,58 – 0,98
C		50 mm μόνωση + 100 mm συμπαγής	308	0,68	0,58
C		200 mm συμπαγής (μπετόν)	532	2,78	2,39
B		200 mm συμπαγής + 25 ή 50 mm μόν.	537	0,65 – 1,06	0,56 – 0,91
A		50 mm μόνωση + 200 mm συμπαγής	537	0,65	0,56
B		300 mm συμπαγής	762	2,39	2,06
A		300 mm συμπαγής + μόνωση	762	0,64	0,55
F	ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΤΟΙΧΟΣ ΕΛΑΦΡΥΣ ή ΒΑΡΥΣ + ΘΗΡΙΣΜΑ	100 mm block + κενό αέρα / μόνωση	142	0,91 – 1,49	0,78
E		50 mm μόνωση + 100 mm block	142 – 181	0,60 – 0,65	0,52 – 0,56
E		200 mm block	229 – 249	1,67 – 2,28	1,43 – 1,96
D		200 mm block + κενό αέρα / μόνωση	200 – 278	0,85 – 0,98	0,73 – 0,84
F	ΠΛΑΚΑΚΙ ΜΕ ΑΡΓΙΛΛΟ + ΘΗΡΙΣΜΑ (π.χ. ΣΟΒΑΣ)	100 mm πλακάκι	190	2,36	2,05
F		100 mm πλακάκι + κενό αέρα	190	1,72	1,48
E		100 mm πλακάκι + 25 mm μόνωση	190	0,99	0,85
D		50 mm μόνωση + 100 mm πλακάκι	195	0,63	0,54
D		200 mm πλακάκι	308	1,68	1,44
C		200 mm πλακάκι + κενό αέρα / 25 mm μόνωση	308	0,86 – 1,31	0,74 – 1,13
B		50 mm μόνωση + 200 mm πλακάκι	308	0,56	0,48
G	ΤΟΙΧΟΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΠΑΡΑΓΙΕΤ.	μσ / χωρίς κενό αέρα + 25 – 75 mm μόνωση	24 – 29	0,52 – 1,31	0,45 – 1,13
G		ΓΥΛΙΣΙΟ	22 mm – 75 mm μόνωση	78	0,46 – 1,01

Πίνακας 3.6.1. Υποδείξεις για τη εκτίμηση της ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς για τον υπολογισμό ψυκτικών φορτίων σε τοίχους εκτεθειμένους στον ήλιο.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΟΙΧΩΝ ΣΤΟΝ ΗΛΙΟ

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ	ΕΛΑΧΙΣΤΟ	ΜΕΓΙΣΤΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ	
ΟΜΑΔΑ Α'	B	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	7	1	
	BA	9	9	9	8	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	10	10	2	
	A	12	11	11	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	18	10	13	3	
	NA	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	20	10	13	3	
	N	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	18	9	10	1	
	NA	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	10	2	
	Δ	14	13	13	12	12	11	11	10	9	9	10	10	11	6	9	14	5	
BA	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	6	11	3		
ΟΜΑΔΑ Β'	B	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	16	5	7	2	
	BA	8	7	7	7	7	8	8	9	10	10	10	11	11	18	7	11	4	
	A	10	9	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	18	8	15	7	
	NA	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	18	8	14	6	
	N	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	16	6	11	5	
	NA	12	12	10	10	9	8	8	7	7	8	9	10	11	6	7	12	5	
	Δ	13	11	11	9	9	9	8	8	8	8	8	9	11	8	8	13	5	
BA	10	9	9	8	7	7	7	6	6	6	7	7	8	8	6	10	4		
ΟΜΑΔΑ Γ'	B	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	18	4	8	4	
	BA	6	6	7	6	7	8	10	10	11	12	12	12	13	18	6	13	7	
	A	8	7	4	8	3	11	13	14	15	16	16	17	17	18	4	17	13	
	NA	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	18	6	16	10	
	N	7	6	6	5	5	5	5	6	6	8	9	11	12	13	18	5	13	8
	NA	10	8	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	18	6	14	8	
	Δ	11	10	9	8	7	7	7	7	7	8	9	11	13	18	7	13	6	
BA	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	8	10	18	5	10	5		
ΟΜΑΔΑ Δ'	B	4	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	18	3	9	6	
	BA	5	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	18	4	14	10	
	A	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	18	5	18	13	
	NA	5	5	5	5	7	10	12	14	16	17	18	18	18	18	5	18	13	
	N	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	18	3	16	13	
	NA	8	6	5	5	4	4	5	5	7	9	12	15	18	18	4	18	14	
	Δ	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	18	5	17	12	
BA	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	18	4	12	8		
ΟΜΑΔΑ Ε'	B	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	18	2	11	9	
	BA	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	15	14	17	2	15	13	
	A	3	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	13	3	18	15	
	NA	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	19	18	18	14	3	18	15	
	N	3	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	2	19	17	
	NA	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	18	3	24	21	
	Δ	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	18	3	24	21	
BA	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	18	3	18	15		
ΟΜΑΔΑ ΣΤ'	B	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	18	1	13	12	
	BA	1	3	6	13	16	17	16	16	15	15	15	15	14	11	1	17	16	
	A	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	12	1	25	24	
	NA	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	13	1	24	23	
	N	1	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	16	1	22	21	
	NA	2	1	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	18	1	30	29	
	Δ	2	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	18	2	32	30	
BA	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	18	1	24	23		
ΟΜΑΔΑ ΣΤ'	B	1	4	5	5	7	8	10	12	12	13	14	14	15	18	1	15	14	
	BA	5	15	20	22	20	16	15	15	15	15	15	14	12	9	5	22	17	
	A	6	17	26	30	31	28	22	19	17	17	16	15	13	10	6	31	25	
	NA	3	10	18	24	27	28	27	23	20	18	16	15	13	11	3	28	25	
	N	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	14	0	26	26	
	NA	0	1	3	4	6	9	14	21	28	33	35	34	29	16	0	35	35	
	Δ	1	1	3	5	8	8	10	15	23	31	37	40	37	17	1	40	39	
BA	0	1	3	4	6	8	10	12	15	20	26	31	31	18	0	31	31		

Πίνακας 3.7: Θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπων (σε W)

ΒΑΘΜΙΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (σε W)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ (σε W)	ΜΙΚΤΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΑΤΟΜΩΝ			ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ (σε W)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ (°C ε.θ.)									
			Ποσοστόν %				28	26,5	25,5	24	21					
			Ανήδρες	Γυναίκες	Παιδιά											
Ατομα καθισμένα αναπαικτικά	Κινηματοθέατρα	88	45	45	10	103	51,3	51,3	57	45,4	62	41	67	35	78	28
Ατομα καθισμένα και μετρίως εργαζόμενα	Αβούσα Γυμνασικών παραδόσεων	132	50	50	0	117	53	64,5	57	60	63	54	70	47	81	37
Εργασία Γραφείου	Γραφεία Ενοδοχειακά Διαμερίσματα	130	50	50	0	132	53	79	59	73	63	69	72	80	84	48
Βραδεία εργασία ορθών ατόμων	Καταστήματα	161	10	70	20											
Ατομα όρθια ή βαδίζοντα με βραδυ ρυθμό	Μπαρ Τράπεζες	161 161	20 40	70 60	10 0	147	53	93,8	59	88	84,5	82	75	72	85	62
Ατομα που καταβάλλουν μικρή προσπάθεια	Εστιατόρια	147	50	50	0	161	55,7	105,5	64,5	97	70	91	82	79	94	67
Ατομα που εργάζονται με ταχύ ρυθμό	Εργοστάσια	234	60	40	0	220	55,7	164	64,5	155	72	148	86	133	107	84
Ατομα κινούμενα ταχύως	Χορευτικά κέντρα	264	50	50	0	249	64,5	185	72	177	81	169	95	154	117	132
Βάδισμα (5 km/h)	Βιωματικές	293	100	0	0	293	79	214	88	205	97	196	111	182	135	158
Έντονος προσπάθειες	Γυμναζόμενα άτομα	440	72	25	0	425	132	293	136	289	142	283	154	271	177	248

Πίνακας 3.8: Θερμικό κέρδος λόγω ανθρώπων (σε kcal/h)

ΒΑΘΜΙΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΟΣ	ΤΥΠΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (σε kcal/h)	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ (σε kcal/h)	ΜΙΚΤΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΑΤΟΜΩΝ			ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ (σε kcal/h)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΩΡΟΥ (°C ε.θ.)									
			Ποσοστόν %				28	26,5	25,5	24	21					
			Ανήδρες	Γυναίκες	Παιδιά											
Ατομα καθισμένα αναπαικτικά	Κινηματοθέατρα	76	45	45	10	88	44	44	99	39	53	35	58	30	66	15
Ατομα καθισμένα και μετρίως εργαζόμενα	Αβούσα Γυμνασικών παραδόσεων	113	50	50	0	101	45	55	49	52	54	47	60	40	69	31
Εργασία Γραφείου	Γραφεία Ενοδοχειακά Διαμερίσματα	120	50	50	0	113	45	68	50	63	54	59	62	52	72	42
Βραδεία εργασία ορθών ατόμων	Καταστήματα	139	10	70	20											
Ατομα όρθια ή βαδίζοντα με βραδυ ρυθμό	Μπαρ Τράπεζες	139 139	20 40	70 60	10 0	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Ατομα που καταβάλλουν μικρή προσπάθεια	Εστιατόρια	126	50	50	0	139	48	91	55	97	60	78	71	68	81	58
Ατομα που εργάζονται με ταχύ ρυθμό	Εργοστάσια	202	60	40	0	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	72
Ατομα κινούμενα ταχύως	Χορευτικά κέντρα	227	50	50	0	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	118
Βάδισμα (5 km/h)	Βιωματικές	252	100	0	0	252	88	184	78	176	83	169	96	156	116	138
Έντονος προσπάθειες	Γυμναζόμενα άτομα	378	72	25	0	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	215

Πίνακας 3.10: Θερμικά φορτία από ηλεκτροκινητήρες που λειτουργούν σε κλιματιζόμενο χώρο (σε BTU/h)

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (N) ΚΙΝΗΤΗΡΑ (σε HP)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΠΟ ΠΛΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΟ (α) (%)	ΘΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ		
		Κινητήρας εντός Συσκευής εντός N.2545 σ Btu/h	Κινητήρας εκτός Συσκευής εντός N.2545 Btu/h	Κινητήρας εντός Συσκευής εκτός N.2545 (1-σ) σ Btu/h
1/20	40	320	130	190
1/12	49	430	210	220
1/8	55	560	320	260
1/6	60	710	430	280
1/4	64	1.000	640	360
1/3	66	1.290	850	440
1/2	70	1.820	1.280	540
3/4	72	2.680	1.930	750
1	79	3.220	2.540	680
1 1/2	80	4.770	3.820	950
2	80	6.380	5.100	1.280
3	81	9.450	7.650	1.800
5	82	15.600	12.800	2.800
7 1/2	85	22.500	19.100	3.400
10	85	30.000	25.500	4.500
15	86	44.500	38.200	8.300
20	87	58.500	51.000	7.500
25	88	72.400	63.600	8.800
30	89	85.800	76.400	9.400
40	89	115.000	102.000	13.000
50	89	143.000	127.000	18.000
60	89	172.000	153.000	19.000
75	90	212.000	191.000	21.000
100	90	284.000	255.000	29.000
125	90	354.000	318.000	36.000

Πίνακας 3.11: Θερμικά φορτία από ηλεκτροκινητήρες που λειτουργούν σε κλιματιζόμενο χώρο (σε W)

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (N) ΚΙΝΗΤΗΡΑ (σε HP)	ΑΠΟΔΟΣΗ ΥΠΟ ΠΛΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΟ (α) (%)	ΘΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΧΩΡΟ		
		Κινητήρας εντός Συσκευής εντός (σε W)	Κινητήρας εκτός Συσκευής εντός (σε W)	Κινητήρας εντός Συσκευής εκτός (σε W)
1/20	40	94	38	55
1/12	49	126	61	64
1/8	55	160	93	76
1/6	60	208	126	82
1/4	64	300	187	105
1/3	66	378	250	128
1/2	70	533	375	168
3/4	72	785	565	219
1	79	943	740	199
1 1/2	80	1.398	1.120	278
2	80	1.870	1.500	375
3	81	2.700	2.200	527
5	82	4.600	3.750	820
7 1/2	85	6.600	5.600	1.000
10	85	8.800	7.500	1.300
15	86	13.000	1.120	1.900
20	87	17.158	1.500	2.200
25	88	21.220	1.900	2.600
30	89	25.147	2.300	2.800
40	89	33.706	3.000	3.800
50	89	41.900	37.200	4.700
60	89	50.400	44.800	5.800
75	90	62.100	58.000	8.200
100	90	83.220	74.700	8.500
125	90	103.800	93.200	10.600

Πίνακας 3.12: Θερμικά κλιματικά φορτία από συνήθεις ηλεκτρικές και επαγγελματικές συσκευές αμερικάνικης κατασκευής (σε Btu/h)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ Btu/h	ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΗΘΟΥΣ ΧΡΗΣΕΩΣ		
				σθητό φορτίο Btu/h	Λαμβάνον φορτίο Btu/h	Ολικό φορτίο Btu/h
Σταγμιότρος μαλλιών 15 A, 115 V	Χειροκίνητος	Ανεμιστήρας 165 W (915 έως 1500 στροφ.)	5.370	2.300	400	2.700
Σταγμιότρος μαλλιών 6,5 A, 115 V	Χειροκίνητος	Ανεμιστήρας 80 W (300 έως 710 στροφές)	2.400	1.870	330	-
Μηχανή μαλλιών Rembrandt	Χειροκίνητος	60 θερμαντικά 25 W καθ' ένα	5.100	850	150	1.000
Πλυντήριο - Σταγμιότρο		11" x 11" x 22"		12.000	23.460	35.460
Συσκευές αναμειγνύουσας		18" x 30" x 72"		1200	3.000	4.200
		18" x 24" x 72"		1.050	2.400	3.450
Αποσταρωτές ρούχων	Αυτόματος	16" x 24"		9.600	8.700	18.300
	Αυτόματος	20" x 36"		23.300	24.000	47.300
Βιοχημικοί Αποσταρωτές	Αυτόματος	24" x 24" x 36"		34.800	21.000	55.800
	Αυτόματος	24" x 24" x 48"		41.700	27.000	68.700
	Αυτόματος	24" x 36" x 48"		56.200	36.000	92.000
	Αυτόματος	24" x 36" x 60"		68.500	45.000	113.500
	Αυτόματος	36" x 42" x 84"		181.700	97.500	259.200
	Αυτόματος	42" x 48" x 96"		184.000	140.000	324.000
Αποσταρωτές νερού	Αυτόματος	10 gal		4.100	16.500	20.600
	Αυτόματος	15 gal		6.100	24.600	30.700
Αποσταρωτές Ιατρικών Οργάνων	Αυτόματος	8" x 8" x 17"		2.700	2.400	5.100
	Αυτόματος	9" x 10" x 20"		5.100	3.900	9.000
	Αυτόματος	10" x 12" x 22"		8.100	5.900	14.000
	Αυτόματος	10" x 12" x 36"		10.200	9.400	19.600
Αποσταρωτές οικειών	Αυτόματος	15" x 16" x 24"		10.800	20.400	31.000
	Αυτόματος	20" x 20" x 24"		12.300	25.600	37.900
Αποσταρωτές θερμού αέρα	Αυτόματος	Μεγάλο μοντέλο		2.000	4.200	6.200
	Αυτόματος	Μικρό μοντέλο		1.200	2.100	3.300
Συσκευές αποσκλήρυνσης νερού		5 gal/h		1.700	2.700	4.400

Πίνακας 3.13: Θερμικά κλιματικά φορτία από συνήθεις οικιακές και επαγγελματικές συσκευές αερίου αμερικάνικης κατασκευής (σε Btu/h)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΙΔΙΟΥΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ Btu/h	ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΗΘΟΥΣ ΧΡΗΣΕΩΣ		
				ΑΙΣΘΗΤΟ ΦΟΡΤΙΟ Btu/h	ΛΑΜΒΑΝΟΝ ΦΟΡΤΙΟ Btu/h	ΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ Btu/h
Εργαστηριακές λαχνές Bunsen	Χειροκίνητος	7/16 διαμ. (φυσικό αέριο)	1.800	960	240	1.200
Εργαστηριακές λαχνές Bunsen	Χειροκίνητος	7/16 διαμ. (φυσικό αέριο)	3.000	1.680	420	2.100
		7/16 διαμ. (φυσικό αέριο)	3.500	1.960	490	2.450
Κουστράς αερίου	Χειροκίνητος	7/16 διαμ. (φυσικό αέριο)	5.500	3.080	770	3.850
		1 1/2 διαμ. (φυσικό αέριο)	6.000	3.350	850	4.200
Αναπτήρας πούρων	Χειροκίνητος	Συνήθης τύπος αερίου	2.500	900	100	1.000
Σταγμιότρος μαλλιών 5 στόμων 10 στόμων	Αυτόματος	Στέγνωμα μαλλιών με παροχή θερμού αέρα	33.000	15.000	4.000	19.000
	Αυτόματος			21.000	6.000	27.000

Πίνακας 3.14: Θερμικά κλιματικά φορτία από ηλεκτρικές μαγειρικές συσκευές αμερικάνικης κατασκευής (σε BTU/h)

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ Y = Ύψος (in)	ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΓΟΓΗΣ Α: Αυτόματες Σ: Συνήθης	ΣΤΟΧΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ		
							ΑΙΣΙΘΗΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΛΑΜΒΑΝΟΥΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)
Βραστήρας καφέ	1/2 gal		Σ	Παραγωγή καφέ 660 W	2.240		900	220	1.120
Θερμαντήρας καφέ	1/2 gal 4 gal	20 x 30 x 26 Y	Σ	90 W 2.000 W	308 16.900	308	230 4.900	90 1.200	320 6.000
Δοχεία συντηρήσεως καφέ	3 gal 5 gal	12 x 23 x 21 Y Διαμ. 18 x 37 Y	Σ		15.300 17.000	2.600 3.600	2.200 3.400	1.500 2.300	3.700 5.700
Θρησάνδρες		22 x 22 x 57 Y	Α		16.000		5.000	-	5.000
Βραστήρας αυγών	2 τεμ.	10 x 13 x 25 Y	Σ	300 έως 550 W	3.740		1.200	800	2.000
Τηγάνι	11 1/2 lb 25 lb	Διαμ. 12 x 14 Y 16 x 18 x 12 Y	Α		8.840 23.800	1.100 2.000	1.600 3.800	2.400 5.700	4.000 9.500
Εσχάρα		18 x 8 x 8 Y 24 x 20 x 10 Y	Α		8.000 13.600	2.800 5.000	3.100 5.300	1.700 2.900	4.800 8.200
Ψησταίο toaster	108 τεμ/ή 360 τεμ/ή 720 τεμ/ή	6 x 11 x 9 Y 15 x 15 x 28 Y 20 x 15 x 28 Y	Α		4.150 7.500 10.200	1.000	2.450 5.100 8.100	450 1.300 2.800	2.900 6.400 8.700

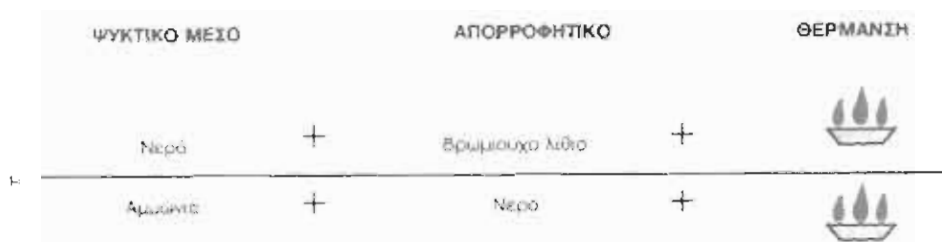
Πίνακας 3.15: Θερμικά κλιματικά φορτία από συσκευές καύσεως αερίων σε κλιματιζόμενους χώρους (σε BTU/h)

ΕΙΔΟΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ Y (= Ύψος) (in)	ΣΤΟΧΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΣ ή ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΘΕΡΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ		
						ΑΙΣΙΘΗΤΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΛΑΜΒΑΝΟΥΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)	ΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (Btu/h)
Παρασκευή καφέ	1/2 gal		*	3.400		1.350	350	1.700
Διατήρηση καφέ	1/2 gal 4 gal	19 x 30 x 26 Y		500	500	400 7.200	100 1.800	500 9.000
Δοχεία θερμού νερού	3 gal 3 gal 5 gal	Διαμ. 15 x 34 Y 12 x 23 x 21 Y Διαμ. 18 x 37 Y	Μαύρου χρώματος Επιπλακαμμένο	32.000	3.900 3.400 4.700	2.900 2.500 3.900	2.900 2.500 3.900	5.800 5.000 7.800
Χώρος διατήρησης θερμών φαγητών ανά 10 ² επιφάνειας				2.000	900	650	450	1.300
Κατσαρόλες	15 lb 28 lb	12 x 80 x 18 Y 15 x 35 x 11 Y	12.000 έως 22.000 Btu/h	14.250 24.000	3.000 4.500	4.200 7.200	2.800 4.800	7.000 12.000
Ψησταίο toaster	360 τεμ/ή 540 τεμ/ή	15 x 15 x 28 Y 20 x 15 x 28 Y		12.000 20.000	10.000 14.000	7.700 12.000	3.300 5.000	11.000 17.000

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΕΩΣ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

4.1 Σύγκριση με ψυκτικό σύστημα με συμπιεστή

Ένα σύστημα ψύξεως με απορρόφηση χρησιμοποιεί ένα ψυκτικό μέσο, ένα απορροφητικό και θερμότητα για να επιτύχει την ψύξη (σχήμα 4.1.). Αντίθετα με το ψυκτικό σύστημα με συμπιεστή, ο βασικός απορροφητικός κύκλος χρησιμοποιεί εξαρτήματα χωρίς κινούμενα μέρη. Γενικά ένα απορροφητικό κλιματιστικό είναι μια συσκευή ψύξης που ενεργοποιείται με θερμότητα, συνήθως με επίπεδο ηλιακό συλλέκτη που έχει το ρόλο της γεννήτριας, ενώ ένα συμβατικό κλιματιστικό απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει αφού χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή (αντλία) για να συμπέσει τον ατμό του ψυκτικού υγρού. Θα μπορούσαμε να λειτουργήσουμε και ένα κοινό κλιματιστικό με ηλιακή ενέργεια μετατρέποντας φως σε ηλεκτρισμό και να δουλέψουμε έτσι τον συμπιεστή.



Σχήμα 4.1 Σύστημα ψύξεως με απορρόφηση

Το σύστημα με απορρόφηση εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της παραγωγής ψύξεως όταν ένα υγρό εξατμίζεται μετατρέπόμενο σε αέριο και το φαινόμενο της συμπύκνωσης, της μετατροπής των ατμών σε υγρό, που συμβαίνει όταν απ' αυτούς αφαιρείται η θερμότητα. Έχουν πολύ λίγα κινούμενα μέρη και οποιαδήποτε πηγή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφεδρικά ή για βοηθητική θερμότητα, αν χρειάζεται, για να παραχθεί η ψύξη. Η λειτουργία του απορροφητικού ψυκτικού κύκλου βασίζεται στη θερμότητα που προστίθεται σ' ένα κύριο τμήμα του κύκλου και από την ισχυρή απορρόφηση των ψυκτικών ατμών από ένα απορροφητικό μέσο.

Τα συστήματα απορροφητικής ψύξης λειτουργούν σε κύκλους όπου το πρωταρχικό υγρό, ένα αέριο ψυκτικό, το οποίο έχει εξατμιστεί σε έναν εξατμιστή, απορροφάται από ένα δευτερεύοντα υγρό που λέγεται απορροφητικό.

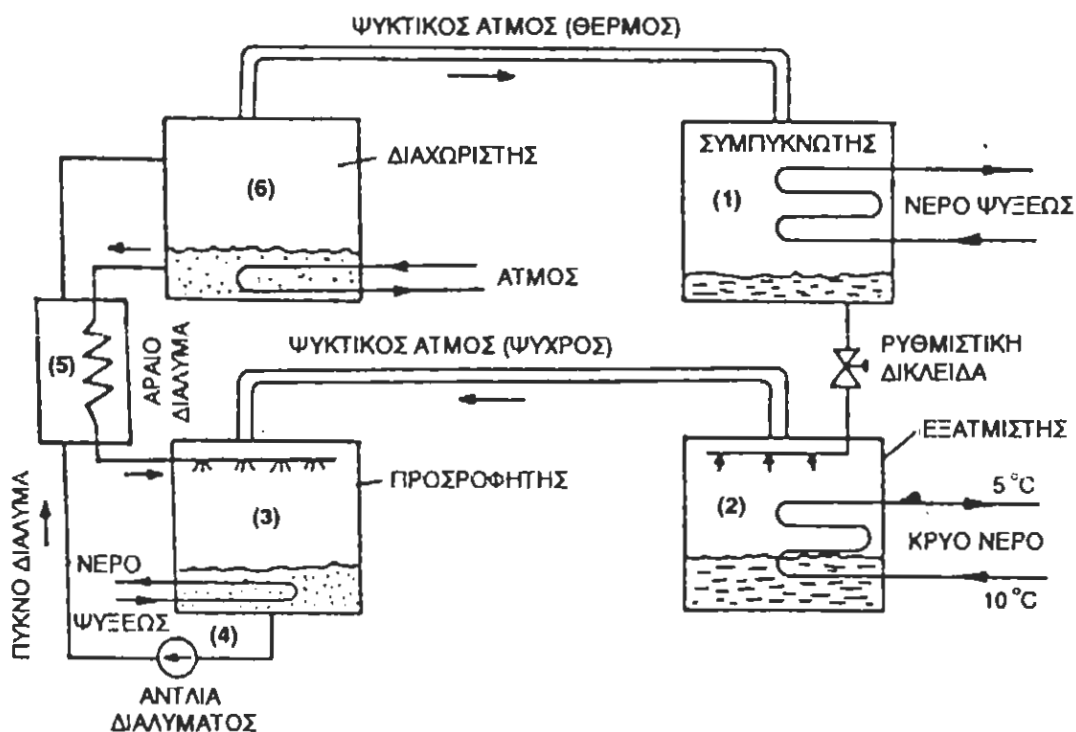
Ο συνηθισμένος κύκλος ψύξης αντικαθίσταται με μια σειρά διαδικασιών όπου ο ψυκτικός ατμός απορροφάται από ένα υγρό και μετά το υγρό διάλυμα αντλείται σε υψηλότερη πίεση, παρόλο που το απαιτούμενο έργο είναι μικρότερο, μεγάλες ποσότητες θερμότητας πρέπει να μεταφερθούν στο σύστημα. Ή αντί να χρησιμοποιήσουμε μηχανικό συμπιεστή μπορούμε να συμπέσουμε χημικά την ψυκτική ουσία δίχως τη χρήση μηχανικού συστήματος. Αυτό είναι εφικτό αφού μερικές χημικές ουσίες έχουν την ικανότητα να έλκουν κάποιες άλλες. Για παράδειγμα ένα ισχυρό διάλυμα LiBr έχει την τάση να έλκει νερό όταν είναι σε μορφή ατμού και το συμπιέζει. Αν ήταν να χρησιμοποιήσουμε νερό σαν το εργαζόμενο ρευστό ενός

κλιματιστικού, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε LiBr σαν να ήταν ο συμπιεστής. Στον πίνακα 4.1 φαίνονται τα κυριότερα ζεύγη ουσιών για συστήματα ψύξεως με απορρόφηση. Αυτή είναι η αρχή της απορροφητικής ψύξης.

ΜΕΣΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΩΣ (διαλυτικό)	ΨΥΚΤΙΚΟ ΜΕΣΟ
ΥΓΡΑ <ul style="list-style-type: none"> ● Θειικό οξύ (H_2SO_4) ● Καυστικό Κάλι (KOH) ● Καυστικό Νάτριο ($NaOH$) ● Νερό (H_2O) ● Νερό (H_2O) ● Διάλυμα θρωμιούχου Λιθίου (LiBr) σε Νερό ● σε Μεθανόλη (CH_3OH) 	Νερό (H_2O) Νερό Νερό Αμμωνία (NH_3) Μεθυλαμίνη (CH_3NH_2) Νερό (H_2O) Μεθανόλη (CH_3OH)
ΣΤΕΡΕΑ <ul style="list-style-type: none"> ● Χλωριούχο ασβέστιο ($CaCl_2$) ● Ενεργός άνθρακας (C) 	Αμμωνία (NH_3) Αμμωνία (NH_3)

Πίνακας 4.1. Κυριότερα ζεύγη ουσιών για συστήματα ψύξεως με απορρόφηση

Ο κύκλος ψύξεως με απορρόφηση εξαρτάται από τη δράση και την αντίδραση ανάμεσα στο ψυκτικό και στο απορροφητικό μέσο σε κατάλληλες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας εν κενού, και είναι μια διαδικασία ενεργειακής μετατροπής.



Σχήμα 4.2. Τυπική διάταξη κυκλώματος ψύξεως με τη μέθοδο της

απορρόφησης

Ενέργεια θερμότητας μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια συμπίεσης του ψυκτικού. Απαιτείται εισαγωγή θερμότητας γιατί αφού το χημικό απορροφητικό έχει απορροφήσει λίγο ψυκτικό χάνει τη δραστικότητα του και πρέπει να αναγεννηθεί. Το απορροφητικό αντλείται πάλι στη γεννήτρια όπου η ψυκτική ουσία βράζει και έτσι εξέρχεται πάλι χρησιμοποιώντας μια πηγή θερμότητας που μπορεί να είναι η ηλιακή θερμότητα. Έχουν χρησιμοποιηθεί επίπεδοι και συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες για την παροχή θερμότητας σε απορροφητικά κλιματιστικά. Στο σχήμα (4.2.) φαίνεται ο κύκλος της απορροφητικής ψύξης της οποίας η διαδικασία έχει ως εξής:

Ο ψυκτικός ατμός χωρίς υγρασία, μετά τον συμπυκνωτή (1) ρέει προς τον εξατμιστή (2) μέσω ρυθμιστικής δικλείδας. Εκεί παραλαμβάνοντας θερμότητα από το νερό, που ψύχεται, μετατρέπεται σε ατμό. Το νερό αυτό αποτελεί τον φορέα της ψύξεως.

Σε κατάσταση ατμού, το ψυκτικό ρευστό (νερό για σύστημα LiBr) από τον εξατμιστή (2) οδηγείται στον απορροφητή (3), όπου απορροφάται από κατάλληλο υγρό. Προκύπτει ένα πυκνό διάλυμα το οποίο συμπιέζεται με τη βοήθεια αντλίας (4) και οδηγείται στον διαχωριστή (γεννήτρια) (6), όπου θερμαίνεται ώστε να φύγει μεγάλο μέρος του διαλυμένου ψυκτικού ατμού, με τη μορφή θερμού ατμού. Ο ατμός αυτός οδηγείται στον συμπυκνωτή (1) κ.ο.κ.

Από τον διαχωριστή (6) απομακρύνεται με τη βοήθεια του εναλλάκτη (5) το αραιό διάλυμα και επανέρχεται στον προσροφητή, όπου διασκορπίζεται με καταιονισμό, για να εξασφαλιστεί μεγάλη επιφάνεια απορροφήσεως.

Τη θερμότητα που παράγεται κατά την απορρόφηση, την απομακρύνουμε με ψυκτικό νερό το οποίο κυκλοφορεί σε ενιαίο δίκτυο με το νερό του συμπυκνωτή. Η αντλία του διαλύματος (4) που ανεβάζει την πίεση από εκείνη του απορροφητή (εξατμιστή) στην πίεση του διαχωριστή (συμπυκνωτή), είναι το μόνο στοιχείο του εξοπλισμού το οποίο χρειάζεται μηχανική ενέργεια.

Ομοιότητες με κύκλο συμπίεσης ατμών:

- Στον κύκλο απορρόφησης η εισερχόμενη θερμότητα προκύπτει στη γεννήτρια απ' όπου διαχέονται το ψυκτικό και το απορροφητικό, το πρώτο σε μορφή ατμού να καταλήξει στον συμπυκνωτή και το δεύτερο να γυρίσει στον απορροφητήρα. Στον κύκλο συμπίεσης η εισερχόμενη θερμότητα συμβαίνει στον εξατμιστή, απ' όπου παράγεται ατμός.
- Οι συμπυκνωτές είναι ισοδύναμοι. Θερμότητα μεταφέρεται από το ψυκτικό σε σχετικά μεγάλες πιέσεις.
- Το ψυκτικό υψηλής πίεσης (απ' όπου έχει αφαιρεθεί θερμότητα από τον συμπυκνωτή) περνάει από μια εκτονωτική βαλβίδα που μειώνει τη θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού πριν εισέλθει στον εξατμιστή.
- Και στις δύο περιπτώσεις μεταφέρεται θερμότητα στο ψυκτικό μέσα στον εξατμιστή, όπου σαν αποτέλεσμα αυτής της μεταφοράς το ψυκτικό εξατμίζεται σε σχετικά χαμηλές πιέσεις και ο εξατμιστής απορροφάει τη θερμότητα και παρέχει την απαιτούμενη ψύξη και στους δυο μεθόδους.

- Ακόμη απαιτούν και οι δύο κύκλοι μικρή ποσότητα έργου ώστε να αυξηθεί η πίεση του υγρού πριν εισέλθει στον εξατμιστή ή στη γεννήτρια.

Διαφορές:

- Στην απορροφητική ψύξη η ενέργεια εισόδου προκύπτει στη μορφή θερμότητας στη γεννήτρια και έτσι η γεννήτρια μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες μικρότερες των 200°F, ενώ σε ένα σύστημα με συμπιεστή η απαιτούμενη ενέργεια είναι έργο ή ισχύς τα οποία έχουν μεγάλο κόστος.
- Σε κάποιους κύκλους απορρόφησης η παροχή της θερμότητας μπορεί να προμηθευτεί από έναν συλλέκτη επίπεδου τύπου ενώ το άλλο σύστημα απαιτεί μεγάλη θερμοκρασία ατμού για την λειτουργία του συμπιεστή και άρα μόνο η χρήση παραβολικού συλλέκτη θα ήταν εφικτή.

Στην ουσία τα κοινά σημεία του κύκλου μηχανικής συμπίεσης και του κύκλου απορροφήσεως είναι η εξάτμιση και η συμπύκνωση ενός ψυκτικού ρευστού. Οι δύο αυτές αλλαγές καταστάσεως του ψυκτικού ρευστού συμβαίνουν σε δύο διαφορετικά επίπεδα πιέσεως στον κύκλο. Οι δύο κύκλοι διαφέρουν στο ότι ο κύκλος απορροφήσεως για να δημιουργήσει αυτή τη διαφορά πιέσεως, χρησιμοποιεί θερμογεννήτρια, ενώ ο κύκλος μηχανικής συμπίεσεως χρησιμοποιεί συμπιεστή. Δηλαδή ο κύκλος απορροφήσεως χρησιμοποιεί φυσικοχημικές διαδικασίες, ενώ ο κύκλος συμπίεσεως χρησιμοποιεί καθαρά μηχανικές διαδικασίες. Πάντως και οι δύο κύκλοι χρησιμοποιούν ενέργεια που είναι μηχανική για τον κύκλο συμπίεσεως και θερμική για τον κύκλο απορροφήσεως.

Το μεγάλο μειονέκτημα της απορροφητικής ψύξης είναι πως για καλή απόδοση πρέπει να λειτουργεί για μεγάλα χρονικά διαστήματα και όχι περιοδικά. Γι' αυτό το λόγο κτίρια που διαθέτουν τέτοια συστήματα συνήθως έχουν δύο δεξαμενές, μια για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας και μία για την αποθήκευση του ψύχους. Ακόμη καλύτερη λειτουργία παρουσιάζουν με τη χρήση συγκεντρωτικών συλλεκτών παρά επίπεδων.

4.2 Κύκλος ψύξεως με απορρόφηση συνδεδεμένο με ηλιακό συλλέκτη

Γνωρίζουμε τα παρακάτω σημεία:

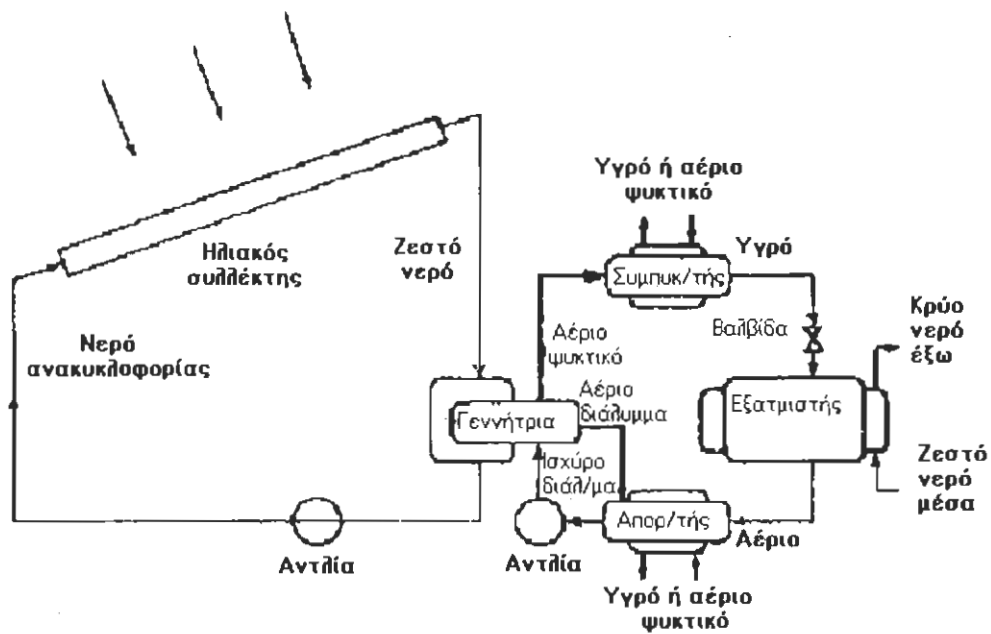
- (1) Τα υγρά βράζουν και εξατμίζονται πολύ πιο γρήγορα σε χαμηλή πίεση και εν κενό.
- (2) Το απορροφητικό μέσο έχει την ικανότητα να απορροφά ταχύτατα τους ατμούς του ψυκτικού μέσου.

Όταν το ψυκτικό υγρό ρέει μέσω ενός εξατμιστή χαμηλής πίεσης ψύξης νερού (chiller) ένα μέρος του εξατμίζεται και μετατρέπεται σε ατμό. Το υπόλοιπο ψυκτικό που παραμένει σε υγρή μορφή ψύχεται και έτσι

ευκολότερα παραλαμβάνει θερμότητα από το νερό που περιβάλλει τον εξατμιστή. Η απαγωγή της θερμότητας επιφέρει περισσότερη εξάτμιση ψυκτικού, προκαλώντας τελικά περισσότερη ψύξη στο νερό.

Αφού το ψυκτικό υγρό ατμοποιηθεί στον εξατμιστή, έχοντας πάρει θερμότητα από το νερό που τον περιβάλλει, ρέει προς τον απορροφητήρα λόγω της συντελούμενης σ' αυτόν απορρόφησής του. Στον απορροφητήρα, ο ατμός αναμειγνύεται ή διαλύεται στο απορροφητικό υγρό. Η πράξη της απορρόφησης προκαλεί διαφορά πίεσης μεταξύ του απορροφητήρα και του εξατμιστή. Η πίεση του απορροφητήρα είναι λίγο χαμηλότερη από αυτή του εξατμιστή.

Το μείγμα απορροφητικού υγρού και ψυκτικού ατμού ρέουν από τον



Σχήμα 4.3. Σύστημα ηλιακού απορροφητικού κλιματιστικού

απορροφητήρα προς τη γεννήτρια-διαχωριστήρα όπου θερμαίνονται ώσπου το απορροφητικό και ψυκτικό υγρό διαχωρίζονται ή βράζουν. Έτσι ο ψυκτικός ατμός διαχωρίζεται από το ψυκτικό υγρό. Η θερμότητά που προσδίδεται στη γεννήτρια-διαχωριστήρα αυξάνει την πίεση του ψυκτικού ατμού. Η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση του ψυκτικού στη γεννήτρια μπορεί να δοθεί άμεσα από ηλιακή ενέργεια μέσω ενός ηλιακού συλλέκτη όπως φαίνεται στο σχ4.3. Χωρίς συγκέντρωση η ηλιακή ενέργεια δεν μπορεί να θερμάνει ένα εργαζόμενο ρευστό πολύ παραπάνω από 70°C. Με παραβολικό συγκεντρωτικό συλλέκτη, ο κύκλος συμπύεσης ατμού μπορεί να αποδειχθεί πιο αποτελεσματική.

Το ψυκτικό τώρα βρίσκεται σε αέρια κατάσταση και είναι θερμό. Σ' αυτή την κατάσταση πηγαίνει προς το συμπυκνωτή όπου ψύχεται. Στο

συμπυκνωτή η θερμότητα μεταφέρεται από το ψυκτικό ατμό προς το νερό ή τον αέρα που περιβάλλει τον συμπυκνωτή. Μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό ότι οι λειτουργίες του συμπυκνωτή είναι παρόμοιες για το σύστημα με απορρόφηση αλλά και για το σύστημα με συμπιεστή.

Το ψυκτικό υγρό κατόπιν ρέει μέσω ενός ρυθμιστικού μηχανισμού στον εξατμιστή χαμηλής πίεσεως ψύξης νερού, όπου μετατρέπεται σε χαμηλής πίεσης αέριο και ο κύκλος ξαναρχίζει πάλι.

Ανακεφαλαιώνοντας τα βασικά εξαρτήματα του κύκλου ψύξης με απορρόφηση, αυτά είναι: ο εξατμιστής, ο απορροφητήρας, η γεννήτρια (διαχωριστής) η πηγή θερμότητας, ο συμπυκνωτής και ο ρυθμιστικός μηχανισμός. Η βασική λειτουργία και ο σκοπός κάθε εξαρτήματος περιγράφεται παρακάτω.

4.2.1 Εξατμιστής

Βασικά ο εξατμιστής είναι ένα μεταλλικό δοχείο μεταφοράς θερμότητας, με εσωτερικές σωληνώσεις, όπου η θερμότητα ρέει από το νερό προς το ψυκτικό. Η θερμότητα καθορίζει το χώρο που θα κλιματιστεί. Το ποσό της θερμότητας εξαρτάται από το χώρο που θα κλιματιστεί. Η θερμότητα μεταδίδεται από το χώρο αυτό στο νερό και στη συνέχεια μεταφέρεται στον εξατμιστή μέσω του κυκλώματος ψυχρού νερού (όπως περιγράφεται παρακάτω). Στον εξατμιστή η θερμότητα μεταφέρεται από το νερό προς το ψυκτικό υγρό μέσω της επιφάνειας του στοιχείου.

Μερικοί εξατμιστές φέρουν μπεκ για να αποσυνθέτουν (ψεκάζουν) το ψυκτικό υγρό σε σταγονίδια και να ολοκληρώνεται έτσι καλύτερα η διαδικασία της εξάτμισης και της μεταφοράς. Ο ψυκτικός ατμός στη συνέχεια αναρροφάται από τον απορροφητήρα. Μ' αυτό τον τρόπο, η θερμότητα μεταφέρεται από τον εξατμιστή στον απορροφητήρα.

Σε μερικά συστήματα με απορρόφηση, η θερμότητα μεταφέρεται άμεσα από τον κλιματιζόμενο αέρα στο ψυκτικό υγρό του εξατμιστή. Σ' αυτό το σύστημα ο εξατμιστής είναι ένα στοιχείο με σωληνώσεις και πτερύγια (εναλλάκτης), τοποθετημένος στην ροή του αέρα και όχι σε ένα μεταλλικό δοχείο.

4.2.2 Απορροφητήρας

Αυτό το εξάρτημα του συστήματος περιέχει το απορροφητικό υγρό που απορροφά τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή και τον μεταφέρει στη γεννήτρια (διαχωριστής) σε μια κατάσταση μείγματος ψυκτικού ατμού - απορροφητικού υγρού. Ο ψυκτικός ατμός συνήθως απορροφάται τόσο γρήγορα ώστε στη πράξη να προκαλείται ελάττωση της πίεσης στον εξατμιστή, και από μεγάλο όγκο ψυκτικού ατμού που υπήρχε αρχικά, μετατρέπεται σε πολύ μικρό όγκο διαλυμένου υγρού καθώς διαλύεται στο απορροφητικό. Αυτή η διαδικασία μοιάζει με την συμπίεση του ψυκτικού ατμού στον ψυκτικό κύκλο. Επειδή ο ψυκτικός ατμός μετατρέπεται σε υγρό κατά την διαδικασία της απορρόφησης αρκετή θερμότητα αποβάλλεται κατά την υδροποίηση στον απορροφητήρα. Το ψυκτικό υγρό που συνήθως χρησιμοποιείται σ' αυτή την περίπτωση είναι η αμμωνία ή το νερό.

Τύποι Απορροφητήρων.

Μερικά απορροφητικά συστήματα χρησιμοποιούν νερό ως απορροφητικό μέσο. Το νερό έχει δυνατή ανάμειξη με την αμμωνία και κατόπιν διαχωρίζεται απ'

αυτήν εύκολα όταν θερμανθεί αρκετά. Άλλα απορροφητικά συστήματα χρησιμοποιούν βρωμιούχο λίθιο (LiBr) ως απορροφητικό μέσο και νερό ως ψυκτικό. Επειδή το βρωμιούχο λίθιο είναι άλας έχει ισχυρή ανάμειξη με το νερό. Το μίγμα νερού και βρωμιούχου λιθίου εύκολα διαχωρίζεται εν κενώ σε χαμηλή πίεση όταν θερμανθεί αρκετά.

Ένας απορροφητήρας που χρησιμοποιεί βρωμιούχο λίθο μπορεί να περιέχει μέσα στο κέλυφός του ένα ξεχωριστό υδρόψυκτο στοιχείο για να παραλαμβάνει μέρος της θερμότητας απορρόφησης που παράγεται όταν το βρωμιούχο λίθιο απορροφά ατμούς νερού από τον εξατμιστή. Έτσι ψύχεται ο απορροφητήρας.

Μερικοί απορροφητήρες φέρουν μπεκ για να ατμοποιούν το απορροφητικό μέσο. Όταν το βρωμιούχο λίθιο επιστρέφει στον απορροφητήρα από την γεννήτρια εκχύνεται υπό μορφή νέφους στον απορροφητήρα. Μ' αυτό τον τρόπο το ατμοποιημένο βρωμιούχο λίθιο διαθέτει περισσότερη επιφάνεια και έτσι η απορροφητική δύναμη του αυξάνεται. Μια εκχυτική κεφαλή (μπεκ) στον απορροφητήρα αυξάνει το ποσό του ψυκτικού ατμού που απορροφάται από τον εξατμιστή. Τελικά ένας απορροφητήρας εκτός από το απορροφητικό μέσο μπορεί να περιέχει ένα υδρόψυκτο στοιχείο για τη μεταφορά της θερμότητας που παράγεται κατά την υγροποίηση και ένα μπεκ ατμοποίησης μέσου.

4.2.3. Γεννήτρια – Διαχωριστής

Η γεννήτρια (διαχωριστής) ενός απορροφητικού συστήματος είναι η πηγή ενέργειας που ξεκινά και ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας. Η κύρια λειτουργία της γεννήτριας είναι η δημιουργία τέτοιων συνθηκών ώστε το απορροφητικό υγρό να διαχωριστεί αμέσως από το ψυκτικό. Ανεβάζει σημαντικά την πίεση και τη θερμοκρασία του ψυκτικού ατμού, βοηθώντας το να αποβάλλει την θερμότητα που απέκτησε στον εξατμιστή. Η πηγή ενέργειας που θα δώσει την απαιτούμενη θερμότητα μπορεί να είναι ατμός, υγραέριο, θερμό νερό ή να προέρχεται από έναν ηλιακό συλλέκτη. Γενικά χρησιμοποιείται για ένα σύστημα που έχει μικρή απόδοση, ατμός και ζεστό νερό χρησιμοποιούνται για συστήματα μεγάλης απόδοσης

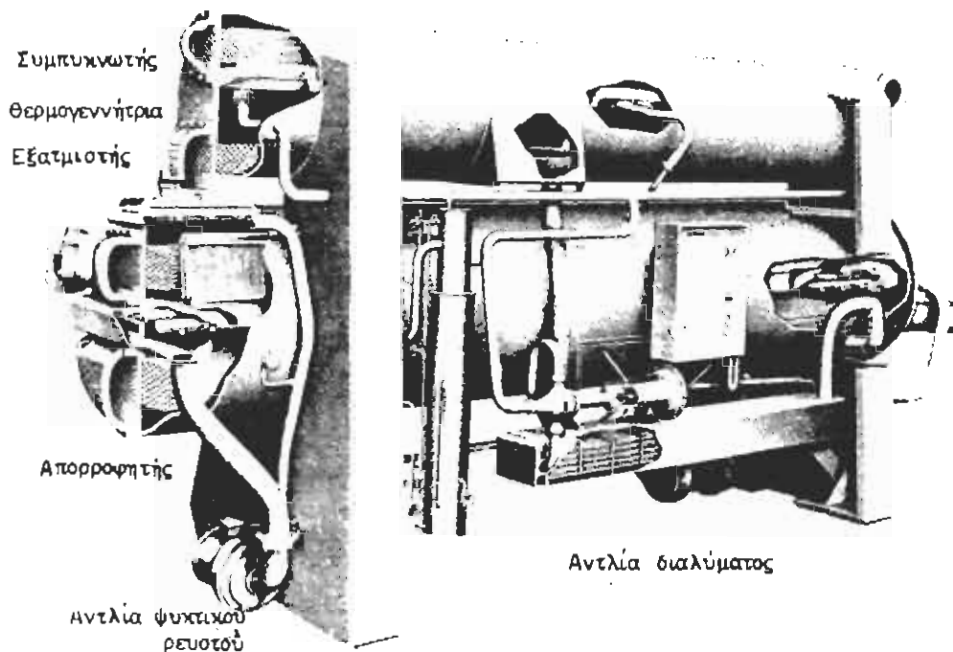
Οι λειτουργίες του απορροφητήρα και της γεννήτριας συγκρίνονται με τις λειτουργίες του συμπιεστή. Ο απορροφητήρας κατά κάποιο τρόπο συμπιέζει το ψυκτικό υγρό και η γεννήτρια το θερμαίνει επιτυγχάνοντας συνθήκες υψηλής πίεσης.

4.2.4. Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής του απορροφητικού συστήματος παρουσιάζει τις ίδιες λειτουργίες με το συμπυκνωτή του συστήματος με συμπιεστή. Παίρνει δηλαδή θερμότητα από τον ψυκτικό ατμό αναγκάζοντας τον να συμπυκνωθεί και να υγροποιηθεί.

Μερικοί συμπυκνωτές είναι αερόψυκτοι και χρησιμοποιούν ρεύμα αέρα που περνά μέσα από τα πτερύγια ψύξεως του στοιχείου του συμπυκνωτή με τη βοήθεια ανεμιστήρα. Άλλοι συμπυκνωτές είναι υδρόψυκτοι και χρησιμοποιούν νερό για να μεταφέρουν την θερμότητα από τον ψυκτικό ατμό. Ο ψυκτικός ατμός ψύχεται και συμπυκνώνεται σε υγρό. Το υγρό είναι τώρα σε υψηλή πίεση. Περνά μέσω ενός εκτονωτικού ρυθμιστικού μηχανισμού και πηγαίνει στον εξατμιστή χαμηλής πίεσης.

Ένας ψύκτης απορροφήσεως απεικονίζεται στο σχήμα 4.4. Αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται κυρίως, για μέσου και μεγάλου μεγέθους εγκαταστάσεις (50 έως 1500 ton ή 17 έως 528 kW/h) και είναι πολύ οικονομικοί, ιδιαίτερα εκεί που υπάρχει διαθέσιμος ατμός ο οποίος διαφορετικά θα χάνονταν, όπως σε εργοστάσια φυσικού αερίου, αποτέφρωσης και σε θερμές πηγές ή θερμότητα που μπορεί με τη σειρά του να παράγει ατμό όπως γίνεται με τους ηλιακούς συλλέκτες.

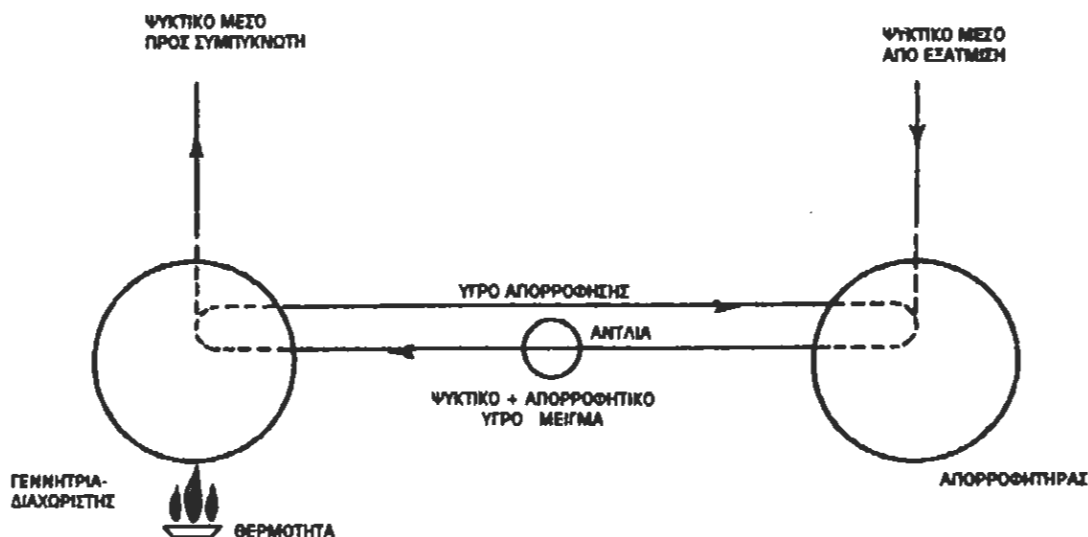


Σχήμα 4.4. Ψύκτης απορροφήσεως

4.3 Απορρόφηση- Κύκλος απορροφητικού μέσου

Στον απορροφητή το απορροφητικό μέσο σε υγρή κατάσταση έλκει τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή (σχ4.5α). Εκεί ο ψυκτικός ατμός υγροποιείται και αναμειγνύεται με το απορροφητικό υγρό. Το υγρό μείγμα ρέει προς την γεννήτρια με τη βοήθεια μιας αντλίας που εξασφαλίζει την κατάλληλη ροή. Στη γεννήτρια προσδίδεται θερμότητα στο μείγμα με τη βοήθεια ατμού, υγραερίου, θερμού νερού ή ηλιακής ενέργειας. Η θερμοκρασία του μείγματος ανεβαίνει και πλησιάζει τη θερμοκρασία βρασμού, οπότε το ψυκτικό υγρό εξατμίζεται, ενώ το απορροφητικό υγρό παραμένει υγρό. Έτσι το απορροφητικό υγρό αφού έχει διαχωριστεί επιστρέφει στον απορροφητήρα. Η ροή της επιστροφής ρυθμίζεται από ένα μηχανισμό ελέγχου ροής.

Μπορεί να απορροφήσει περισσότερους ατμούς από τον εξατμιστή. Κατ' αυτόν τον τρόπο το απορροφητικό υγρό έλκει πάλι τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή και ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

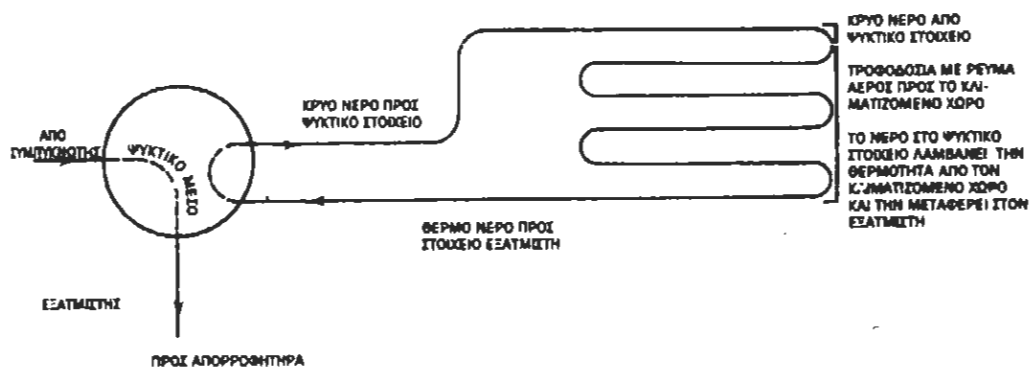


Σχήμα 4.5α. Κύκλος απορροφητικού υγρού.

4.4 Κύκλος ψυχόμενου νερού

Σαν ψυχόμενο νερό θα αναφέρεται το κρύο νερό (που έχει ψυχθεί στον εξατμιστή) και το οποίο θα κρυώσει - ψύξει τον αέρα που θα πάει στο χώρο που θα κλιματιστεί.

Ένας τρίτος κύκλος σ' ένα ψυκτικό σύστημα με απορρόφηση είναι ο κύκλος του ψυχόμενου νερού που μεταφέρει τη θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο και την αποδίδει στον εξατμιστή (σχ.4.5β). Το ψυχρό νερό φεύγοντας από τον εξατμιστή ψύξεως νερού, ρέει προς ένα στοιχείο, της κλιματιστικής μονάδας, τοποθετημένο στο ρεύμα του αέρα που θα κλιματιστεί - ψυχθεί. Ο αέρας περνώντας από το στοιχείο αυτό ψύχεται, και με την κατάλληλη επεξεργασία του στην κλιματιστική μονάδα εισέρχεται στον κλιματιζόμενο χώρο. Στο στοιχείο η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων του στοιχείου από τον αέρα στο νερό. Το θερμό νερό στη συνέχεια ρέει από το στοιχείο προς τον εξατμιστή ψύξης νερού.



Σχήμα 4.5β. Κύκλος ψυχόμενου νερού.

Στον εξατμιστή η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των τοιχωμάτων του στοιχείου, από το νερό στο ψυκτικό υγρό. Το ψυχρό νερό επιστρέφει στο στοιχείο της κλιματιστικής μονάδας για να ψύξει τον αέρα κλιματισμού του χώρου. Ο αέρας μεταδίδει τη θερμότητα που έχει πάρει από τον κλιματιζόμενο χώρο στο νερό. Έτσι το νερό θερμαίνεται και ο κύκλος επαναλαμβάνεται

4.5. Ζεύγη ουσιών για σύστημα απορροφητικής ψύξης

Υπάρχουν διάφορα ζεύγη ουσιών όπως φαίνονται και στον πίνακα 4.1, τα πιο κοινά είναι το σύστημα νερού-αμμωνίας και το σύστημα βρωμιούχου λιθίου-νερού.

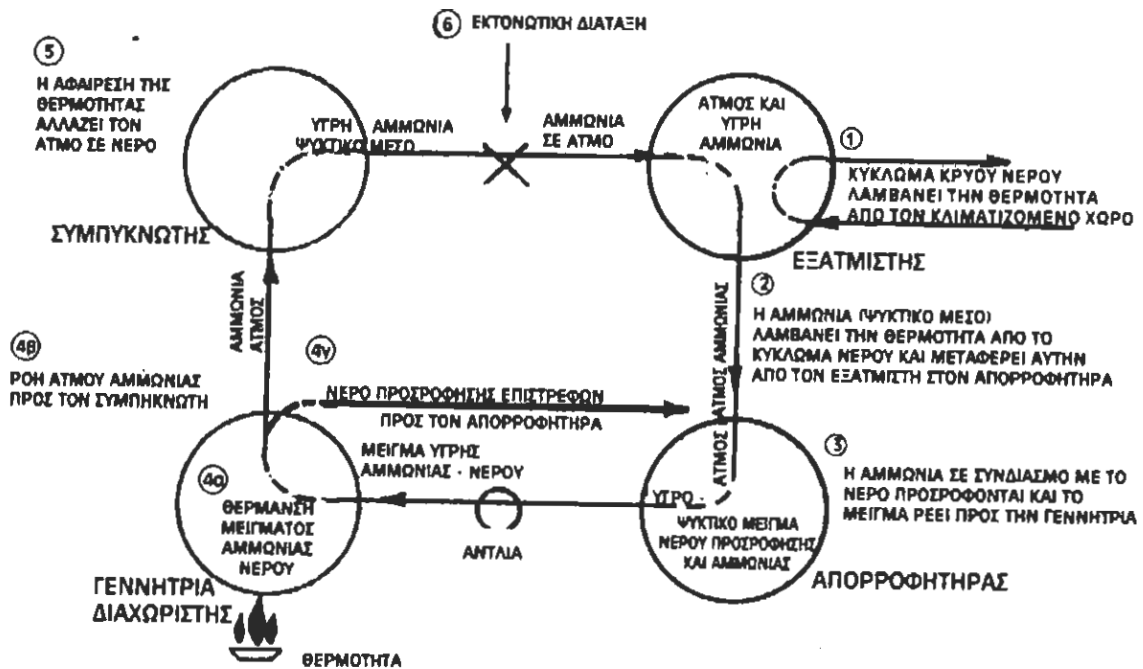
4.5.1 Σύστημα νερού- αμμωνίας

Σ' ένα απορροφητικό σύστημα αμμωνίας - νερού το νερό είναι το απορροφητικό μέσο και η αμμωνία το ψυκτικό υγρό. Λεπτομέρειες για τα χαρακτηριστικά της αμμωνίας ως ψυκτικό υγρό στο τέλος του κεφαλαίου.

Ο κύκλος

Καθώς η υγρή αμμωνία ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης, ένα μέρος της ατμοποιείται. Κατ' αυτόν τον τρόπο όμως η παραμένουσα υγρή αμμωνία ψύχεται και αρχίζει να απάγει θερμότητα από το νερό που διέρχεται από τον εξατμιστή. Το παραγόμενο ψυχρό νερό χρησιμοποιείται για την ψύξη του κλιματιζόμενου χώρου. Η μεταφορά της θερμότητας από το νερό θερμαίνει την ψυχρή υγρή αμμωνία με αποτέλεσμα να ατμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητά της και έτσι να προκαλείται περισσότερη ψύξη.

Η αμμωνία στον εξατμιστή έχοντας παραλάβει θερμότητα από το νερό, μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός της αμμωνίας έλκεται προς τον απορροφητήρα. Ο ατμός της αμμωνίας ενώνεται με το "απορροφητικό" νερό για να παράγει ένα υγρό μείγμα. Αυτό το υγρό μείγμα αμμωνίας και νερού ρέει προς την γεννήτρια - διαχωριστή.



Σχήμα 4.6. Κύκλωμα συστήματος αμμωνίας-νερού

Στη γεννήτρια το μίγμα θερμαίνεται μέχρι να διαχωριστεί. Το ψυκτικό υγρό - αμμωνία θερμαινόμενο ατμοποιείται και έτσι διαχωρίζεται από το απορροφητικό νερό. Η αμμωνία δηλαδή διαχωρίζεται από το νερό με τη θερμότητα που προστίθεται στην γεννήτρια. Έτσι η αμμωνία είναι τώρα σε υψηλότερη πίεση απ' ότι ήταν πριν θερμανθεί.

Το απορροφητικό νερό (νερό απορρόφησης) επιστρέφει στον απορροφητήρα. Ο αμμωνιακός ατμός έχοντας υψηλή πίεση ρέει προς τον συμπυκνωτή. Στον συμπυκνωτή η θερμότητα μεταδίδεται από τον αμμωνιακό ατμό μέσω των τοιχωμάτων του στο ρεύμα αέρα που περνά από το στοιχείο του συμπυκνωτή. Έτσι ο αμμωνιακός ατμός ψύχεται υγροποιείται και ρέει σε υγρή μορφή και με υψηλή πίεση προς τον εξατμιστή. Η υγρή αμμωνία πριν από τον εξατμιστή περνά από ένα εκτονωτικό ρυθμιστικό μηχανήμα που ρυθμίζει την ποσότητα και την πίεσή της και οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Η αμμωνία ως ψυκτικό είναι πάλι ατμός και έτσι ο κύκλος επαναλαμβάνεται.

Η ικανότητα ψύξης της αμμωνίας είναι από 10 έως 18kW. Η αμμωνία κάνει τον κύκλο να λειτουργεί σε πιέσεις συμπιεστή περίπου 21 bar και εξατμιστή 4,8 bar.

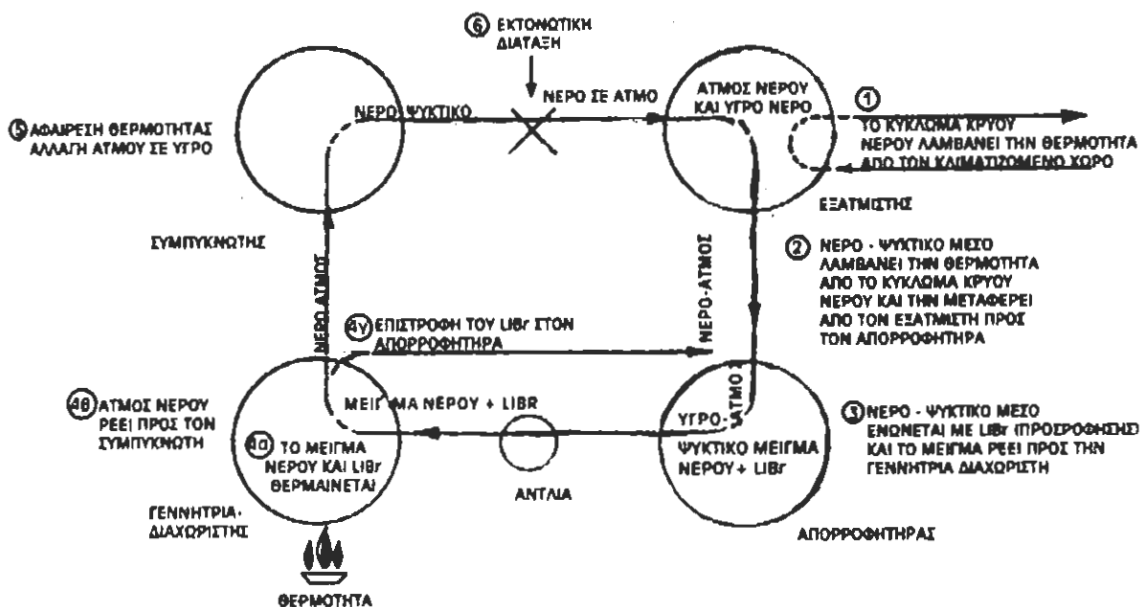
Το σύστημα αμμωνίας-νερού περιλαμβάνει εκτός από τα παραπάνω και ρεκτιφιέ που τοποθετείται πριν το συμπυκνωτή και η λειτουργία του είναι να απομακρύνει όλο το νερό από την αμμωνία ώστε να μην εισέλθει στον συμπυκνωτή, παγιδεύει το νερό και τον επιστρέφει σε μορφή υγρού στον απορροφητή. Το σύστημα νερού- αμμωνίας Εφαρμόζεται για μικρή ισχύς κλιματισμού (10- 36kW).

4.5.2 Σύστημα νερού- Βρωμιούχου λιθίου (LiBr)

Στο απορροφητικό σύστημα νερού - βρωμιούχου λιθίου χρησιμοποιείται το νερό σαν ψυκτικό υγρό και το βρωμιούχο λίθιο σαν απορροφητικό υγρό. Εφαρμόζεται συνήθως για μεγάλη ισχύς κλιματισμού (100-5300kW).

Ο κύκλος

Καθώς το νερό, σαν ψυκτικό, ρέει μέσα στις σωληνώσεις του εξατμιστή ψύξης νερού (τσιλλερ) ένα μέρος του γίνεται ατμός. Κατ' αυτόν τον τρόπο όμως, το παραμένον νερό ψύχεται και συγχρόνως αρχίζει να απορροφά θερμότητα σαν ψυκτικό υγρό από το θερμό νερό που διέρχεται έξω απ' τις σωληνώσεις του εξατμιστή. Το νερό αυτό ψύχεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να ψύξει το χώρο που κλιματίζεται. Η θερμότητα που απορροφά το ψυκτικό νερό έτσι προκαλεί περισσότερο νερό να εξατμιστεί.



Σχήμα 4.7 Σύστημα κύκλου νερού-βρωμιούχου λιθίου (LiBr)

Όταν το ψυκτικό "νερό", έχοντας πάρει θερμότητα στον εξατμιστή, ατμοποιείται, ρέει προς τον απορροφητήρα ελκόμενο λόγω της απορρόφησης του από το βρωμιούχο λίθιο (δυνατό απορροφητικό) και όσος ατμός σχηματίζεται στον εξατμιστή συνεχώς απορροφάται από το LiBr στον απορροφητή. Το υπόλοιπο νερό στον εξατμιστή συνεχίζει να βράζει και να παίρνει θερμότητα από αυτό που ψύχεται. Κατά την πάροδο της διαδικασίας ο ατμός μετατρέπεται πάλι σε νερό. Το μείγμα νερού και υγρού LiBr ρέει προς τη γεννήτρια - διαχωριστήρα.

Στη γεννήτρια το μείγμα θερμαίνεται μέχρις ότου αρχίσει ο βρασμός του νερού και η μετατροπή του σε ατμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο το ψυκτικό νερό διαχωρίζεται από το απορροφητικό βρωμιούχο λίθιο. Το απορροφητικό υγρό επιστρέφει στον απορροφητήρα και το ψυκτικό νερό ως ατμός ρέει υπό πίεση στο συμπυκνωτή.

Στο συμπυκνωτή καθώς η θερμότητα μεταδίδεται από τον ατμό του νερού μέσω των τοιχωμάτων του συμπυκνωτή, το νερό ψύχεται και επιστρέφει στην υγρή του κατάσταση. Το ψυκτικό νερό είναι ακόμα υπό υψηλή πίεση.

Στη συνέχεια ρέει και περνώντας μέσω ενός εκτονωτικού ρυθμιστικού οδηγείται στον εξατμιστή ψύξης νερού χαμηλής πίεσης. Εκεί ένα μέρος του ψυκτικού νερού εξατμίζεται και ο ψυκτικός κύκλος επαναλαμβάνεται. Παρόλο που το νερό ως ψυκτική ουσία έχει πολλά μειονεκτήματα, έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης (1070 Btu/lb στους 40°F ή 594,2 kcal/kg 2487,7 kJ/kg στους 4,44°C). Συνήθεις καταστάσεις για τον ψυκτικό κύκλο φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

A/A	Πίεση (bar)	Θερμοκρασία (°C)
Εξατμιστής	0,0086	4,5
Απορροφητής	0,0086	35
Γεννήτρια	0,0883	90
Συμπυκνωτής	0,0883	43

Πίνακας 4.2. Συνήθεις θερμοκρασίες και πιέσεις για κύκλο απορροφητικής ψύξης

4.5.3 Σύγκριση των δύο συστημάτων, LiBr-H₂O και H₂O-NH₃

- 1) Το σύστημα LiBr-H₂O είναι πιο απλό αφού δεν απαιτείται ρεκτιφιέ, ενώ το σύστημα H₂O-NH₃ απαιτεί ρεκτιφιέ στο σημείο πριν εισέλθει το ψυκτικό στον συμπυκνωτή ώστε να απομονωθεί όλο το νερό που μπορεί να υπάρχει στο ψυκτικό μετά την έξοδο του από τη γεννήτρια και να σταλεί πίσω στον απορροφητή. Αν εισέλθει νερό στον εξατμιστή μπορεί να παγώσει και να χαλάσει το όλο σύστημα.
- 2) Στο σύστημα LiBr-H₂O το νερό είναι το ψυκτικό ενώ στο σύστημα H₂O-NH₃ το νερό είναι το απορροφητικό.
- 3) Το σύστημα H₂O-NH₃ απαιτεί πιο υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας για τη γεννήτρια (120-150°C) από ότι μπορεί να παρέχει ένας επίπεδος συλλέκτης χωρίς να υποστεί διάφορες μορφοποιήσεις. Το σύστημα LiBr-H₂O λειτουργεί ικανοποιητικά σε πιο χαμηλές θερμοκρασίες γεννήτριας (85-95°C), οι οποίες μπορούν προκύψουν από επίπεδο συλλέκτη.
- 4) Το σύστημα LiBr-H₂O έχει μεγαλύτερο COP.
- 5) Το μειονέκτημα των συστημάτων LiBr-H₂O είναι πως οι εξατμιστές δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε θερμοκρασία πολύ μικρότερη των 5°C αφού το ψυκτικό είναι νερό και υπάρχει κίνδυνος να σχηματιστεί πάγος.

4.5.4 Επιθυμητά χαρακτηριστικά ζεύγους ψυκτικού-απορροφητικού

Η αποτελεσματική λειτουργία ενός κύκλου απορρόφησης εξαρτάται από τα δύο υλικά που αποτελούν το ζεύγος ψυκτικού-απορροφητικού. Τα χαρακτηριστικά τα οποία θέλουμε αυτά να διαθέτουν είναι:

- 1) Απουσία στερεής φάσης του απορροφητικού
- 2) Ένα ψυκτικό πιο πτητικό από το απορροφητικό έτσι ώστε ο διαχωρισμός από το απορροφητικό να γίνει εύκολα στη γεννήτρια.
- 3) Ένα απορροφητικό που να έχει μικρή συγγένεια με το ψυκτικό.
- 4) Ένα μεγάλο βαθμό σταθερότητας για λειτουργίες μεγάλης διάρκειας.

- 5) ένα ψυκτικό που να έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα έτσι ώστε η διακύμανση της κυκλοφορίας να μπορεί να κρατηθεί στο ελάχιστο.
- 6) Μικρό βαθμό διάβρωσης και να μην είναι τοξικά λόγω ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος.

4.6 Ψυκτική ικανότητα συστήματος LiBr-H₂O

Το σχήμα 4.8 δείχνει τον κύκλο ψύξεως του συστήματος βρωμιούχου λιθίου-νερού. Ανάλογα με την απαιτούμενη ψυκτική ισχύς του κλιματιστικού συστήματος πρέπει να ξέρουμε την ποσότητα του ψυκτικού υγρού (H₂O) και του απορροφητικού (LiBr) που θα κυκλοφορεί στο σύστημα.

Υποθέτουμε τα εξής:

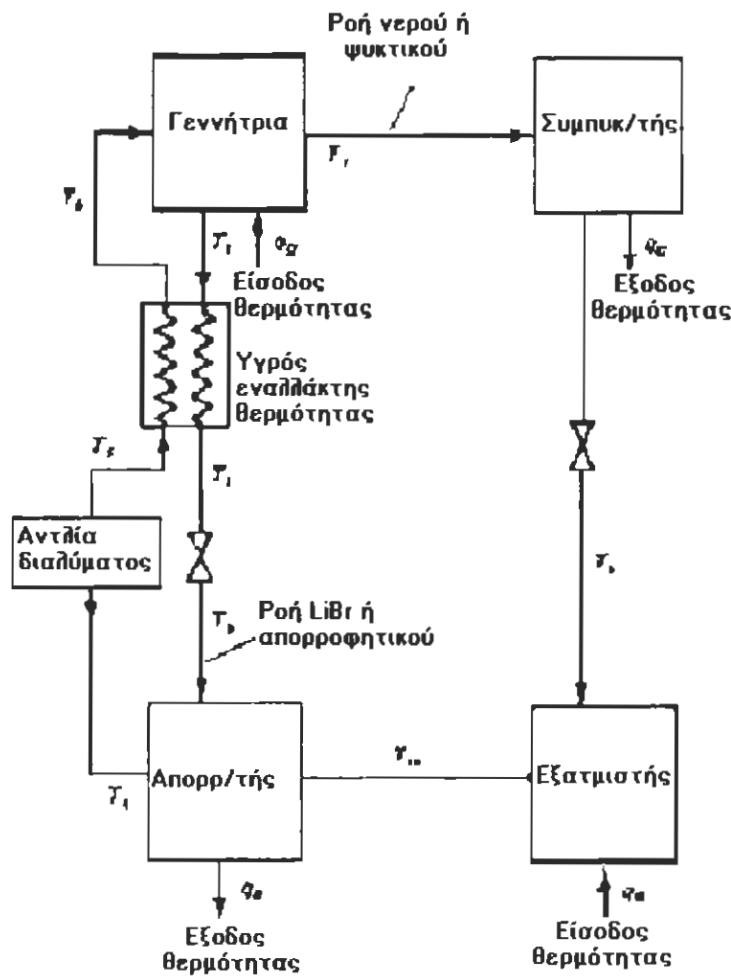
1. Στα σημεία του κύκλου όπου είναι οι θερμοκρασίες συγκεκριμένες, οι φάσεις του ψυκτικού και απορροφητικού είναι σε θερμική ισορροπία
2. Η ελάττωση των πιέσεων αγνοείται εκτός από την ελάττωση που παρουσιάζεται στην εκτονωτική βαλβίδα στο σημείο 8-9.
3. Το βάρος % του LiBr είναι συνήθως 61% για το ισχυρό διάλυμα που φεύγει από τη γεννήτρια και 56% για το αραιό που φεύγει από τον απορροφητή.
4. Η ενθαλπία για μίγματα LiBr-H₂O δίνεται στο σχήμα 4.11.
5. Η ενθαλπία του νερού βρίσκεται από τον πίνακα 4.4
6. Χρησιμοποιούμε και τον πίνακα 4.2 για τις πιέσεις και θερμοκρασίες στα διάφορα σημεία.

Μπορούμε αρχικά να καταστρώσουμε έναν πίνακα όπου θα αναφέρουμε τις θερμοκρασίες, πιέσεις, βάρη, ροές και ενθαλπίες, που βρήκαμε από τους πίνακες.

Σημείο	Θερμοκρασία (°C)	Πίεση (bar)	Βάρος LiBr (%)	Ροή (kg/kg H ₂ O)	Ενθαλπία (kJ/kg)
1	90	0,0883	61	11,2	212
2	38	0,0883	61	11,2	113
3	38	0,0086	61	11,2	113
4	35	0,0086	56	12,2	83
5	35	0,0883	56	12,2	83
6	76	0,0883	56	12,2	173,88
7	90	0,0883	0	1	2660
8	43	0,0883	0	1	181
9	4,5	0,0086	0	1	181
10	4,5	0,0086	0	1	2509

Πίνακας 4.3 Θερμοδυναμικές ιδιότητες του ψυκτικού και του απορροφητικού

Τη στήλη της ροής τη συμπληρώνουμε έπειτα από τις πράξεις, εκτός για τα σημεία 7,8,9,10 όπου προφανώς η τιμή είναι 1 αφού κυκλοφορεί μόνο ψυκτικό υγρό (νερό).



Σχήμα 4.8 Ψυκτικός κύκλος απορρόφησης LiBr-H₂O

Τώρα θα εφαρμόσουμε ισορροπίες των υλικών.

Ισορροπία μαζών

Μια συνολική ισορροπία υλικών στη γεννήτρια δίνει

$$m_6 = m_1 + m_7 \quad (1)$$

Ισορροπία του LiBr δίνει:

$$m_6 X_\psi = m_1 X_{\text{απ}} \quad (2)$$

$X_{\text{απ}}$ = Συγκέντρωση LiBr στο απορροφητικό, kg/kg διαλύματος

X_ψ = Συγκέντρωση LiBr στο ψυκτικό, kg/kg διαλύματος

Από 1,2 έχουμε:

$$m_1 X_\psi + m_7 X_\psi = m_1 X_{\text{απ}}$$

$m_7 = m_\psi$ αφού το υγρό το οποίο μπαίνει στον συμπυκνωτή είναι καθαρό νερό, ψυκτικό. Ο λόγος της παροχής του απορροφητικού προς του ψυκτικού είναι:

$$m_1 / m_7 = X_\psi / (X_{\text{απ}} - X_\psi) = m_{\text{απ}} / m_\psi$$
$$= 0,56 / (0,61 - 0,56) = 11,2$$

$m_{\text{απ}}$ = παροχή απορροφητικού, kg/hr

m_ψ = παροχή ψυκτικού, kg/hr

Ο λόγος της παροχής του διαλύματος ψυκτικού-απορροφητικού προς ψυκτικού είναι

$$m_\delta / m_\psi = (m_{\text{απ}} + m_\psi) / m_\psi$$
$$= m_{\text{απ}} / m_\psi + m_\psi / m_\psi = 11,2 + 1 = 12,2$$

m_δ = παροχή διαλύματος απορροφητικού-ψυκτικού

ισορροπία ενέργειας

Η ενθαλπία του ψυκτικού-απορροφητικού διαλύματος που φεύγει από τον υγρό εναλλάκτη θερμότητας στο σημείο 6 λαμβάνεται από ένα συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο της μονάδας:

$$m_\delta h_5 + m_{\text{απ}} h_1 = m_{\text{απ}} h_2 + m_\delta h_6$$

$h_6 = h_5 + [m_{\text{απ}} / m_\delta (h_1 - h_2)] = 83 + 11,2 / 12,2 (212 - 113) = 173,88$ kJ/kg διαλύματος

Η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε αυτή την ενθαλπία τη βρίσκουμε από το διάγραμμα του σχήματος 4.A και βρίσκεται ίση με 76°C

Η παροχή του ψυκτικού που απαιτείται για να παραχθεί 1ton ψύξης (12.000 Btu/hr ή 3,52 KW) λαμβάνεται από ένα ισοζύγιο ενέργειας γύρο από τον εξαμιστή:

$$q_\psi = m_\psi (h_9 - h_{10})$$

έτσι: $m_\psi = 3,52 / (2509 - 181) = 0,0015$ kg/s ή 5,4kg/hr

q_ψ = το αποτέλεσμα της ψύξης που παρέχεται από τη μονάδα κλιματισμού

Η παροχή του απορροφητικού μέσου είναι:

$$m_{\text{απ}} = (m_{\text{απ}} / m_\psi) \cdot m_\psi = 11,2 \times 5,4 = 60,48$$
 kg/hr

Η παροχή του διαλύματος είναι:

$$m_{\delta} = m_{\text{απ}} + m_{\delta} = 60,48 + 5,4 = 65,88 \text{ kg/hr}$$

Ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να παρέχεται θερμότητα στη γεννήτρια $q_{\text{γεν}}$ το οποίο καθορίζει και το μέγεθος του ηλιακού συλλέκτη, δηλώνει το μέγιστο φορτίο το οποίο πρέπει να παρέχει η ψυκτική μονάδα την πιο ζεστή ώρα της ημέρας, αυτό βγαίνει από την ισορροπία θερμότητας:

$$\begin{aligned} q_{\text{γεν}} &= m_{\psi}h_7 + m_{\text{απ}}h_1 - m_{\text{απ}}h_6 \\ q_{\text{γεν}} &= 5,4 \times 2660 + 60,48 \times 212 - 60,68 \times 173,88 = \\ &= 16634,72 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 4,62 \text{ kJ/s} = 4,62 \text{ kW} \end{aligned}$$

Ο συντελεστής συμπεριφοράς είναι ίσο με:

$$\text{COP} = q_{\psi} / q_{\text{γεν}} = 3,52 / 4,62 = 0,76$$

Ο ρυθμός της μεταφοράς θερμότητας στις άλλες τρεις μονάδες ανταλλαγής θερμότητας, του υγρού εναλλάκτη θερμότητας, του υγρού συμπυκνωτή, και της γεννήτριας, λαμβάνεται από ισοζύγιο θερμότητας. Για τον υγρό εναλλάκτη θερμότητας έχουμε:

$$q_{1-2} = m_{\text{απ}}(h_1 - h_2) = 60,48 \times (212 - 113) = 5987,52 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 1,66 \text{ kW}$$

όπου το q_{1-2} είναι η θερμότητα που μεταφέρεται από το ρεύμα του απορροφητικού στο ρεύμα του διαλύματος ψυκτικό-απορροφητικό. Για τον υγρό συμπυκνωτή ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας στο περιβάλλον είναι:

$$q_{7-8} = m_{\psi}(h_7 - h_8) = 5,4 \times (2660 - 181) = 13386,6 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 3,72 \text{ kW}$$

Ο ρυθμός με τον οποίο αφαιρείται θερμότητα από τον απορροφητή μπορεί να υπολογιστεί από μία συνολική θερμική ισορροπία πάνω στο σύστημα όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\begin{aligned} Q_{\text{απ}} &= q_{7-8} - q_{\text{γεν}} - q_{\psi} \\ &= 3,72 - 4,62 - 3,52 = -4,42 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Σημείωση: Τα παραπάνω υπολογίστηκαν σύμφωνα με ψυκτική ισχύς 3,52kW,

ανάλογα με τις απαιτήσεις ψύξης κάνουμε αντικατάσταση τιμών

Παράδειγμα: Αν κάναμε εφαρμογή για το κτίριο που αναφέραμε στο κεφάλαιο τρία που η απαίτηση του σε ψύξη ήταν 10,33 kW η οποία είναι μια αντιπροσωπευτική τιμή για πολλά κτίρια θα είχαμε:

$$q_{\psi} = m_{\psi}(h_9 - h_{10})$$

όπου: $m_{\psi} = 10,33/(2509-181) = 0,0044 \text{ kg/s}$ ή $15,97 \text{ kg/hr}$
 $m_{\text{απ}} = (m_{\text{απ}}/m_{\psi}) \cdot m_{\psi} = 11,2 \times 15,97 = 178,86 \text{ kg/hr}$

$$m_{\delta} = m_{\text{απ}} + m_{\delta} = 178,86 + 15,97 = 194,83 \text{ kg/hr}$$

$$q_{\gamma\epsilon\nu} = m_{\psi}h_7 + m_{\text{απ}}h_1 - m_{\text{απ}}h_6$$

$$q_{\gamma\epsilon\nu} = 15,97 \times 2660 + 178,86 \times 212 - 178,86 \times 173,88 =$$

$$= 49298,34 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 13,7 \text{ kJ/s} = 13,7 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = q_{\psi} / q_{\gamma\epsilon\nu} = 10,33 / 13,7 = 0,75$$

$$q_{1-2} = m_{\text{απ}}(h_1 - h_2) = 178,86 \times (212 - 113) = 17707,14 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 4,92 \text{ kW}$$

$$q_{7-8} = m_{\psi}(h_7 - h_8) = 15,97 \times (2660 - 181) = 39589,63 \text{ kJ/hr} \quad \text{ή} \quad 11 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{απ}} = q_{7-8} - q_{\gamma\epsilon\nu} - q_{\psi}$$

$$= 11 - 13,7 - 10,33 = -13,03 \text{ Kw}$$

Σε μεγάλες μονάδες κλιματισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις LiBr, να λειτουργούν σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες απορροφητή και να γλιτώσουμε το κόστος του εναλλάκτη θερμότητας. Σε μια μονάδα που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια αυτή η προσέγγιση θα απαιτούσε έναν συλλέκτη συγκεντρωτικού τύπου, γιατί με έναν επίπεδο δε μπορούν να επιτευχθούν μεγάλες θερμοκρασίες ώστε να μπορεί να ανέβει η θερμοκρασία στον απορροφητή πολύ παραπάνω από 87°C.

4.7 Διάκριση συστημάτων Ηλιακής απορροφητικής ψύξης

α) Συνεχής κύκλος απορρόφησης:

Επιτυγχάνεται με συλλέκτες επίπεδου τύπου και έτσι λόγω της περιορισμένης θερμοκρασίας του χρησιμοποιείται εδώ μόνο LiBr-H₂O. Οι μηχανές LiBr-H₂O απαιτούν νερό ψύξης για την ψύξη του απορροφητή και του συμπυκνωτή, και ίσως να χρειαστεί και πύργος ψύξης. Χρήση NH₃-H₂O με συλλέκτη επίπεδου τύπου είναι δύσκολη λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών της γεννήτριας που απαιτείται. Από διάφορες μελέτες οι μηχανές LiBr-H₂O χωρίς μορφοποίηση λειτουργούσαν σε χαμηλές χωρητικότητες, αλλά μπορούσαν να μορφοποιηθούν ώστε να χρησιμοποιηθούν σε κανονικές χωρητικότητες με παροχή ενέργειας στη γεννήτρια με ζεστό νερό. Πιο αποτελεσματικά είναι τα (coolers) με ψηλό COP. Για παράδειγμα εξατμιστές διπλής επίδρασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειωθούν οι εισερχόμενες απαιτήσεις ενέργειας.

β) Περιοδική απορροφητική ψύξη:

Είναι εναλλακτική της συνεχής και χρησιμοποιείται κυρίως για την διατήρηση τροφίμων παρά για την ψύξη χώρου. Είναι ενδιαφέρον γιατί προσφέρει καλές λύσεις στο πρόβλημα της αποθήκευσης της ενέργειας. Εδώ η απόσταση του ψυκτικού από το απορροφητικό προκύπτει κατά το στάδιο της αναγέννησης της λειτουργίας, και το ψυκτικό συμπυκνώνεται και αποθηκεύεται. Κατά τη διάρκεια του μέρους ψύξεως το ψυκτικό εξατμίζεται και απορροφάται ξανά. Αυτό που αποθηκεύεται είναι στη μορφή διαχωρισμένου ψυκτικού και απορροφητικού. Μια μορφοποίηση αυτού του απλού κύκλου μπορεί να καταλήξει σε μια συνεχόμενη ψυκτική χωρητικότητα και βελτιωμένη λειτουργία.

Ψυκτικά-απορροφητικά συστήματα που έχουν χρησιμοποιηθεί στην περιοδική απορροφητική ψύξη υπήρξαν τα εξής:

$H_2SO_4 - H_2O$

$NH_3 - H_2O$ με συγκεντρωτικούς συλλέκτες

$NH_3 - NaSCN$ το οποίο έχει καλές θερμοδυναμικές ιδιότητες για ψυκτικούς κύκλους πάγου.

Τα συστήματα απορρόφησης μπορούμε να τα ξεχωρίσουμε σε ανοιχτά και κλειστά όπως φαίνονται και στα παρακάτω σχήματα

α) Το ανοιχτό σύστημα απορρόφησης, ή αλλιώς OCAR (open-cycle absorption refrigeration), με έναν συλλέκτη οροφής ανοιχτής ροής, μοιάζει με τον πιο συμβατικό κλειστό σύστημα. Είναι ένα οικονομικό σύστημα και η λειτουργία του έχει ως εξής. Το απορροφητικό (ασθενές διάλυμα), φεύγει απ' τον απορροφητή και κυλάει μέσα από τον συλλέκτη απορροφώντας ηλιακή ενέργεια. Η τάση ατμών του ψυκτικού (νερού) αυξάνεται μαζί με αυτήν του διαλύματος. Το αναγεννημένο (ισχυρό) διάλυμα συλλέγεται και αποθηκεύεται και από κει πηγαίνει στον απορροφητή όποτε χρειάζεται.

β) Στο κλειστό σύστημα το ασθενές διάλυμα πριν πάει στη γεννήτρια αντλείται μέσω εναλλάκτη θερμότητας. Στη γεννήτρια ψεκάζεται πάνω από έναν διακλαδιζόμενο σωλήνα που μέσα του κυκλοφορεί νερό το οποίο έχει θερμανθεί από έναν ηλιακό συλλέκτη. Το ψυκτικό σε μορφή ατμού φεύγει από τον απορροφητή και συμπυκνώνεται στον συμπυκνωτή, εκεί το πηγαίνει στον εξατμιστή δια μέσω βαλβίδας διαστολής. Το ζεστό, ισχυρό διάλυμα που φεύγει από τη γεννήτρια πηγαίνει στον απορροφητή.

Προτιμάται το ανοιχτό σύστημα γιατί:

-έχει λιγότερα τμήματα

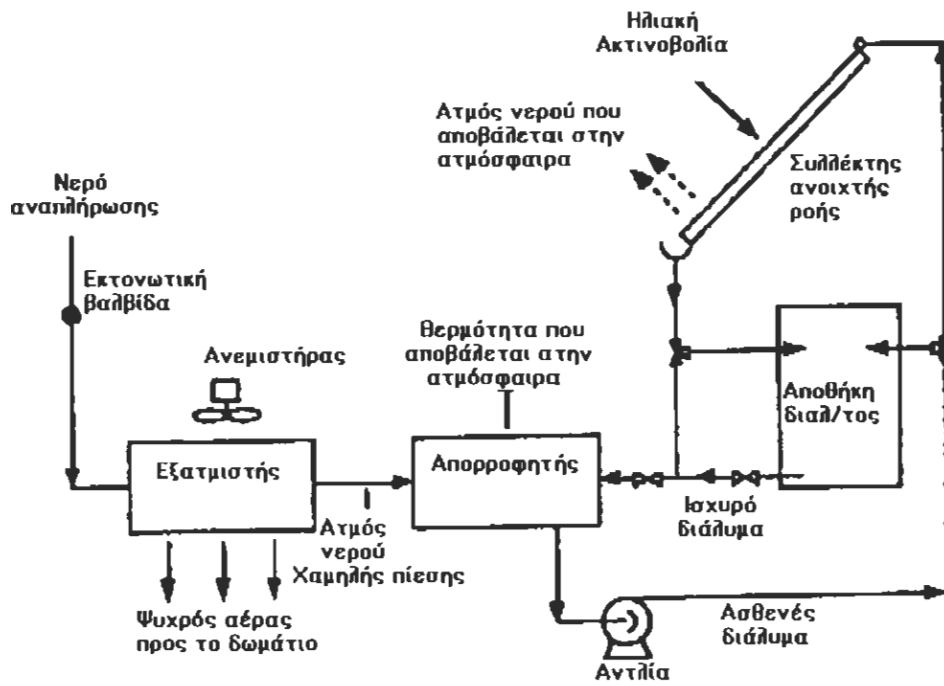
-Δεν έχει φορτίο θερμότητας συμπύκνωσης

-Μπορεί να υλοποιηθεί ένα χαμηλότερο επίπεδο εισερχόμενης θερμικής ενέργειας λόγω της άμεσης επαφής μεταξύ του διαλύματος απορρόφησης και της ατμόσφαιρας

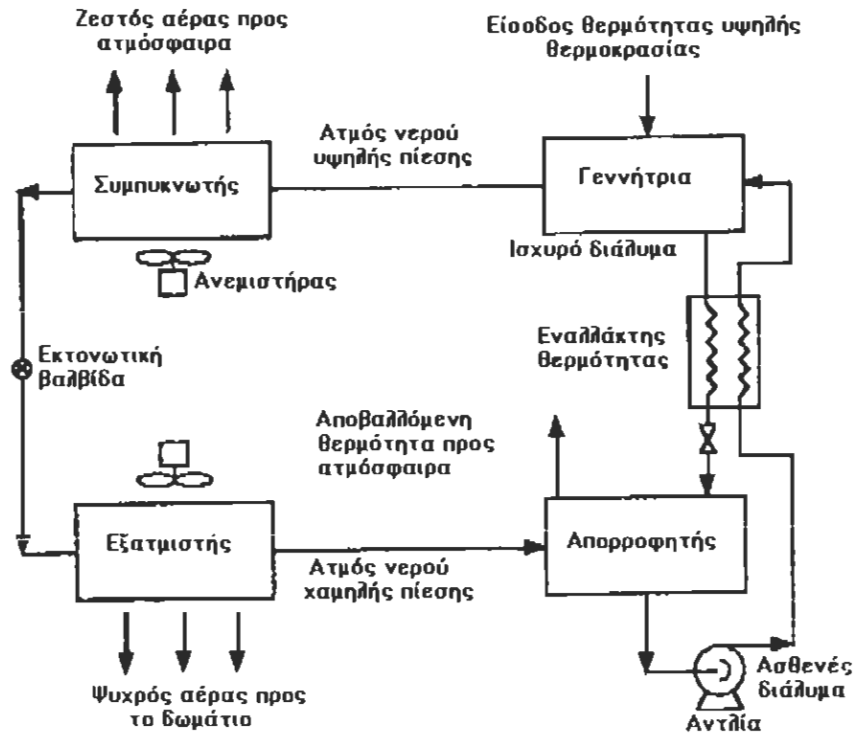
-Έχει χαμηλότερο κόστος

-Εκμεταλλεύεται την μεγάλη δυνατότητα του ισχυρού διαλύματος, αποθηκευμένο σε μέτριες καταστάσεις να προμηθεύει χωρητικότητα όταν η ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί να αναγεννήσει το διάλυμα

-Η ικανότητα ψύξης μειώνεται με τη μόλυνση του αέρα του απορροφητή που προκαλείται από την εισροή του αέρα στον απορροφητή από το νερό και το διάλυμα



Σχήμα 4.9 Ανοιχτός ψυκτικός κύκλος απορρόφησης



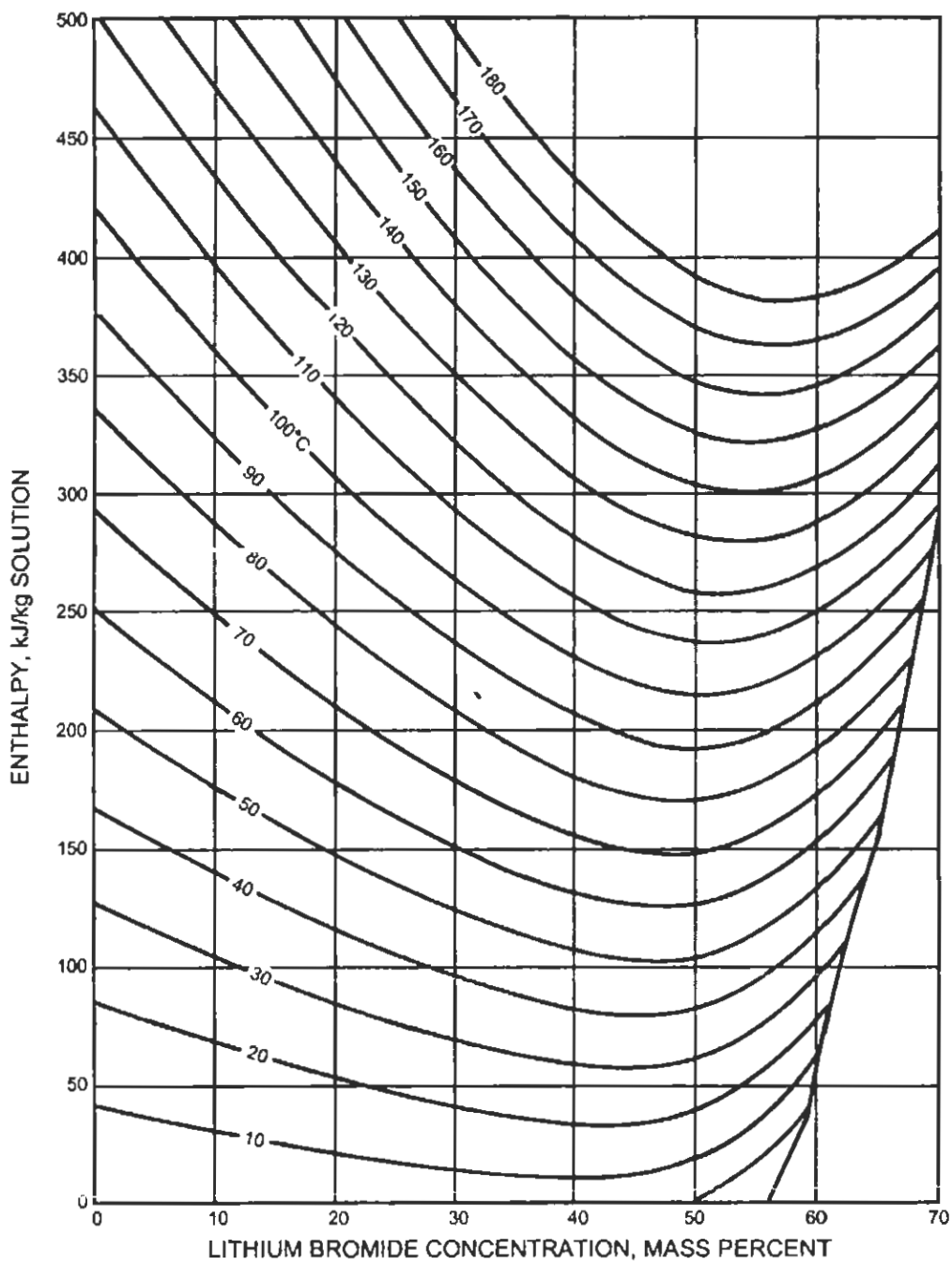
Σχήμα 4.10 Κλειστός ψυκτικός κύκλος απορρόφησης

t °C	p bar	v' dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	ρ'' kg/m ³	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K	t °C
0	0,006108	1,0002	206,3	0,004847	-0,04	2501,6	2501,6	-0,0002	9,1577	0
2	0,007055	1,0001	179,9	0,005558	8,39	2505,2	2496,8	0,0306	9,1047	2
4	0,008129	1,0000	157,3	0,006358	16,80	2508,9	2492,1	0,0611	9,0526	4
6	0,009345	1,0000	137,8	0,007258	25,21	2512,6	2487,4	0,0913	9,0015	6
8	0,010720	1,0001	121,0	0,008267	33,60	2516,2	2482,6	0,1213	8,9513	8
10	0,012270	1,0003	106,4	0,009396	41,99	2519,9	2477,9	0,1510	8,9020	10
12	0,014014	1,0004	93,84	0,01066	50,38	2523,6	2473,2	0,1805	8,8536	12
14	0,015973	1,0007	82,90	0,01206	58,75	2527,2	2468,5	0,2098	8,8060	14
16	0,018168	1,0010	73,38	0,01363	67,13	2530,9	2463,8	0,2388	8,7593	16
18	0,02062	1,0013	65,09	0,01536	75,50	2534,5	2459,0	0,2677	8,7135	18
20	0,02337	1,0017	57,84	0,01729	83,86	2538,2	2454,3	0,2963	8,6684	20
22	0,02642	1,0022	51,49	0,01942	92,23	2541,8	2449,6	0,3247	8,6241	22
24	0,02982	1,0026	45,93	0,02177	100,59	2545,5	2444,9	0,3530	8,5806	24
26	0,03360	1,0032	41,03	0,02437	108,95	2549,1	2440,2	0,3810	8,5379	26
28	0,03778	1,0037	36,73	0,02723	117,31	2552,7	2435,4	0,4088	8,4959	28
30	0,04241	1,0043	32,93	0,03037	125,66	2556,4	2430,7	0,4365	8,4546	30
32	0,04753	1,0049	29,57	0,03382	134,02	2560,0	2425,9	0,4640	8,4140	32
34	0,05318	1,0056	26,60	0,03759	142,38	2563,6	2421,2	0,4913	8,3740	34
36	0,05940	1,0063	23,97	0,04172	150,74	2567,2	2416,4	0,5184	8,3348	36
38	0,06624	1,0070	21,63	0,04624	159,09	2570,8	2411,7	0,5453	8,2962	38
40	0,07375	1,0078	19,55	0,05116	167,45	2574,4	2406,9	0,5721	8,2583	40
42	0,08198	1,0086	17,69	0,05652	175,81	2577,9	2402,1	0,5987	8,2209	42
44	0,09100	1,0094	16,04	0,06236	184,17	2581,5	2397,3	0,6252	8,1842	44
46	0,10086	1,0103	14,56	0,06869	192,53	2585,1	2392,5	0,6514	8,1481	46
48	0,11162	1,0112	13,23	0,07557	200,89	2588,6	2387,7	0,6776	8,1125	48
50	0,12335	1,0121	12,05	0,08302	209,26	2592,2	2382,9	0,7035	8,0776	50
52	0,13613	1,0131	10,98	0,09108	217,62	2595,7	2378,1	0,7293	8,0432	52
54	0,15002	1,0140	10,02	0,09979	225,98	2599,2	2373,2	0,7550	8,0093	54
56	0,16511	1,0150	9,159	0,1092	234,35	2602,7	2368,4	0,7804	7,9759	56
58	0,18147	1,0161	8,381	0,1193	242,72	2606,2	2363,5	0,8058	7,9431	58

3) VDI-Wasserdampfataeln. Springer-Verlag u. Oldenbourg 1989.

t °C	p bar	v' dm ³ /kg	v'' m ³ /kg	ρ'' kg/m ³	h' kJ/kg	h'' kJ/kg	r kJ/kg	s' kJ/kg K	s'' kJ/kg K	t °C
60	0,20313	1,0171	7,679	0,1302	251,09	2609,7	2358,6	0,8310	7,9108	60
70	0,3116	1,0228	5,046	0,1982	292,97	2626,9	2334,0	0,9548	7,7565	70
80	0,4736	1,0292	3,409	0,2933	334,92	2643,8	2308,8	1,0753	7,6132	80
90	0,7011	1,0361	2,361	0,4235	376,94	2660,1	2283,2	1,1925	7,4799	90
100	1,0133	1,0437	1,673	0,5977	419,08	2676,0	2256,9	1,3069	7,3554	100
105	1,2080	1,0477	1,419	0,7046	440,17	2683,7	2243,6	1,3630	7,2962	105
110	1,4327	1,0519	1,210	0,8265	461,32	2691,3	2230,0	1,4185	7,2388	110
115	1,6906	1,0562	1,036	0,9650	482,50	2698,7	2216,2	1,4733	7,1832	115
120	1,9854	1,0606	0,8915	1,122	503,72	2706,0	2202,2	1,5276	7,1293	120
125	2,3210	1,0652	0,7702	1,298	524,99	2713,0	2188,0	1,5813	7,0769	125
130	2,7013	1,0700	0,6681	1,497	546,31	2719,9	2173,6	1,6344	7,0261	130
135	3,131	1,0750	0,5818	1,719	567,68	2726,6	2158,9	1,6869	6,9766	135
140	3,614	1,0801	0,5085	1,967	589,10	2733,1	2144,0	1,7390	6,9294	140
145	4,155	1,0853	0,4460	2,242	610,60	2739,3	2128,7	1,7906	6,8815	145
150	4,760	1,0908	0,3924	2,548	632,15	2745,4	2113,2	1,8416	6,8358	150
155	5,433	1,0964	0,3464	2,886	653,78	2751,2	2097,4	1,8923	6,7911	155
160	6,181	1,1022	0,3068	3,260	675,47	2756,7	2081,3	1,9425	6,7475	160
165	7,008	1,1082	0,2724	3,671	697,25	2762,0	2064,8	1,9923	6,7048	165
170	7,920	1,1145	0,2426	4,123	719,12	2767,1	2047,9	2,0416	6,6630	170
180	10,027	1,1275	0,1938	5,160	763,12	2776,3	2013,1	2,1393	6,5819	180
190	12,551	1,1415	0,1563	6,397	807,52	2784,3	1976,7	2,2356	6,5036	190
200	15,549	1,1565	0,1272	7,864	852,37	2790,9	1938,6	2,3307	6,4278	200
210	19,077	1,1726	0,1042	9,593	897,74	2796,2	1898,5	2,4247	6,3539	210
220	23,198	1,1900	0,08604	11,62	943,67	2799,9	1856,2	2,5178	6,2817	220
250	39,776	1,2513	0,05004	19,99	1085,8	2800,4	1714,6	2,7935	6,0708	250
300	85,927	1,4041	0,02165	46,19	1345,0	2751,0	1406,0	3,2552	5,7081	300
325	120,56	1,5289	0,01419	70,45	1494,0	2688,0	1194,0	3,5008	5,4969	325
350	165,35	1,7411	0,008799	113,6	1671,9	2567,7	895,7	3,7800	5,2177	350
374,15	221,20	3,1700	0,003170	315,5		2107,4	0,0		4,4429	374,15

Πίνακας 4.4 Καταστατικά μεγέθη του κορεσμένου νερού σε εξάρτηση από τη θερμοκρασία



Σχήμα 4.11 Διάγραμμα ενθαλπίας-συγκέντρωσης LiBr-H₂O

5. Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΣΤΟΝ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟ: ΜΕΣΩ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1. Ωφέλιμη συλλεγόμενη ισχύς

Για την λειτουργία των διάφορων κλιματιστικών συστημάτων που αναφέραμε χρησιμοποιούμε ηλιακούς συλλέκτες. Αυτό που μας απασχολεί είναι να βρούμε την απαιτούμενη επιφάνεια συλλέκτη για την παραγωγή της ψυκτικής ισχύς.

Σε ένα τέτοιο σύστημα (σχήμα 4.3) ο συλλέκτης έχει το ρόλο της γεννήτριας και ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να παρέχεται θερμότητα σε αυτήν είναι όπως είδαμε στο κεφάλαιο 4 το $q_{\text{γεν}}$. Αυτό είναι και η ωφέλιμη συλλεγόμενη ενέργεια του συλλέκτη.

Το ωφέλιμο ενεργειακό κέρδος από τον συλλέκτη σε δεδομένη χρονική στιγμή είναι η διαφορά μεταξύ του ποσού της ηλιακής ενέργειας, που απορροφάται από τον απορροφητήρα και των απωλειών ενέργειας στο περιβάλλον. Η εξίσωση, που εφαρμόζεται σε όλους σχεδόν πρακτικά τους επίπεδους συλλέκτες είναι:

$$Q = F_R A_c [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)] \quad (5.1)$$

Q	η ωφέλιμη συλλεγόμενη θερμική ισχύς (W)
F_R	ο συντελεστής θερμικής απολαβής του συλλέκτη.
A_c	η επιφάνεια του συλλέκτη (m^2)
I_T	η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του συλλέκτη (W/m^2)
$\tau\alpha$	ο συντελεστή διάβασης των διαφανών καλυμμάτων στην ηλιακή ακτινοβολία
α	ο συντελεστής απορρόφησης του απορροφητήρα για την ηλιακή ακτινοβολία
U_L	ο συντελεστής ενεργειακών απωλειών του συλλέκτη ($W/^\circ C m^2$)
T_i	η θερμοκρασία του ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη ($^\circ C$)
T_a	η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ($^\circ C$)

Οι τύποι συλλεκτών που χρησιμοποιούνται για την ψύξη χώρων είναι οι επίπεδοι με σωλήνες κενού και οι συγκεντρωτικοί μέσου βαθμού συγκέντρωσης. Σπάνια χρησιμοποιούνται και οι επίπεδοι σωλήνων υγρού.

Οι συλλέκτες με απορροφητικούς σωλήνες κενού έχουν καλύτερη απόδοση από απλούς επίπεδους συλλέκτες, τέτοιος συλλέκτης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Συλλέκτης με σωλήνες κενού για κλιματισμό
www.focus-solar.com/air-cond.htm

5.2. Η μέθοδος των καμπύλων Φ

Προϋποθέσεις & πεδίο εφαρμογής της μεθόδου

Η μέθοδος των καμπυλών Φ είναι μια προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού ηλιακών συστημάτων. Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτούνται μέσα μηνιαία μεγέθη για το προς κάλυψη θερμικό φορτίο και για τα μετεωρολογικά στοιχεία του τόπου.

Προϋπόθεση για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι ότι η θερμοκρασία λειτουργίας του ηλιακού συλλέκτη παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια κάθε μήνα. Το εύρος μεταβολής της θερμοκρασίας εισόδου στους συλλέκτες σε μερικά συστήματα είναι περιορισμένο μέσα σε στενά όρια.

Αυτό συμβαίνει π.χ. στα συστήματα κλιματισμού με ψύκτες απορρόφησης LiBr-H₂O όπου η θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες περιορίζεται με τη βοήθεια αυτοματισμών μεταξύ 80 και 100°C.

Ενέργεια σε θερμοκρασία κάτω των 80°C δεν είναι χρήσιμη διότι ο ψύκτης δεν λειτουργεί, ενώ πάνω από τους 100°C, το νερό της δεξαμενής, αποθήκευσης βράζει. Παρόμοια στρατηγική αυτοματισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα άλλα συστήματα παραγωγής θερμότητας για βιομηχανική χρήση.

Όταν η χωρητικότητα της αποθήκης ενός συστήματος είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με το ποσόν ενέργειας που συλλέγεται μέσα στον μήνα, η θερμοκρασία της αποθήκης (και συνεπώς η θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες) παραμένει σε σχετικά σταθερό επίπεδο κατά τη διάρκεια του μήνα.

Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το σύστημα εποχιακής αποθήκευσης, δηλ. ένα σύστημα ηλιακής θέρμανσης σχεδιασμένο να αποθηκεύει ενέργεια από το καλοκαίρι για να την χρησιμοποιήσει τον χειμώνα. Τα συστήματα αυτά έχουν αρκετά μεγάλη δεξαμενή ώστε να θεωρείται, χωρίς μεγάλο λάθος, ότι η θερμοκρασία της δεξαμενής για το χρονικό διάστημα του μήνα παραμένει πρακτικά σταθερή.

Άλλη περίπτωση που η θερμοκρασία μπορεί επίσης να θεωρηθεί πρακτικά σταθερή για το χρονικό διάστημα του μήνα είναι η θέρμανση κολυμβητικών δεξαμενών. Και στην εφαρμογή αυτή, ο όγκος της κολυμβητικής δεξαμενής που αποτελεί και την δεξαμενή αποθήκευσης του συστήματος είναι αρκετά μεγάλος σε σχέση με τη συλλεκτική επιφάνεια.

Μερικές φορές είναι. χρήσιμο να υπολογιστεί η μέγιστη δυνατή απόδοση ενός συστήματος. Ο υπολογισμός της μέγιστης δυνατής συλλεγόμενης ωφέλιμης ενέργειας είναι π.χ. το πρώτο βήμα της μεθόδου Φ-f που θα αναπτυχθεί παρακάτω. Η μέγιστη δυνατή ενέργεια συλλέγεται όταν η θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες διατηρείται σταθερή και ίση με την ελάχιστη επιτρεπτή τιμή της. Για θέρμανση χώρων η ελάχιστη επιτρεπτή τιμή είναι 20°C. Κάθε ποσότητα ενέργειας σε θερμοκρασία ανώτερη από 20°C είναι χρήσιμη για θέρμανση χώρων. Για ηλιακή ψύξη η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 80°C.

Σε όλες τις ανωτέρω περιπτώσεις όπου είναι δυνατό να καθοριστεί μία μέση μηνιαία θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες, η μέθοδος Φ μπορεί να εφαρμοστεί για τον υπολογισμό της απόδοσης του ηλιακού συστήματος. Η μέθοδος βασίζεται ο εργασίες των Liu και Jordan (1960) και μετέπειτα του Klein (1978).

5.3. Περιγραφή της μεθόδου Φ

Η μέση μηνιαία συλλεγόμενη ωφέλιμη ενέργεια εκφράζεται ως έξης:

$$Q_u = A_c F'_R (\bar{\tau}\alpha) \bar{\Phi} \bar{H}_T \quad (5.2)$$

$$\text{ή} \quad Q_u = A_c F_R (\tau\alpha)_n (F'_R / F_R) (\bar{\tau}\alpha) / (\tau\alpha)_n \bar{\Phi} \bar{H}_T \quad (5.3)$$

όπου

Q_u η μέση μηνιαία συλλεγόμενη ενέργεια (J/mο)

A_c η επιφάνεια των συλλεκτών (m²)

$F_R(\tau\alpha)_n$ χαρακτηριστικό μέγεθος του συλλέκτη (πίνακας 5.1)

F'_R / F_R διορθωτικός συντελεστής συλλέκτη-εναλλάκτη, είναι ένας δείκτης μεταξύ 0 και 1 που δείχνει την ωφέλιμη ισχύ σαν ποσοστό αυτής αν δεν παρεμβαλλόταν ο εναλλάκτης. Βρίσκεται με τη βοήθεια πολύπλοκων παραμέτρων και συνήθως το παίρνουμε μεγαλύτερο από 0.9

$(\bar{\tau}\alpha) / (\tau\alpha)_n$ συντελεστής διόρθωσης (πίνακες 5.2α και 5.2β)

$\bar{\Phi}$ μέσος μηνιαίος βαθμός χρησιμοποίησης

$\bar{H}_T = \bar{H} \bar{R}$ μέση μηνιαία ενεργειακή πρόσπτωση στο επίπεδο του συλλέκτη (J/m²·mο)

\bar{H} η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (πίνακας 5.3α)

\bar{R} ο συντελεστής μετατροπής που δίνεται από τον τύπο:

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}d/\bar{H})\bar{R}b + \bar{H}d/\bar{H} (1 + \text{coss})/2 + r (1 - \text{coss})/2 \quad (5.3α)$$

$\bar{H}d$ η μέση μηνιαία έμμεση ακτινοβολία.

Rb ο λόγος της μέσης μηνιαίας άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο

επίπεδο προς αυτή σε οριζόντιο επίπεδο.

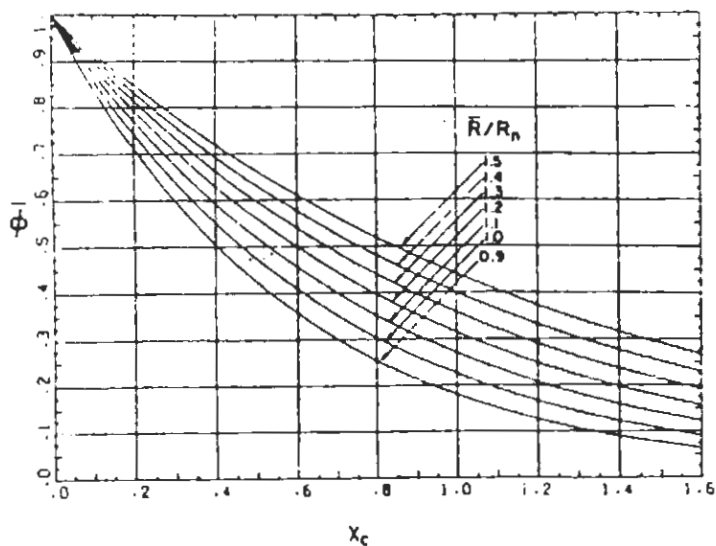
s η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.

r ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0,2 μέχρι 0,7 (0,7 για κάλυψη του εδάφους με χιόνι).

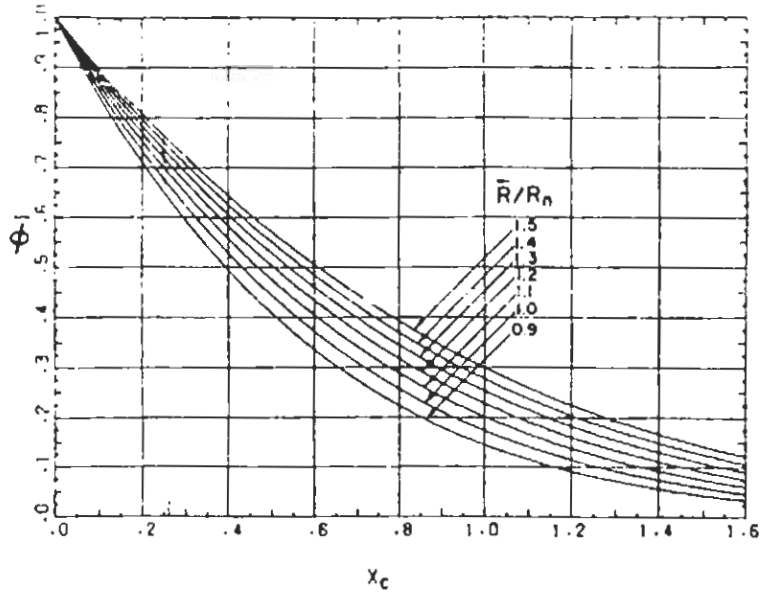
ή μπορεί να βρεθεί από τους πίνακες 5.5 (α, β, γ)

Η τιμή του μέσου μηνιαίου βαθμού χρησιμοποίησης, $\bar{\Phi}$, εξαρτάται από τη θερμοκρασία εισαγωγής στον συλλέκτη που θεωρείται σταθερή κατά τη διάρκεια του μήνα, την τοποθεσία, τη θέση του συλλέκτη (κλίση και προσανατολισμός) τον μήνα του έτους, την ολική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του μήνα και την κατανομή της ημερήσιας ολικής ακτινοβολίας. Έχει αποδειχθεί ότι η τιμή του $\bar{\Phi}$ μπορεί να καθοριστεί πλήρως σαν συνάρτηση των παραμέτρων K_T (μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας), \bar{X}_c (αδιάστατος παράγοντας κρίσιμης στάθμης ακτινοβολίας) και \bar{R}/R_n (γεωμετρικός παράγοντας, που περιλαμβάνει την τοποθεσία, κλίση και προσανατολισμό του συλλέκτη καθώς και τον μήνα του έτους). Η σχέση μεταξύ όλων αυτών των μεγεθών παρίσταται στα διαγράμματα των σχημάτων 5.1α, β, γ, δ, ε.

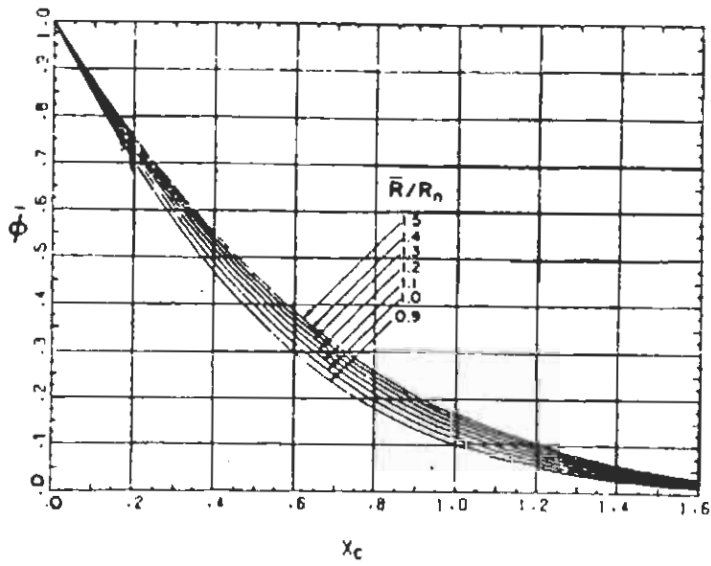
Σχήμα 5.1α . Καμπύλες Φ . $K_T = 0,3$



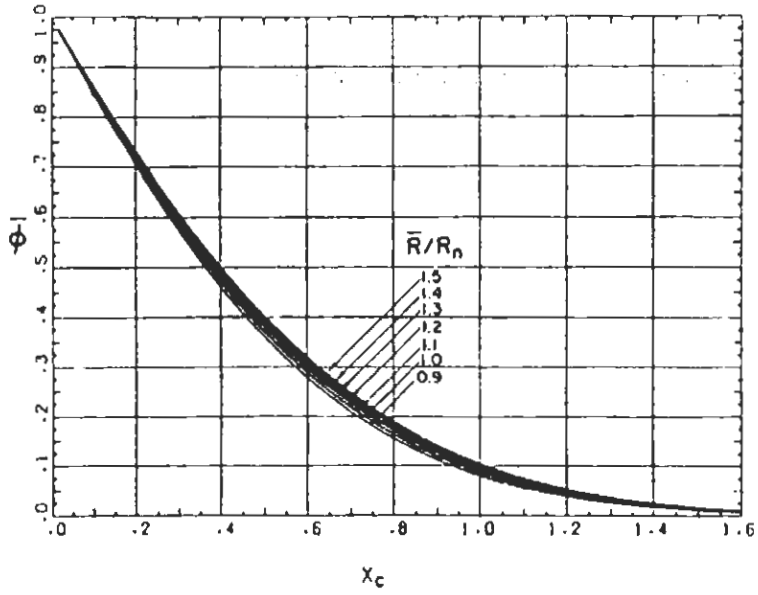
Σχήμα 5.1β. Καμπύλες Φ . $K_T = 0,4$



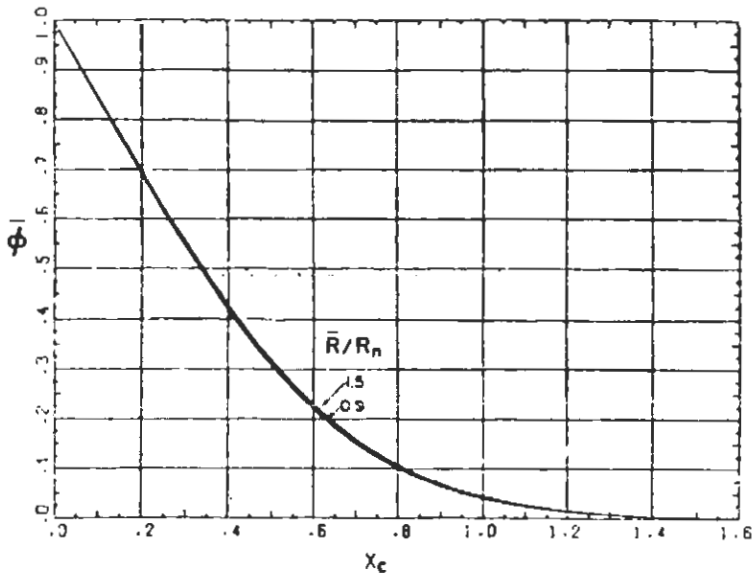
Σχήμα 5.1γ. Καμπύλες Φ . $K_T = 0,5$



Σχήμα 5.1δ . Καμπύλες Φ . $K_T = 0,6$



Σχήμα 5.1ε . Καμπύλες Φ . $K_T = 0,7$



Για να πάρουμε κάποιο ποσό ενέργειας από έναν συλλέκτη, έστω κι ελάχιστο, πρέπει η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στο επίπεδο του συλλέκτη να έχει ένταση μεγαλύτερη από κρίσιμη τιμή.

Έτσι αν στη εξίσωση 5.1 τεθεί $Q \geq 0$
 Προκύπτει $I_T \geq I_c$

$$\text{Όπου} \quad I_c = F'_R U_L (T_i - T_a) / F'_R (\bar{\tau}_a) \quad (5.4)$$

$$\text{ή} \quad I_c = F_R U_L (T_i - T_a) / [F_R (\tau_a)_n (\bar{\tau}_a) / (\tau_a)_n] \quad (5.5)$$

T_a = θερμοκρασία περιβάλλοντος

T_i = θερμοκρασία ρευστού στην είσοδο του συλλέκτη

Η ακτινοβολία I_c ονομάζεται κρίσιμη στάθμη ακτινοβολίας.

Ο παράγοντας X_c είναι ο λόγος της κρίσιμης στάθμης ακτινοβολίας προς την ακτινοβολία της μεσημβρίας μιας μέσης ημέρας του μήνα, μιας ημέρας δηλαδή που η ημερήσια ολική ακτινοβολία είναι ίση με τη μέση ημερήσια ακτινοβολία για τον μήνα. Ο παράγοντας X_c εκφράζεται ως εξής:

$$X_c = (I_c \cdot N) / r_{T,n} R_n \bar{H} \quad (5.6)$$

N ο αριθμός ημερών του μήνα

$r_{T,n}$ ο λόγος της μεσημβρινής ακτινοβολίας προς την ολική ημερήσια ακτινοβολία

R_n ο λόγος της μεσημβρινής ακτινοβολίας σε κεκλιμένη επιφάνεια προς αυτήν σε οριζόντιο επίπεδο για μια μέση μέρα του μήνα.

\bar{H} η μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (πίνακας 5.3α)

Το R_n υπολογίζεται αν ληφθούν υπόψη χωριστά η άμεση, έμμεση και εξ ανακλάσεως συνιστώσες της ακτινοβολίας.

$$R_n = [1 - (r_{d,n}/r_{T,n})(H_d/H)] R_n + (r_{d,n}/r_{T,n})(H_d/H)(1 + \cos\theta_s)/2 + r(1 - \cos\theta_s)/2 \quad (5.7)$$

$r_{d,n}$ είναι ο λόγος της διάχυτης μεσημβρινής ακτινοβολίας προς την ημερήσια ακτινοβολία, και εκφράζεται ως εξής:

$$r_{d,n} = (\pi/24)(1 - \cos\omega_s)[\sin\omega_s - (\pi/180)\omega_s \cos\omega_s] \quad (5.8)$$

Ο λόγος $r_{T,n}$, εκφράζεται ως εξής:

$$r_{T,n} = r_{d,n} [1,07 + 0,025 \sin(\omega_s - 60)] \quad (5.9)$$

$R_{b,n}$ είναι ο λόγος της άμεσης ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο προς αυτήν σε οριζόντιο επίπεδο τη μεσημβρία.

Σε επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό είναι:

$$R_{b,n} = [\cos(\varphi-s)\cos\delta + \sin(\varphi-s)\sin\delta]/[\cos\varphi\cos\delta + \sin\varphi\sin\delta] \quad (5.10)$$

s είναι η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο.
 ω_s είναι η ωριαία γωνία που δύνει ο ήλιος σε οριζόντιο επίπεδο

$$\omega_s = \arccos(-\tan\varphi\tan\delta)$$

δ είναι η ηλιακή απόκλιση $\delta = 23,45 \sin[360(284 + n)/365]$
 όπου n η ημέρα του έτους ($n = 1$ για την 1^η Ιανουαρίου)

φ είναι το γεωγραφικό πλάτος της πόλης. Για την Αθήνα $\varphi = 38^\circ$

Εδώ φαίνονται τα γεωγραφικά πλάτη κάποιων μεγάλων πόλεων

πόλη	Αθήνα	Θεσσαλονίκη	Ρώμη	Νέα Υόρκη	Παρίσι	Λονδίνο	Λισσαβόνα	Πράγα
φ	38	41	42	41	49	52	39	50

Ο λόγος H_d/H , που είναι το ποσοστό της ολικής ακτινοβολίας που είναι διάχυτη εκφράζεται συναρτήσει του K_T . Για τη μέση μέρα του μήνα, που θεωρείται εδώ, το K_T εκφράζεται λαμβάνεται ίσο προς το \bar{K}_T του μήνα.

$$\bar{H}_d/\bar{H} = 1,0045 + 0,04349 \bar{K}_T - 3,5227 \bar{K}_T^2 + \bar{K}_T^3 \quad (5.11)$$

ή βρίσκεται από το διάγραμμα σχήματος 5.2

\bar{K}_T = Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο προς τη μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός της ατμόσφαιρας (πίνακας 5.4α/5.4ε)

Πίνακας 5.1

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Τύπος	Περιγραφή	$F_R(\tau_a)_n$	$F_R U_L (W/m^2 \cdot ^\circ C)$
I	Μαύρο χρώμα 1 τζάμι	0,82	7,5
II	Μαύρο χρώμα 2 τζάμια ή επιλεκτική επιφάνεια 1 τζάμι	0,75	5,0*
III	Σωληνες κενού	0,45	1,25
IV	Πλαστικός συλλέκτης χωρίς τζάμι και μόνωση (ταχύτητα ανέμου 2,2 m/s)	0,86	21,5

Πίνακας 5.2α

Μέσες τιμές $(\bar{\tau}_a)/(\tau_a)_h$ για 1 τζάμι

ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
I	0.79	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
Φ	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.91
Μ	0.88	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91	0.89	0.86
Α	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.88	0.84	0.78
Μ	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.84	0.78	0.71
Ι	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.89	0.86	0.81	0.81	0.75	0.67
Ι	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.87	0.82	0.76	0.68
Α	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.89	0.86	0.81	0.74
Σ	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90	0.88	0.83
Ο	0.86	0.89	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.89
Ν	0.80	0.85	0.89	0.92	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93
Δ	0.77	0.83	0.88	0.91	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.94

Πίνακας 5.2β

Μέσες τιμές ($\bar{\tau}_a$)/(τ_a)η για 2 τζάμια

ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	45°	50°	60°	70°	80°	90°
I	0.74	0.81	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91
Φ	0.80	0.85	0.88	0.90	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.91	0.88
Μ	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.89	0.87	0.83
Α	0.89	0.91	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.85	0.80	0.74
Μ	0.92	0.92	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.65
I	0.92	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.83	0.88	0.70	0.61
I	0.92	0.93	0.92	0.92	0.90	0.89	0.87	0.84	0.78	0.71	0.61
Α	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.87	0.83	0.77	0.69
Σ	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.88	0.85	0.79
Ο	0.82	0.86	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.92	0.90	0.87
Ν	0.75	0.82	0.87	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.91
Δ	0.72	0.80	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92

Πίνακας 5.3

ΚΥΡΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΖΩΝΩΝ

α. ΟΛΙΚΗ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (MJ/m² mo)

ΖΩΝΗ	I	Φ	Μ	Α	Μ	I	I	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο.	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	536	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	684	745	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968

β. ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ 24ΩΡΟΥ (°C)

ΖΩΝΗ	I	Φ	Μ	Α	Μ	I	I	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο.
1	13	13	15	17	21	26	28	28	25	22	18	15	20
2	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
3	11	12	13	16	20	25	27	27	24	20	16	13	19
4	8	9	11	16	20	25	27	27	23	18	14	9	17
5	5	7	10	14	20	24	27	27	23	17	12	7	16
6	4	6	9	15	20	24	27	24	22	16	11	6	15

γ. ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΗΜΕΡΑΣ (°C)

ΖΩΝΗ	I	Φ	Μ	Α	Μ	I	I	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο.
1	14	14	16	18	22	27	30	29	26	23	19	16	21
2	13	13	15	18	22	27	29	29	26	22	18	14	21
3	12	13	14	18	21	27	29	29	25	21	17	14	20
4	9	10	13	17	21	27	29	29	25	19	15	10	19
5	7	9	11	16	21	26	29	28	25	19	13	8	18
6	5	8	11	16	21	26	29	27	24	18	12	7	17

δ. ΒΑΘΜΟΗΜΕΡΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ 18°C

ΖΩΝΗ	I	Φ	Μ	Α	Μ	I	I	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ
1	127	147	131	78	-	-	-	-	10	52	130	720	
2	264	224	196	85	10	-	-	-	29	96	206	1110	
3	281	225	205	121	14	-	-	-	46	129	246	1267	
4	310	263	251	128	25	-	-	-	65	166	277	1485	
5	396	313	268	130	23	-	-	-	70	187	388	1725	
6	405	349	300	189	69	-	-	-	73	276	404	2065	

Πίνακας 5.4
Μέση μηνιαία ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο εκτός ατμόσφαιρας

Γεωγραφικό πλάτος	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
35	561	653	908	1065	1228	1236	1249	1147	945	772	576	518
40	468	573	843	1029	1218	1242	1249	1122	891	691	489	422

Πίνακας 5.5α
ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ \bar{R}

(α) ΖΩΝΗ 1										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.60	1.61	1.59	1.52	1.42
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.35	1.34	1.29	1.21	1.10
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.16	1.14	1.09	1.01	0.92	0.80
Α	1.00	1.03	1.04	1.02	0.99	0.93	0.85	0.76	0.65	0.53
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.70	0.60	0.49	0.38
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42	0.32
Ι	1.00	0.98	0.95	0.90	0.84	0.75	0.66	0.55	0.44	0.33
Α	1.00	1.01	1.01	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.57	0.45
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.08	1.02	0.93	0.82	0.70
Ο	1.00	1.12	1.22	1.30	1.34	1.34	1.32	1.26	1.17	1.06
Ν	1.00	1.18	1.34	1.47	1.56	1.62	1.63	1.60	1.53	1.42
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56
(β) ΖΩΝΗ 2										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Ι	1.00	1.19	1.36	1.49	1.59	1.65	1.67	1.65	1.59	1.49
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.36	1.38	1.37	1.32	1.24	1.13
Μ	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.14	1.10	1.02	0.93	0.81
Α	1.00	1.03	1.03	1.02	0.99	0.93	0.86	0.77	0.66	0.55
Μ	1.00	0.99	0.97	0.93	0.88	0.80	0.71	0.61	0.51	0.40
Ι	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.74	0.65	0.54	0.44	0.33
Ι	1.00	0.99	0.96	0.91	0.85	0.77	0.67	0.57	0.46	0.35
Α	1.00	1.02	1.01	0.99	0.95	0.88	0.80	0.70	0.58	0.46
Σ	1.00	1.06	1.11	1.12	1.11	1.08	1.02	0.93	0.83	0.71
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.06
Ν	1.00	1.19	1.35	1.49	1.58	1.64	1.66	1.63	1.56	1.46
Δ	1.00	1.20	1.38	1.53	1.64	1.71	1.74	1.72	1.66	1.56

Πίνακας 5.5β
ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ \bar{R}

(γ) ΖΩΝΗ 3										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.20	1.37	1.51	1.62	1.69	1.71	1.69	1.63	1.53
Φ	1.00	1.13	1.24	1.32	1.37	1.39	1.38	1.33	1.25	1.15
Η	1.00	1.08	1.13	1.17	1.17	1.15	1.11	1.03	0.94	0.83
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.72	0.62	0.52	0.41
I	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.55	0.45	0.34
I	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.95	0.85	0.72
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.33	1.28	1.20	1.08
Ν	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.62	1.56	1.45
Δ	1.00	1.21	1.39	1.55	1.66	1.74	1.77	1.76	1.70	1.60

(δ) ΖΩΝΗ 4										
ΚΛΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.18	1.33	1.46	1.55	1.61	1.62	1.60	1.54	1.44
Φ	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.28	1.21	1.11
Η	1.00	1.07	1.13	1.15	1.16	1.14	1.09	1.02	0.93	0.82
Α	1.00	1.03	1.04	1.03	0.99	0.94	0.87	0.78	0.68	0.56
Μ	1.00	1.00	0.98	0.94	0.88	0.81	0.73	0.63	0.52	0.41
I	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.75	0.66	0.56	0.45	0.35
I	1.00	0.99	0.96	0.92	0.85	0.77	0.68	0.58	0.47	0.36
Α	1.00	1.02	1.02	1.00	0.95	0.89	0.81	0.71	0.60	0.48
Σ	1.00	1.06	1.11	1.13	1.12	1.09	1.03	0.94	0.84	0.72
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.33	1.34	1.32	1.26	1.18	1.07
Ν	1.00	1.17	1.32	1.44	1.53	1.58	1.59	1.57	1.50	1.40
Δ	1.00	1.19	1.37	1.51	1.61	1.68	1.71	1.69	1.64	1.54

Πίνακας 5.5γ
ΜΕΣΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ R

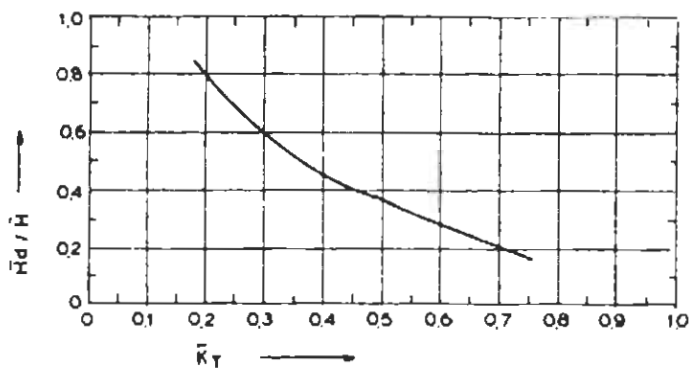
(ε) ΖΩΝΗ 5

ΚΑΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.17	1.32	1.44	1.52	1.57	1.59	1.56	1.50	1.41
Φ	1.00	1.12	1.22	1.30	1.35	1.36	1.35	1.30	1.22	1.12
M	1.00	1.07	1.13	1.16	1.17	1.15	1.10	1.03	0.94	0.83
A	1.00	1.03	1.04	1.03	1.00	0.95	0.88	0.79	0.69	0.57
M	1.00	1.00	0.98	0.94	0.89	0.82	0.73	0.64	0.53	0.42
I	1.00	0.98	0.95	0.91	0.84	0.76	0.67	0.57	0.47	0.37
I	1.00	0.99	0.96	0.92	0.86	0.78	0.69	0.59	0.49	0.38
A	1.00	1.02	1.02	1.00	0.96	0.90	0.82	0.72	0.61	0.49
Σ	1.00	1.07	1.11	1.13	1.13	1.09	1.04	0.96	0.86	0.74
Ο	1.00	1.12	1.22	1.29	1.34	1.35	1.33	1.27	1.19	1.08
N	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.63	1.65	1.63	1.57	1.46
Δ	1.00	1.20	1.37	1.52	1.63	1.70	1.73	1.72	1.66	1.57

(ζ) ΖΩΝΗ 6

ΚΑΙΣΗ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I	1.00	1.18	1.34	1.48	1.57	1.64	1.66	1.64	1.58	1.49
Φ	1.00	1.13	1.23	1.31	1.36	1.38	1.37	1.32	1.25	1.15
M	1.00	1.08	1.13	1.17	1.18	1.16	1.11	1.04	0.96	0.85
A	1.00	1.03	1.04	1.04	1.01	0.96	0.89	0.80	0.70	0.59
M	1.00	1.00	0.98	0.95	0.90	0.83	0.74	0.65	0.55	0.44
I	1.00	0.98	0.96	0.91	0.85	0.77	0.68	0.58	0.48	0.38
I	1.00	0.99	0.97	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50	0.39
A	1.00	1.02	1.02	1.01	0.97	0.91	0.83	0.73	0.62	0.51
Σ	1.00	1.07	1.11	1.14	1.13	1.10	1.05	0.97	0.87	0.75
Ο	1.00	1.12	1.23	1.30	1.35	1.36	1.34	1.29	1.21	1.10
N	1.00	1.19	1.35	1.48	1.58	1.64	1.66	1.64	1.58	1.48
Δ	1.00	1.22	1.41	1.57	1.70	1.78	1.82	1.81	1.76	1.67

Σχήμα 5.2. Σχέση μεταξύ \bar{Hd}/\bar{H} και \bar{K}_T



Εφαρμογή:

Θα βρούμε το ποσό της ενέργειας ($q_{\text{γεν}}$) που παρέχει ηλιακός συλλέκτης κενού επιφάνειας A_c m^2 που δίνει ενέργεια σε ψύκτη απορρόφησης που βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας για τον μήνα Ιούλιο (ο οποίος είναι ο θερμότερος μήνας του έτους) ώστε όταν ξέρουμε το ποσό της ενέργειας που απαιτείται θα ξέρουμε την επιφάνεια των συλλεκτών που χρειαζόμαστε.

Οι συλλέκτες θεωρούμε ότι τοποθετούνται με κλίση 30° προς νότο και ο ψύκτης απορρόφησης λειτουργεί με σχεδόν σταθερό COP χρησιμοποιώντας ενέργεια από 80°C και άνω. Η μέγιστη δυνατή θερμοκρασία εισόδου του νερού στους συλλέκτες είναι 100°C .

Το ποσό της ενέργειας που ζητάμε βρίσκεται από τη σχέση 5.3

$$Q_u = A_c F_R (\tau\alpha)_n (F'_R / F_R) (\bar{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n \bar{\Phi} \bar{H}_T$$

Για σωλήνες κενού $F_R (\tau\alpha)_n = 0,45$
θεωρούμε $F'_R / F_R = 0,95$
από πίνακα 4.6α $(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n = 0,93$

$$H_T = H \cdot R = 795 \cdot 0,92 = 731,4 \text{ J/m}^2 \cdot \text{mo}$$

(από τον πίνακα $H=781$ αλλά σε υψόμετρο μεγαλώνει η ηλιακή ακτινοβολία άρα το θεωρούμε τουλάχιστον 795)

το Φ βρίσκεται από τα διαγράμματα 5 έτσι πρέπει να γνωρίζουμε το K_t το R/R_n και το X_c

$$K_t = 795/1249 = 0,636$$

$$R = 0,92$$

Το R_n το βρίσκουμε από τη σχέση 5.7 και τις επιμέρους σχέσεις που χρειάζονται

$$r = 0,2$$

$$s = 30^\circ$$

$$\varphi = 38$$

$$\delta = 20,6^\circ$$

$$\omega_s = 106,8^\circ$$

$$R_{b,n} = 1,14$$

$$H_d/H = 0,284$$

$$r_{d,n} = 0,223 \text{ hr}^{-1}$$

$$r_{T,n} = 0,243^{-1}$$

Το X_c βρίσκεται με χρήση της σχέσης 5.6 και το I_c από την 5.5

$$F_R U_L = 1,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

$$T_i = 80-100^\circ\text{C}$$

$$T_a = 29^\circ\text{C}$$

Λόγω ύπαρξης δύο τιμών για το T_i θα υπάρχει μια μέγιστη και μια ελάχιστη τιμή για το I_c και αυτές είναι μετά από υπολογισμούς:

$$I_{c_{\min}} = 173,2 \text{ W/m}^2$$

$$I_{c_{\max}} = 241,2 \text{ W/m}^2$$

$$X_{\min} = 0,081$$

$$X_{\max} = 0,11$$

$$R/R_n = 0,749$$

$$\Phi_{\min} = 0,825$$

$$\Phi_{\max} = 0,87$$

Και οι δύο τιμές του Q_u που βρίσκουμε για τις δυο τιμές του Φ είναι:

$$Q_{\min} = A_c 237,3 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{mo} = \text{J/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$Q_{\max} = A_c 250,26 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{mo} = \text{J/m}^2 \cdot \text{s}$$

Στη θέση του ποσού ενέργειας βάζουμε το $q_{\text{γεν}}$ και βρίσκουμε την επιφάνεια του συλλέκτη.

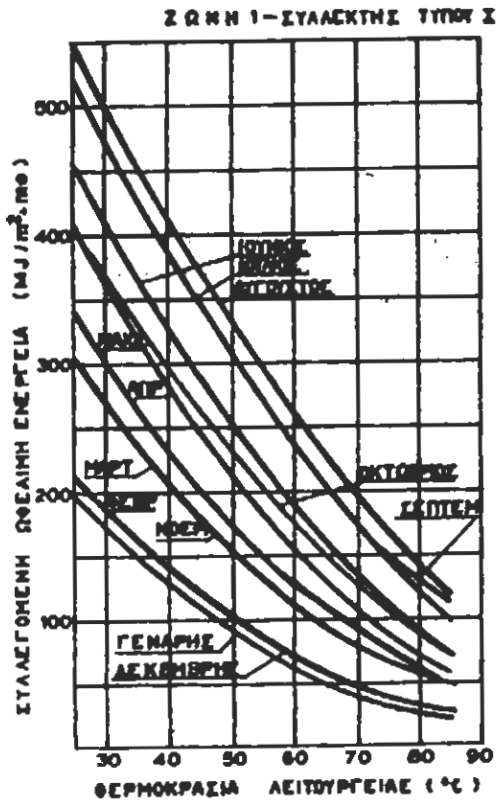
Για το παράδειγμα που χρησιμοποιήσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια βρήκαμε ότι για τον κλιματισμό ενός χώρου 100m^2 που βρίσκεται στην περιοχή της Αθήνας για την πιο ζεστή περίοδο του έτους απαιτούνται $10,33 \text{ kW}$ ψύξης και η απαίτηση από τη γεννήτρια είναι $13,7 \text{ kW}$.

Αυτό εκφράζει το ποσό της ενέργειας που πρέπει να παρέχει ο ηλιακός συλλέκτης.

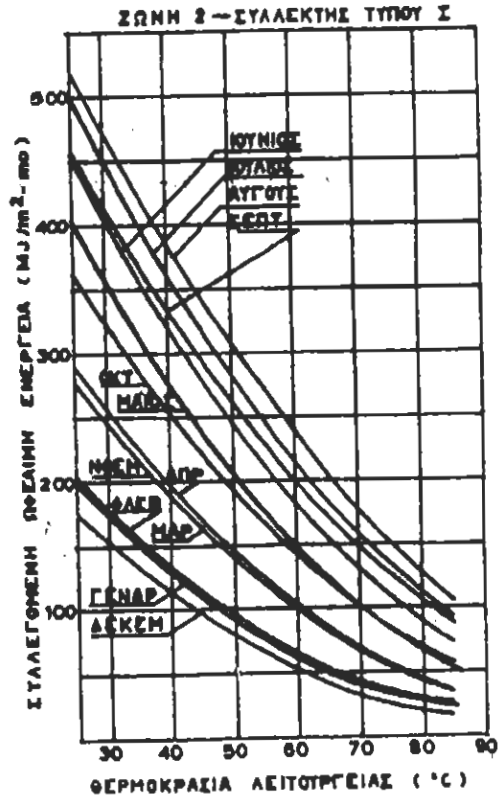
Έτσι για τις τιμές Q_{\min} και Q_{\max} , αν θέσουμε για αυτές τις δύο την τιμή 13.700 W βρίσκουμε ότι η επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών πρέπει να είναι από 55 το ελάχιστο, έως 58m^2 .

Η εφαρμογή της μεθόδου Φ δίνει λύση σε πολλά προβλήματα, όμως χρειάζονται πολλοί υπολογισμοί. Για διευκόλυνση του μελετητή έχουν φτιαχτεί μια σειρά διαγραμμάτων (σχήματα 5.3α έως ζ και 5.4α ως ζ) και οι πίνακες 1. Σε αυτά τα διαγράμματα δίνεται για τις διάφορες ζώνες της χώρας, για κάθε μήνα χωριστά, η μέση μηνιαία συλλεγόμενη ωφέλιμη ενέργεια συναρτήσει της θερμοκρασίας εισαγωγής στους συλλέκτες που θεωρείται ότι παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του μήνα.

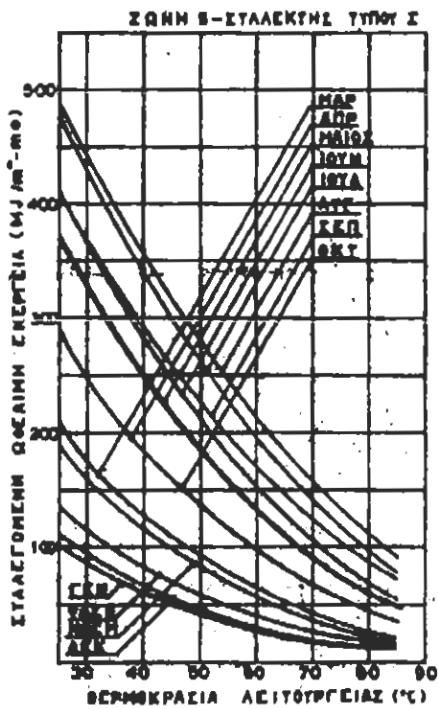
Σχήμα 5.3α ως ζ. Απόδοση ηλιακών συλλεκτών τύπου 1 με τη μέθοδο των καρτυλών Φ. Παραδοχές: Σταθερή θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες. $F_R(\tau\alpha)_n = 0.82$, $F_{R,U_L} = 7.5 \text{ W/m}^2\text{C}$, $F_R'/F_R = 0.95$, $s = 45^\circ$.



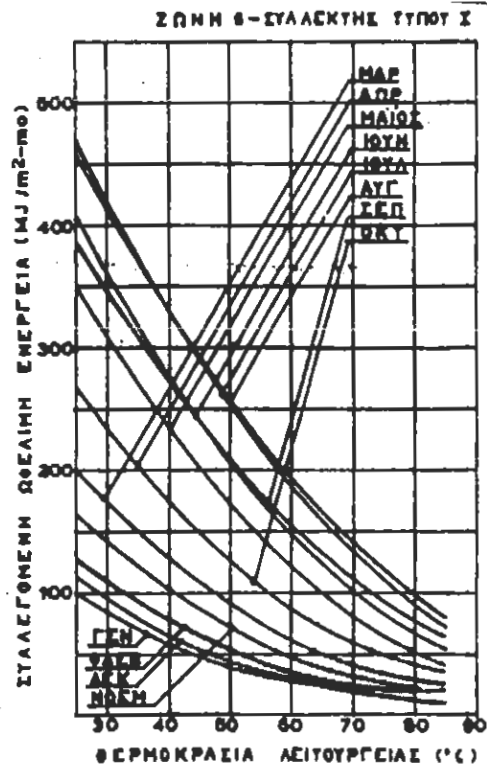
Σχήμα α.



Σχήμα β.

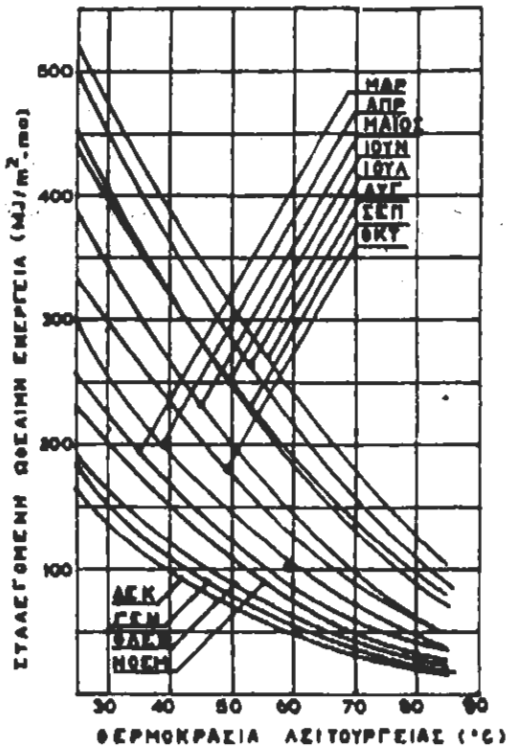


Σχήμα ε.



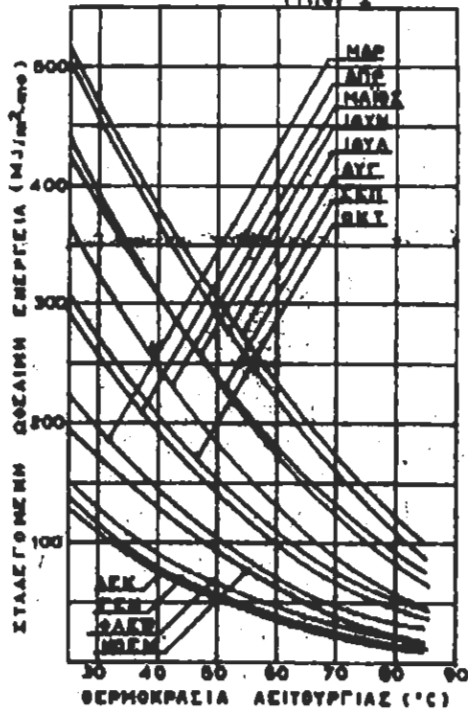
Σχήμα ζ.

ΖΩΝΗ 3 - ΣΤΑΛΑΚΤΗΣ ΤΥΠΟΥ Σ



Σχήμα γ.

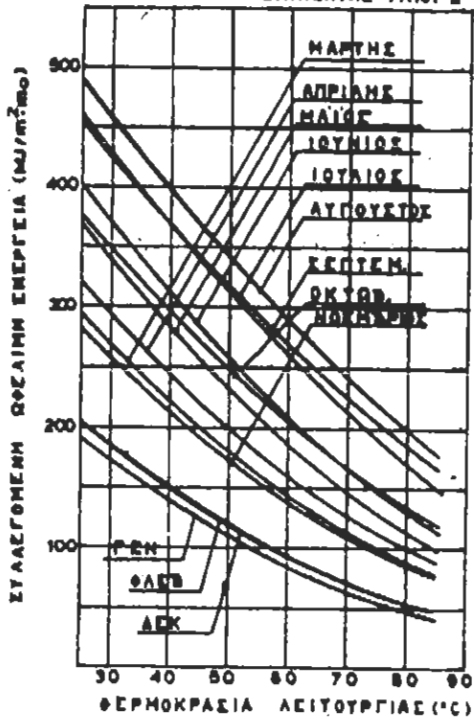
ΖΩΝΗ 4 - ΣΤΑΛΑΚΤΗΣ ΤΥΠΟΥ Σ



Σχήμα δ.

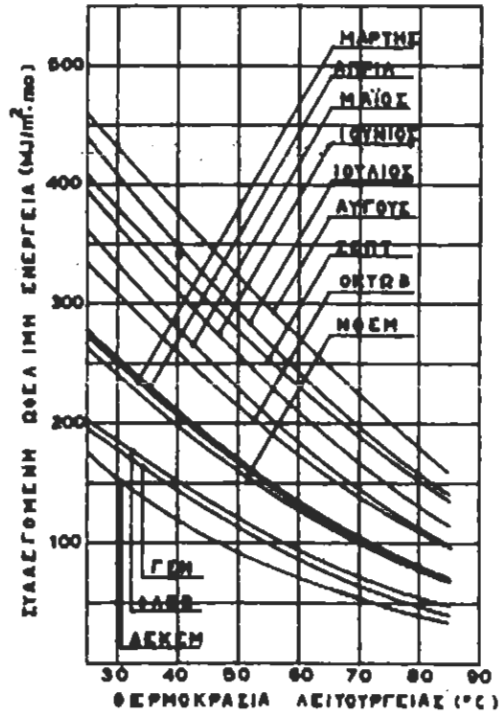
Σχήμα 5.4α ως ζ. Απόδοση ηλιακών συλλεκτών τύπου 11 με τη μέθοδο Φ. Παραδοχές: Σταθερή θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες. $F_R(\tau\alpha)_n = 0.75$, $F_R U_L = 5 \text{ W/m}^2\text{C}$, $F_R / F_R = 0.95$, $s = 45^\circ$.

ΖΩΝΗ 1 - ΣΤΑΛΑΚΤΗΣ ΤΥΠΟΥ Β

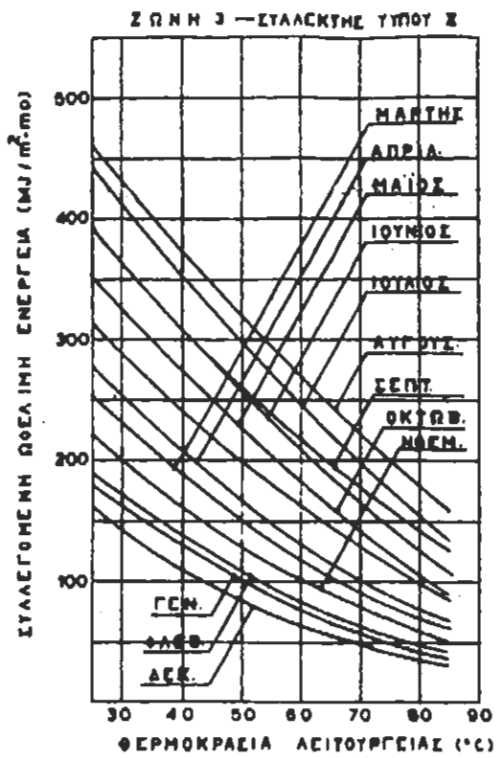


Σχήμα α.

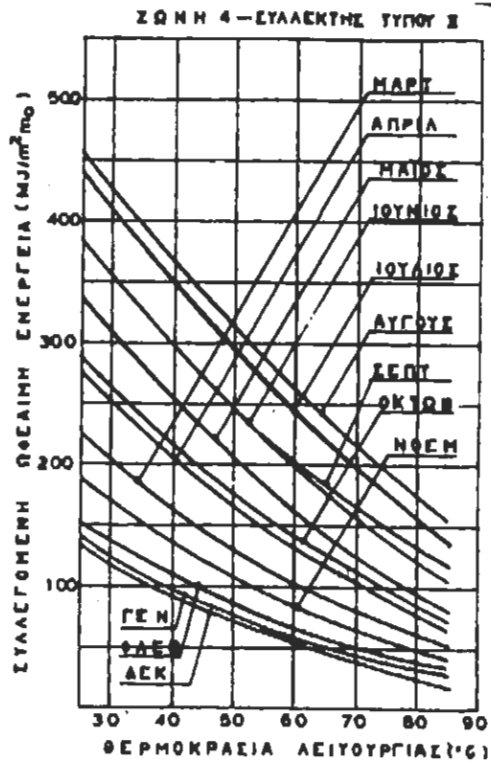
ΖΩΝΗ 2 - ΣΤΑΛΑΚΤΗΣ ΤΥΠΟΥ Β



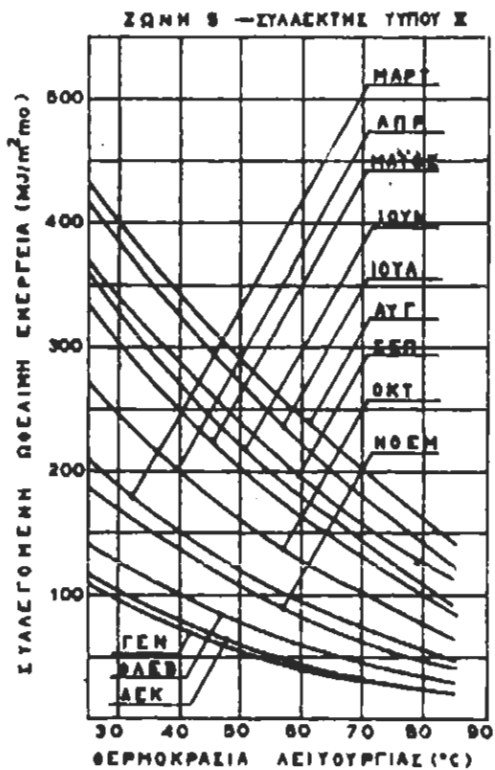
Σχήμα β.



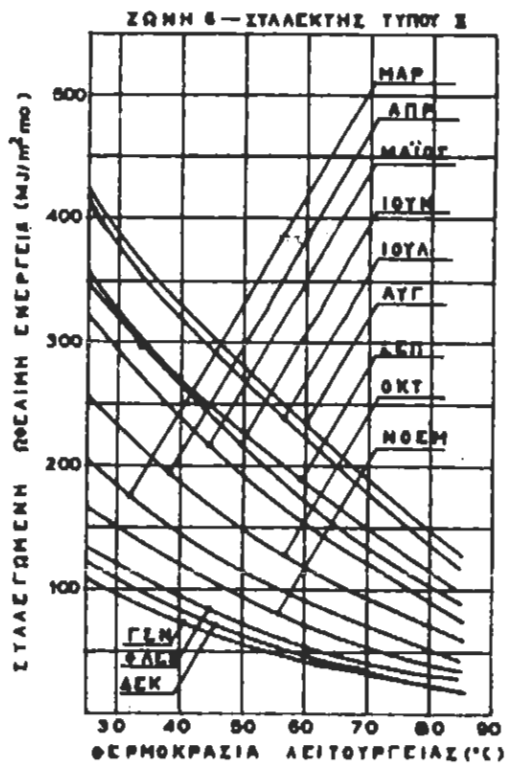
Σχήμα γ.



Σχήμα δ.



Σχήμα ε.



Σχήμα ζ.

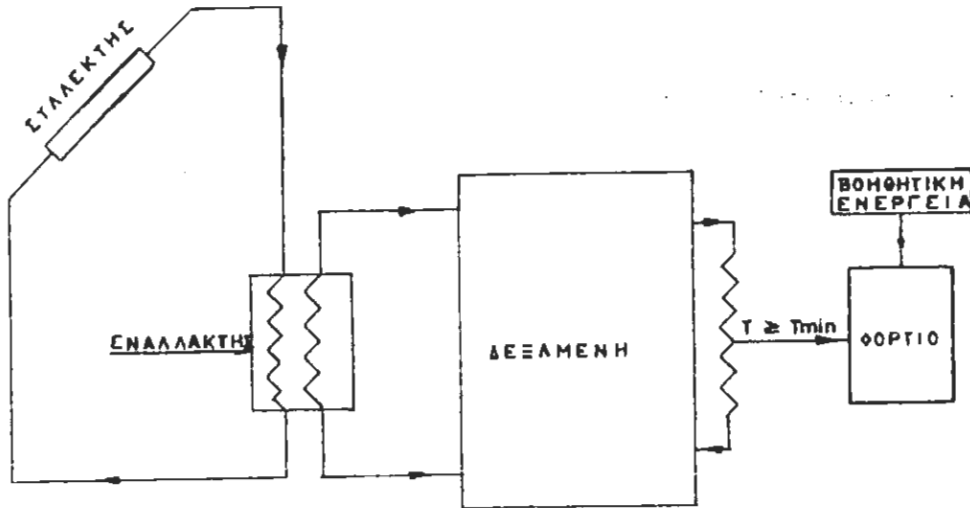
5.4. Μέθοδος των καμπυλών Φ -f

Η μέθοδος των αυτή είναι μια γενική προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού που μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές εφαρμογές όπως η θέρμανση χώρων, ο κλιματισμός με ψύκτες απορρόφησης και διάφορες περιπτώσεις θέρμανσης στη βιομηχανία.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του συστήματος για το οποίο εφαρμόζεται η μέθοδος Φ -f. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται με τη βοήθεια επίπεδων ηλιακών συλλεκτών και αποθηκεύεται στη δεξαμενή αποθήκευσης με τη μορφή αισθητής θερμότητας του εκεί περιεχομένου υγρού (συνήθως νερό). Για την κάλυψη του φορτίου το θερμό υγρό της δεξαμενής διοχετεύεται μέσα από έναν εναλλάκτη θερμότητας όπου προσδίδει θερμότητα στο φορτίο. Όταν η ενέργεια από τα δεξαμενή αποθήκευσης δεν επαρκεί, για την κάλυψη του φορτίου χρησιμοποιείται μια βοηθητική πηγή ενέργειας.

Για την κάλυψη του φορτίου, θεωρείται ωφέλιμη κάθε ποσότητα ενέργειας που παρέχεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη ή ίση από την T_{min} , την ελάχιστη επιθυμητή θερμοκρασία. Η ενέργεια που παρέχεται στο φορτίο υποτίθεται ότι χρησιμοποιείται με σταθερό συντελεστή COP.

Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών εξαρτάται από τη θερμοκρασία στην οποία γίνεται η συλλογή της ενέργειας. Η ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} , εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής.



Σχήμα 1. Σχηματικό διάγραμμα ηλιακού συστήματος (μέθοδος Φ -f).

Στη θέρμανση χώρων T_{min} είναι η ελάχιστη θερμοκρασία του κτιρίου, περίπου 20°C . Κάθε ποσότητα ενέργειας με θερμοκρασία πάνω από 20°C μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση του κτιρίου. Στον κλιματισμό με ψύκτες απορρόφησης η T_{min} είναι η ελάχιστη θερμοκρασία για την οποία λειτουργεί η κλιματιστική συσκευή. Για τους ψύκτες βρωμιούχου λιθίου-νερού η T_{min} είναι περίπου 80°C . Οι κλιματιστικές συσκευές απορρόφησης

λειτουργούν με ελαφρά μεταβαλλόμενο COP, που κατά προσέγγιση θεωρείται σταθερό και ίσο με 0,65.

Η κατανομή του φορτίου μέσα στη μέρα επηρεάζει τη μέση θερμοκρασία της δεξαμενής και επομένως την απόδοση των συλλεκτών. Για την ανάπτυξη της μεθόδου Φ-f θεωρήθηκε ότι το φορτίο κατανέμεται ομοιόμορφα από τις 6 το πρωί μέχρι τις 6 το βράδυ, πράγμα που ισχύει για αρκετές περιπτώσεις όπως ο κλιματισμός και πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Όταν η ημερήσια κατανομή του φορτίου είναι διαφορετική, η απόδοση του συστήματος δεν συμπίπτει ακριβώς με αυτή που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου Φ-f. Οι διαφορές όμως γίνονται μικρές όταν η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι ίση ή μεγαλύτερη από 350 KJ/°C-m².

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέση μηνιαία κάλυψη, f, εκφράζεται σαν συνάρτηση δυο αδιάστατων παραγόντων, των Φ_{max} Y και X.

$$\bar{\Phi}_{\max} Y = \bar{\Phi}_{\max} [Ac F_R' (\tau_a) \bar{H}_T] \quad (1)$$

$$X = Ac F_R' U_L (100^\circ\text{C}) \Delta t / L \quad (2)$$

Φ_{max} είναι η μέγιστη τιμή του βαθμού χρησιμοποίησης. Αντιστοιχεί σε θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες T_{min}.

Ac η επιφάνεια των συλλεκτών.

F_{R'}(τ_a), F_{R'}U_L οι χαρακτηριστικοί αριθμοί του συλλέκτη

H_T η μέση μηνιαία ακτινοβολία στο επίπεδο του συλλέκτη J/m²-mo

Δt η χρονική διάρκεια του μήνα (sec)

L το μέσο μηνιαίο φορτίο (J)

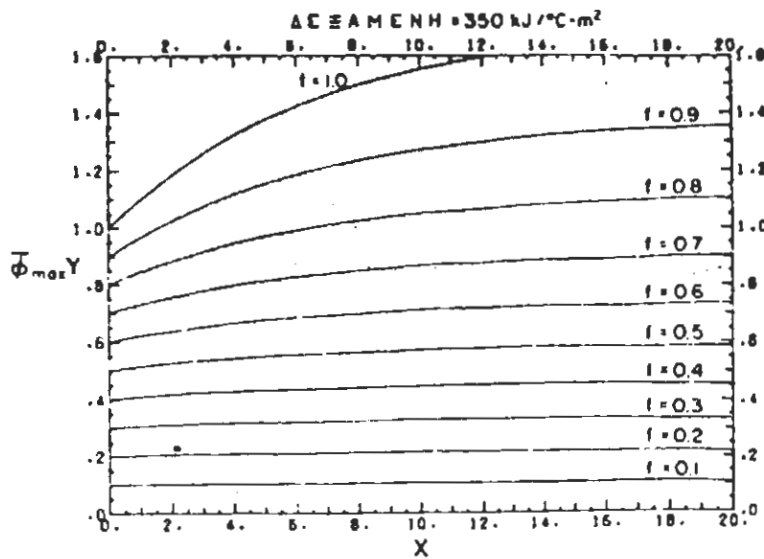
Το γινόμενο $\bar{\Phi}_{\max} Y$ παριστά το ποσό του φορτίου που θα καλυπτόταν από την ηλιακή ενέργεια, αν η θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες ήταν πάντα ίση με T_{min}. Για το σύστημα του σχήματος η θερμοκρασία εισόδου στους συλλέκτες είναι μεγαλύτερη από την T_{min}. Ο παράγοντας X είναι ένα μέτρο της ευαισθησίας της απόδοσης του συστήματος στη μεταβολή της θερμοκρασίας εισόδου στους συλλέκτες.

Η σχέση της κάλυψης f με τους αδιάστατους παράγοντες Φ_{max} Y και X φαίνεται στο σχήμα 2 που παριστά το πλέγμα των καμπυλών Φ-f.

Οι καμπύλες αυτές ισχύουν για μια τέλεια μονωμένη δεξαμενή χωρητικότητας 350 KJ/°C-m², και ένα άπειρα μεγάλο εναλλάκτη φορτίου.

Για κάθε μήνα προσδιορίζονται οι τιμές των Φ_{max}Y και X χρησιμοποιώντας μέσα μηνιαία μετεωρολογικά δεδομένα για την υπόψη

τοποθεσία. Για τις συντεταγμένες Φ_{maxY} και X από το διάγραμμα 2 προκύπτει μια τιμή του f , που είναι το μέσο ποσοστό του μηνιαίου φορτίου που καλύπτεται από την ηλιακή ενέργεια, με την υπόθεση ότι οι απώλειες της δεξαμενής είναι μηδενικές και ο εναλλάκτης του φορτίου άπειρα μεγάλος. Το γινόμενο των f και L είναι το μέσο μηνιαίο ενεργειακό όφελος. Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται κάθε μήνα. Το άθροισμα των f , L διαιρεμένο με το μέσο ετήσιο φορτίο δίνει τη μέση ετήσια κάλυψη του φορτίου από την ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 2. Καμπύλες Φ - f

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ

Οι καμπύλες Φ - f έχουν αναπτυχθεί για συστήματα με τέλεια μονωμένη δεξαμενή. Η διόρθωση της τιμής του f , που προκύπτει από τις καμπύλες, ώστε να ληφθούν υπόψη οι απώλειες της δεξαμενής

6. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η ιδιότητα των απορροφητικών κλιματιστικών συστημάτων να λειτουργούν με θερμότητα (θερμό νερό ή ατμός) και να εξοικονομούν έτσι τεραστία ποσά ενέργειας, τα καθιστά ιδιαίτερα χρήσιμα για τον κλιματισμό μεγάλων χώρων και χώρων όπου υπάρχει περίσσεια θερμότητας και ζεστού νερού. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιήσει την εξερχόμενη θερμότητα από εργοστάσια αποτέφρωσης και άλλων εργοστασίων, ζεστό νερό από θερμές πηγές, φυσικό αέριο και θερμό νερό από ηλιακούς συλλέκτες.

Παρακάτω φαίνονται δύο σχήματα κλιματισμού με απορρόφηση που χρησιμοποιούν ηλιακούς συλλέκτες. Οι συλλέκτες αυτοί χρησιμοποιούνται και για θέρμανση χώρου και νερού, καθιστώντας το συνολικό κόστος κλιματισμού - θέρμανσης- ζεστού νερού ακόμη πιο οικονομικό.



Συστοιχεία ηλιακών συλλεκτών για κλιματισμό –θέρμανση –ζεστό νερό
“Courtesy of Bergquam Energy”

www.toolbase.org/tertiary.asp?documentID=2091&categoryID=1435



Σύστημα ηλιακών συλλεκτών για κλιματισμό σε εργοστάσιο στο Φρέϊμπουργκ της Γερμανίας.

www.solarserver.de/index-e.html



Κύρια τμήματα συστήματος στη πανεπιστημιακή κλινική στο Φρέϊμπουργκ Γερμανίας. Στα αριστερά το σύστημα απορροφητικής ψύξης και στ δεξιά το ηλιακό σύστημα που του δίνει την απαιτούμενη θερμότητα λειτουργίας.

www.solarserver.de/index-e.html

Εδώ παρουσιάζονται διάφοροι χώροι που χρησιμοποιούν απορροφητικό κλιματισμό.

Για οικιακή χρήση



Για εμπορικά κέντρα



Για τράπεζες και ασφαλιστικές εταιρίες



Για βιομηχανικούς και εκθεσιακούς χώρους



Για ξενοδοχεία



Για νοσοκομεία και κλινικές



Για μουσεία και δημόσιους χώρους



Για τουριστικά κέντρα



Αν και η χρήση του για οικιακούς σκοπούς δεν ενδείκνυται λόγω του υψηλού κόστους υλικών και εγκατάστασης, υπάρχουν κάποια συστήματα που έχουν κατασκευαστεί και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτό το σκοπό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες οικίες και για θέρμανση χώρου και παροχή ζεστού νερού. Ένα τέτοιο σύστημα, κατασκευασμένο από τη Robur φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Απορροφητικό κλιματιστικό θέρμανσης-κλιματισμού από τη Robur.
Δυνατότητες κλιματισμού από 35 έως 70 kW
Δυνατότητες θέρμανσης από 32 έως 130 kW
www.robur.com

Η **Robur** είναι η μοναδική εταιρία στις Η.Π.Α. που φτιάχνει κλιματιστικά απορρόφησης μικρής ψυκτικής ισχύος 10 έως 20 kW από τη δεκαετία του 60. Αυτές οι μικρές μονάδες έχουν τη δυνατότητα επέμβασης αν υπάρχει η επιθυμία μεγαλύτερης ψυκτικής ισχύος.

Παρακάτω φαίνονται διάφορες εφαρμογές σε διαφορετικές χώρες όπου έχουν εγκατασταθεί κλιματιστικά απορρόφησης από τη Robur.



U.K., Liverpool University.
Ικανότητα ψύξης: 180 kW



U.K., Βρετανικός χώρος αεροπορίας.
Ψυκτική ισχύς 45,8 kW
Θερμική ισχύς 39,6 kW



Γερμανία (Essen)
Εκθεσιακός χώρος 1290.7 kW
Ψυκτική ισχύς



Γαλλία (Laurent Bouilliet Rueii Malmaison) Ψυκτική ισχύς 70 kW



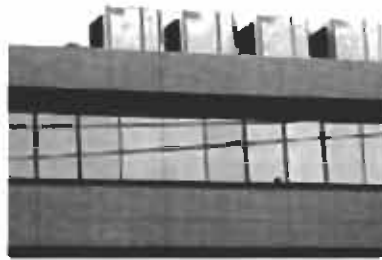
U.K. (Δημαρχείο στην Οξφόρδη)
kW 243.6 (ψυκτική ισχύς)



Κολομβία (Barranquilla, Gas del Caribe) Εταιρεία φυσικού αερίου kW 416.2 (ψυκτική ισχύς)



Κίνα (Pudong,
Shanghai
Municipal Gas)
Εταιρία
φυσικού αερίου
kW 17.4
(ψυκτική ισχύς)
43 kW (θερμική
ισχύς)



Ιαπωνία (Niigata,
Motoi) Αρχιτεκτονικό
γραφείο
kW 121.8 (ψυκτική
ισχύς)
kW 274.4 (θερμική
ισχύς)



Βενεζουέλα.
(Puerto La Cruz,
Doral Beach)
Ξενοδοχείο
kW 6940
(ψυκτική ισχύς)



Τσεχία
Εταιρία φυσικού
αερίου 87,2 kW
(ψυκτική ισχύς)



Υπάρχουν και μερικές άλλες εταιρίες που κατασκευάζουν κλιματιστικά απορροφητικού τύπου με κύριες χώρες προέλευσης την Κίνα και την Ιαπωνία. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες τέτοιες εταιρίες και διάφορα προϊόντα.

Η εταιρία **Broad** μπήκε στην αγορά το 1992 και κατασκευάζει μηχανήματα με ικανότητα ψύξης- θέρμανσης από 100 έως 2600 τόνους.
site: www.broadusa.com





Ενυδρείο στο Βειjing, Κίνα.
Τα ψυκτικά συστήματα
χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση
συγκεκριμένων θερμοκρασιών για
διάφορα ψάρια.
Επιφάνεια: 40.000 m²
Ψυκτική και θερμική ισχύς: 12 –900
τόνους



Κεντρικά γραφεία Microsoft στη
Κίνα.
Επιφάνεια: 93.000 m²
16- 990 τόνους για θέρμανση, ψύξη
και ζεστό νερό.



Γραφεία διαφημιστικής εταιρείας
στη Νέα Υόρκη.



Κέντρο υγείας στην Βοστώνη.
Προσφέρει κλιματισμό, θέρμανση
και ζεστό νερό όλο το χρόνο για
ασθενείς και προσωπικό.

Η **Carrier**, μέσω της **Ebara** κατασκευάζει κλιμαστική μεγάλης ψυκτικής ικανότητας, από 350 έως 3500 kW/h

Site: www.Ebara.com



Η **McQuay-Sanyo** διαθέτει εκτός από μεγάλες μονάδες κλιματισμού, και μικρές με ψυκτική ισχύς από 70 kW/h.

Site: www.mcquay.com

Yazaki

Αυτή φτιάχνει μοντέλα για βιομηχανική χρήση από 70 έως 500 kW/h και επίσης παράγει κάποια που λειτουργούν με ηλιακό συλλέκτη για οικιακή χρήση από 4 έως 17 kW/h.

Site: www.yazaki-group.com

Arosae Tough



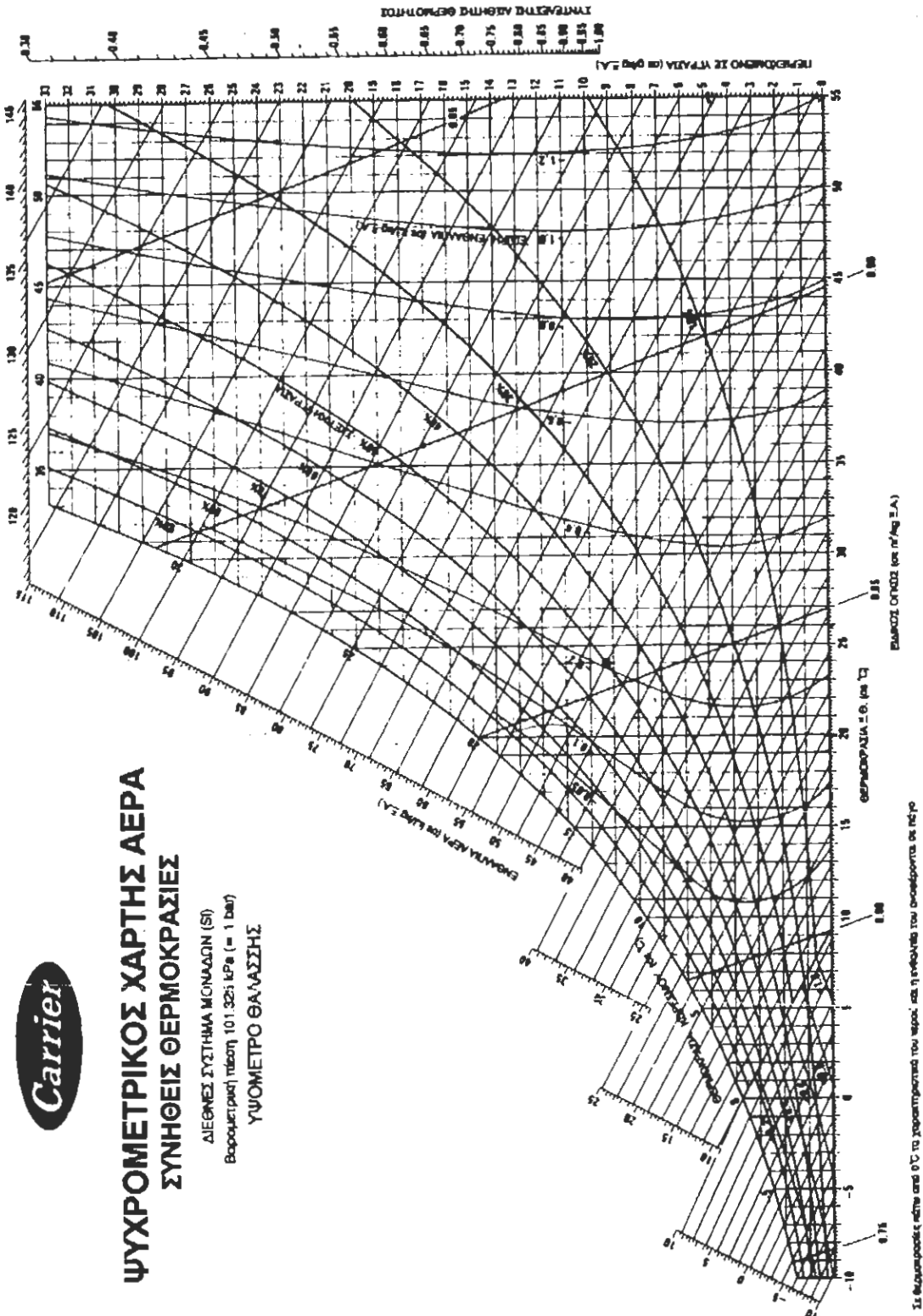
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε τελική ανάλυση ο κλιματισμός με τη μέθοδο της απορρόφησης, είτε με ηλιακή ενέργεια, είτε αξιοποιώντας περίσσεια ατμού από διάφορα σημεία, είναι πολύ καλή λύση για την προστασία του περιβάλλοντος για εξοικονόμηση ενέργειας και για οικονομία. Το γεγονός ότι δεν χρησιμοποιεί συνθετικά ψυκτικά μέσα όπως CFC/HCFC ή HFC επιβλαβή για την ατμόσφαιρα, αλλά φυσικά συστατικά όπως νερό, αμμωνία και LiBr το καθιστά φιλικό προς το περιβάλλον. Επειδή δεν έχει συμπιεστή η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με άλλα συμβατικά κλιματιστικά είναι πολύ μεγάλη. Ο ίδιος λόγος τα καθιστά και οικονομικά.

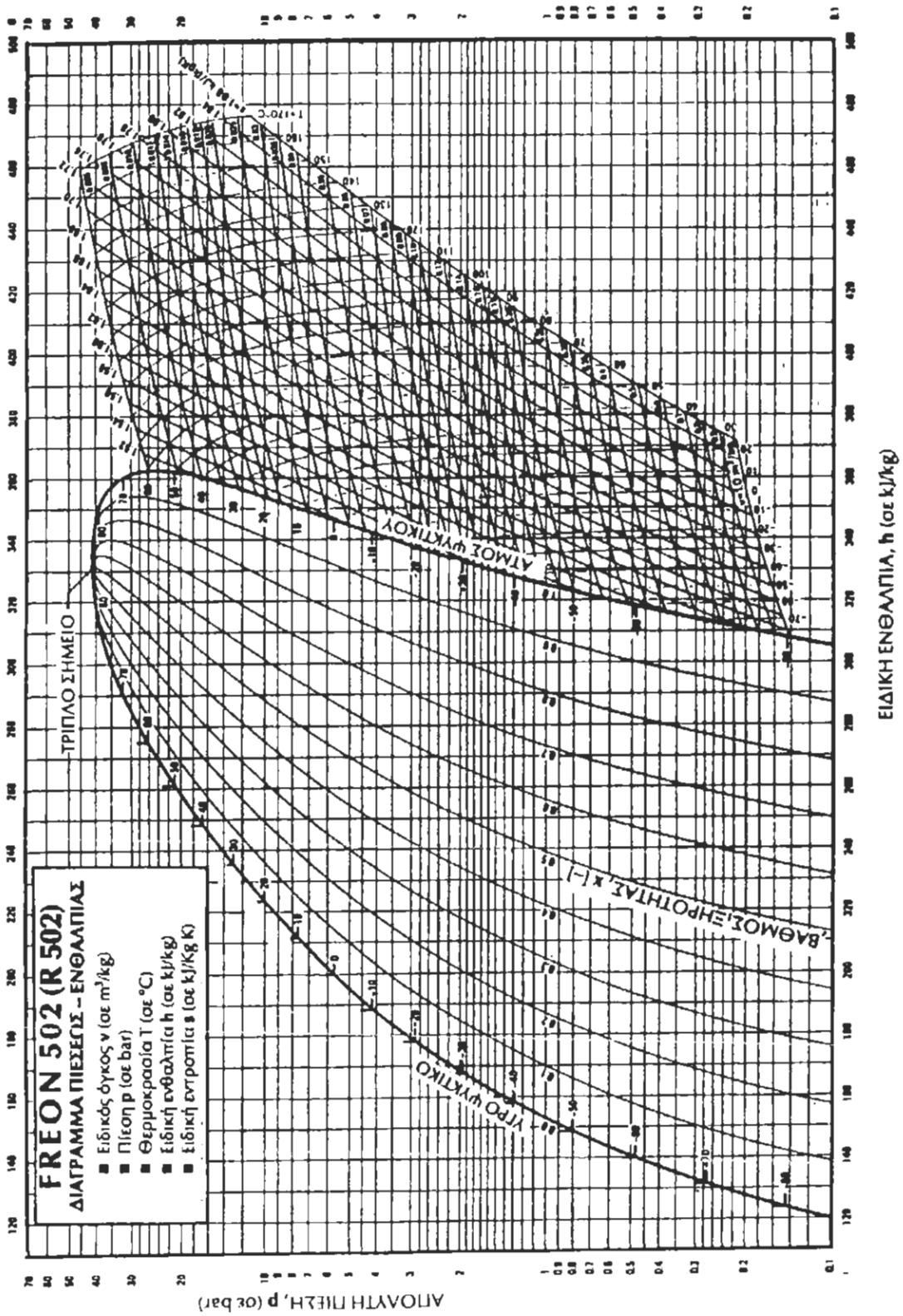
Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν παρά ελάχιστοι διανομείς τέτοιων συστημάτων, αν και έχουν γίνει κάποιες μελέτες δεν έχουν εφαρμοστεί σε σημεία που θα αποδεικνύονταν πολύ χρήσιμα. Δεν υπάρχει κτίριο όμως στην Ελλάδα που να μην απαιτεί κλιματισμό χειμώνα- καλοκαίρι είτε για θέρμανση είτε για ψύξη. Ειδικότερα το καλοκαίρι όπου οι απαιτήσεις κλιματισμού είναι τεράστιες τέτοια συστήματα με ηλιακούς συλλέκτες θα ήταν ιδανικά λόγω της μεγάλης ηλιοφάνειας και άρα μεγάλης απόδοσης των ηλιακών συλλεκτών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

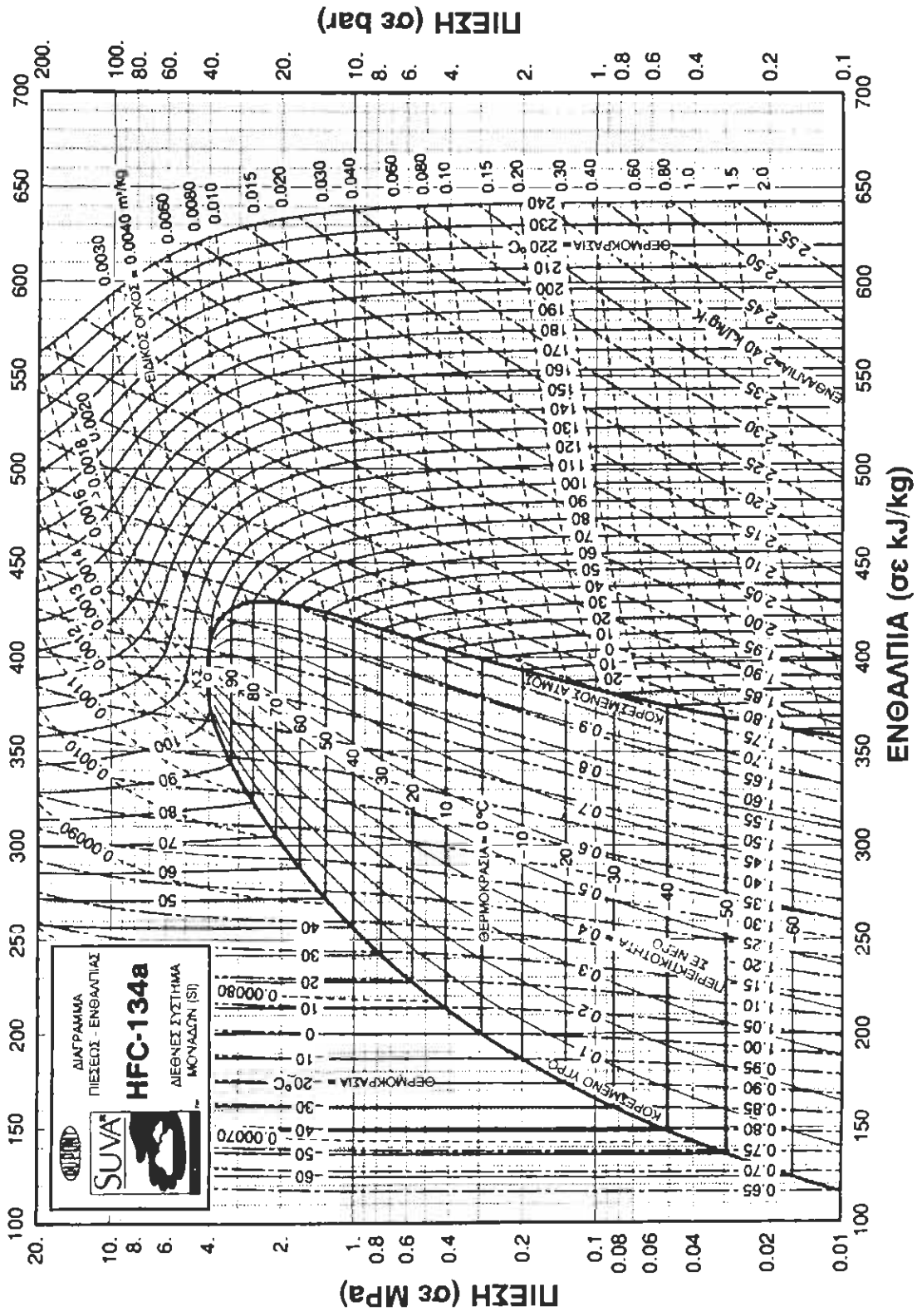
Σχήμα Α.1 Εξελληνισμένη μορφή του περισσώτερου γνωστού ψυχομετρικού διαγράμματος της "Carrier"



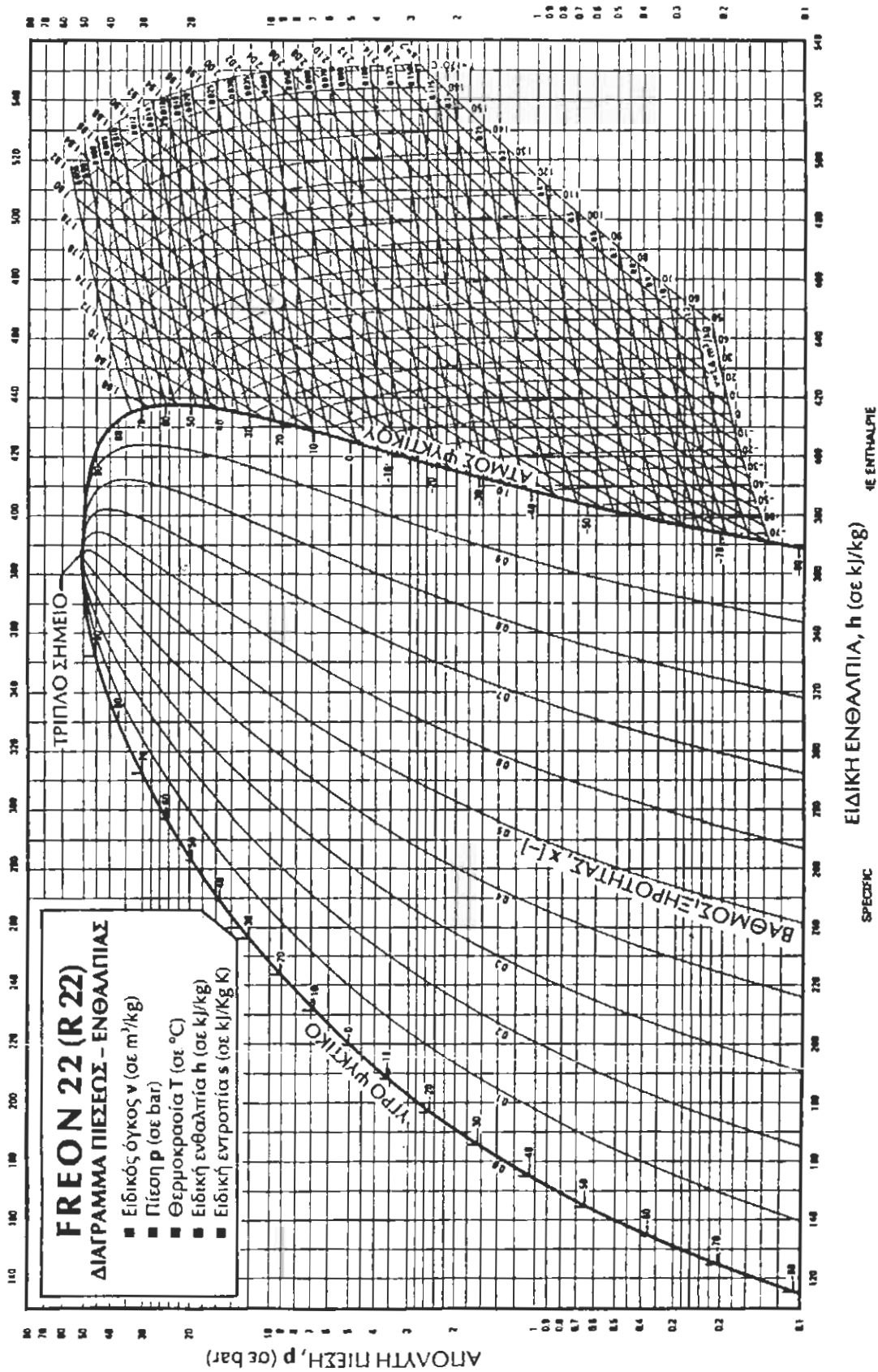
Σχήμα Α.2 Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για R502



Σχήμα Α.3 Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για 134a

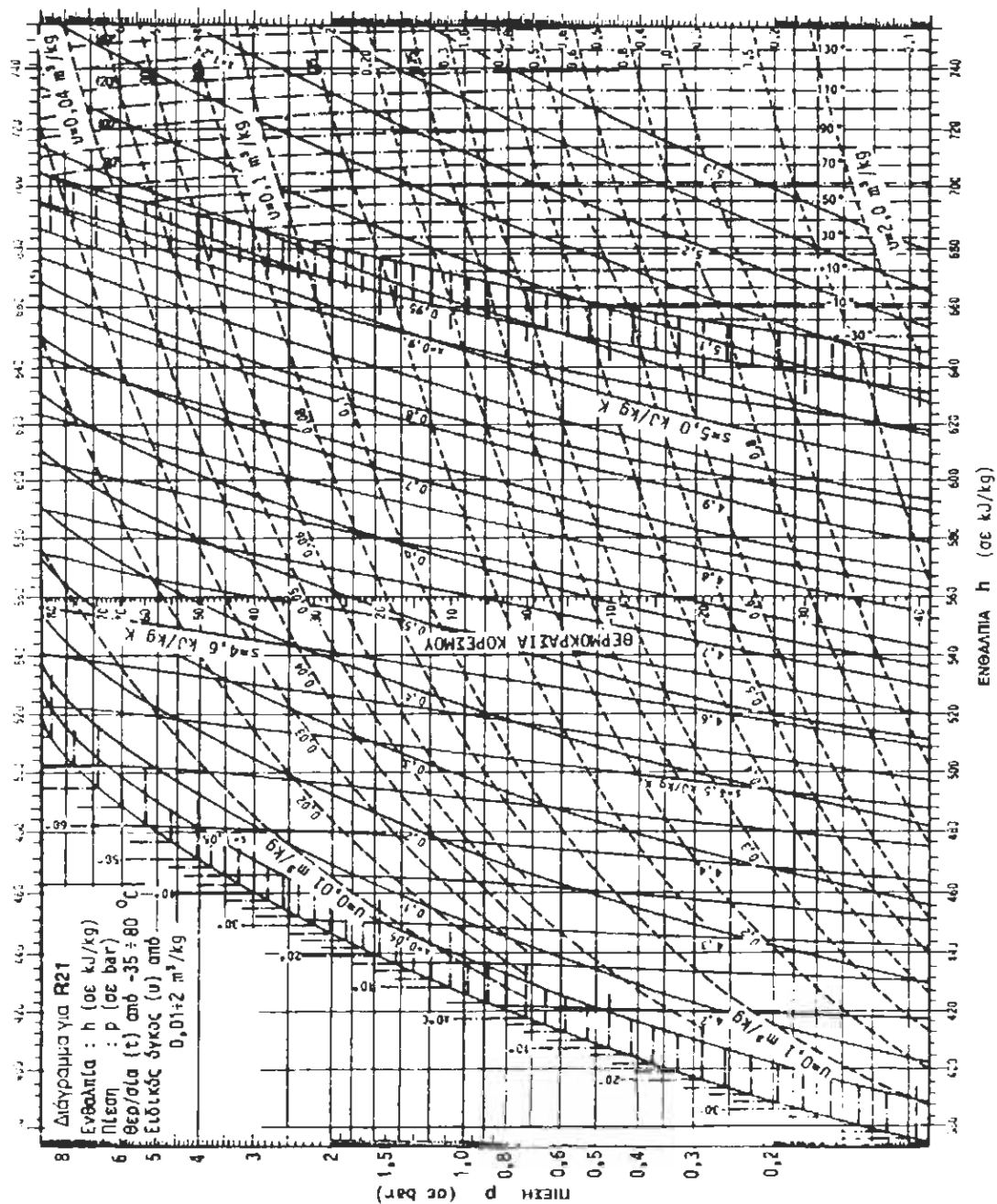


Σχήμα Α.4 Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για R22



Σχήμα Α.5 Διάγραμμα πίεσης ενθαλπίας για R21

Πίεση 0,148 bar ● Ενθαλπία 380÷740 kJ/kg



Για $t=0^{\circ}\text{C}$, $p_0=0,708 \text{ bar} \Rightarrow h_0=418,68 \text{ kJ/kg}$ και $s_0=4,1868 \text{ kJ/kg.K}$

ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

ΧΩΡΟΣ	Θερμοκρ. Ξηρού θερμ. (DB)°C	Θερμοκρ. Υγρού θερμ. (WB)°C	Ειδική υγρασία Kg/Kg ξ.α.	Παρατηρήσεις
Εξωτ. Περιβάλλοντος				
Κλιματιζ. Χώρου				
Διαφορά				

ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

2. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΑΓΩΓΗ

Είδος επιφάνειας	Επιφάνεια (m ²)	Συντελ. "U"	Διαφορά θερμοκ. (ΔΤ)	Συντελ. Μείωσης %	Αισθητό φορτίο Kcal/h (Qαισ) W	Λανθάνον φορτίο Kcal/h (Qλ) W	Ολικό φορτίο Kcal/h (Qολ) W
Τοίχος							
Τοίχος							
Τοίχος							
Τοίχος							
Οροφή							
Δάπεδο							
Μεσότοιχοι							
Υαλοπίνακες							
Ολικό ψυκτικό φορτίο από αγωγή :							

3. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΚΑΙ ΦΩΤΑ

Είδος πηγής ψυκτ. φορτ.	Αριθμός Ανθρώπων	Αισθητό φορτίο	Λανθάνων φορτίο	Qαισ	Qλ	Qολ
Ανθρωποι						
Ανθρωποι						
Φώτα (Watts)	X 0,86 (ή 1,1 για λάμπες φθορ.)					
Ολικό ψυκτικό φορτίο από ανθρώπους & φώτα:						

4. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΗΛ. ΣΥΣΚΕΥΕΣ & ΜΟΤΕΡ

Ιπποδύναμη (HP)	Συντελεστής	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
Φορτία από ηλεκτρικές συσκευές (υπολογισθέντα)				
Ολικό ψυκτικό φορτίο από συσκευές και μοτέρ:				

5. ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΝΩΠΟ ΑΕΡΑ ή ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ

Αισθητό	M ³ /H νωπού αέρα	Διαφορά θερμοκρασίας (ΔT)	Συντελεστής παρακάμψης (BF)	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
			0,29			
Λανθάνον	M ³ /H	Διαφορά υγρασίας (ΔW: Kg/Kg)				
			700			
Ολικό ψυκτικό φορτίο από νωπό αέρα:						
ολικά ψυκτικά φορτία						

6. ΑΛΛΑ ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

	Προσαύξηση %	Q _{αισ}	Q _λ	Q _{ολ}
α. Από αεραγωγούς				
β. Λοιπές πηγές				
Ολικά ψυκτικά φορτία από αεραγωγούς, κ.λ. πηγές:				
Ολικά ψυκτικά φορτία από 2 έως 7				
Προσαύξηση ασφάλειας: Q_{ολ} X 10 έως 15%				

Βιβλιογραφία

- Kreider J.F and F. Kreith: Solar heating and cooling Hemisphere Publ. Corp. 1977
- Norman C. Harris: Modern Air Conditioning Practice. McGraw-hill international editions 1993
- Edward Arnold. Air Conditioning Engineering, WP Jones 1994
- Peter J Lunde. Solar Thermal Engineering (Space heating and hot water systems). John Wiley and Sons 1980.
- B.S Magal Solar Power Engineering. McGraw-Hill publishing Company limited 1990
- John A. Duffie. William A. Beckman. Solar Engineering of the thermal processes. 1980
- ASHRAE, Fundamentals Handbook 1977
- ASHRAE, Fundamentals Handbook 2001. Sorbents and Desiccants
- Solar Energy Vol.71 2001. Energy storage comparison of sorption systems for cooling refrigeration.
- Solar Energy Vol.54 No2 1995. Performance predictions of alternative low cost absorbents for open-cycle absorption solar cooling.
- Β.Η. Σελλούντος, Θέρμανση –Κλιματισμός, Δορυφόρος 1996
- Γρηγόρης Φούντας. Εγχειρίδιο κλιματισμού 1965
- Δημήτρης Ιωαννίδης. Κλιματισμός. Ιδρυμα Ευγενίδου 1954
- Schwaller & Gilberti. Ηλεκτρικές πηγές ενέργειας και περιβάλλον. Στέλλα Παρίκου και Σια Ο.Ε. 2003
- Lang Whitman & Johnson Tomczyk. Ψύξη και κλιματισμός. Στέλλα Παρίκου και Σια Ο.Ε. 2003
- Ευθύμιος Η. Βαζαίος. Εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας. Υπολογισμός και σχεδίαση συστημάτων. Αθήνα 1984
- Τεχνικό Μνημόνιο 1996. Εκδόσεις ΦΟΙΒΟΣ και ΚΟΡΜΟΣ
- E. Thomas Henkel, Ph.D, Solargenix Energy LLC. 2001.
www.ncsustainableenergy.org/efficiency/dukesolarHVAC.html
- History of air conditioning.
http://allsands.com/history/objects/airconditioning_vsb_gn.htm
- Absorption cooling
www.toolbase.org/tertiaryt.asp?documentID=2091&categoryID=1435

