



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΘΑΛΑΜΟΥ ΓΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΠΑΓΟΥ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΑΝΔΡΕΑΣ ΔΟΡΜΠΑΡΑΚΗΣ (Α.Μ 7135)
ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΜΑΡΟΥΛΗΣ (Α.Μ 7169)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ | ΠΑΤΡΑ 2021





ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου με έδρα την Πάτρα και αναφέρεται στην θεωρητική και πρακτική μελέτη ενός ψυκτικού θαλάμου αποθήκευσης πάγου.

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας, είναι η σωστή κατανόηση των θαλάμων ψύξης πάγου, η λειτουργία και η ιστορία τους, ο υπολογισμός απωλειών και κατάλληλων εξαρτημάτων για την κάλυψη των αναγκών μας και τέλος η ολοκληρωμένη υπολογιστική μελέτη για τη σωστή και αποτελεσματική αποθήκευση πάγου μέσω της κατάψυξης του.

Πρώτα από όλα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας Ιωάννη Καλογήρου, Επίκουρο καθηγητή του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την ανάθεση του θέματος αυτού και την πολύτιμη καθοδήγηση και εμπιστοσύνη που μας έδειξε για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της εργασίας.

Τέλος, θέλουμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας προς τους γονείς μας οι οποίοι μας στήριξαν άθολη την διάρκεια του σπουδών μας.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Φοιτητές έχουν επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουν υπεύθυνα ότι είναι συγγραφείς αυτής την Πτυχιακής Εργασίας, έχοντας δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες και δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο η κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο αλλού συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης

Ο Φοιτητής

Δορμπαράκης Ανδρέας

.....

(Υπογραφή)

Ο Φοιτητής

Μαρούλης Σπυρίδων

.....

(Υπογραφή)





ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στη μελέτη απωλειών και αναγκών ενός πραγματικού ψυκτικού θαλάμου για αποθήκευση πάγου πολλαπλών χρήσεων.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε 6 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο έχουμε μια συνοπτική ιστορική αναδρομή του πάγου και του τρόπου παραγωγής του, καθώς τον ορισμό του και τις χρήσεις του από τον άνθρωπο. Τέλος το κεφάλαιο κλείνει με μία αναφορά στην μικροβιολογία του πάγου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η ανάλυση της εννοίας των ψυκτικών θαλάμων και των συστημάτων ψύξης. Γίνεται αναφορά στα βασικά μέρη ενός θαλάμου αλλά και στις προϋποθέσεις τους για την αποτελεσματική λειτουργία του. Επίσης επιτυγχάνεται βαθύτερη κατανόηση για τις μεθόδους κατάψυξης των προϊόντων αλλά και την ασφάλεια και συντήρηση του ψυκτικού θαλάμου.

Το τρίτο κεφάλαιο είναι μια σύντομη αναφορά στον ψυκτικό κύκλο και τις φάσεις του αλλά και μια σοβαρή εμβάθυνση στα εξαρτήματα του θαλάμου για την καλύτερη κατανόηση τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται μια καλύτερη ανάλυση για τον καθορισμό της ψυκτικής ισχύος και η επιλογή της κατάλληλης ψυκτικής εγκαταστάσεως. Προϋποθέσεις είναι ο προσδιορισμός και ο υπολογισμός των επιμέρους θερμικών φορτίων.

Στα τελευταία δυο κεφάλαια παρουσιάζουμε την θερμική μελέτη του υπαρκτού θαλάμου μας υπολογίζοντας όλες τις θερμικές απώλειες που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επίσης γίνεται η σύγκριση και η επαλήθευση των αποτελεσμάτων με την βοήθεια του προγράμματος LU-VE. Η εργασία μας τελειώνει με την επιλογή των κατάλληλων εξαρτημάτων για την ψυκτική μονάδα μας και η ανάλυση της παρέμβασης που εκτελέσαμε και υπολογίσαμε.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	v
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο – ΠΑΓΟΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	4
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	4
1.1.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΓΟΥ	4
1.1.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	5
1.1.4 ΠΑΓΟΠΟΙΕΙΑ – ΠΑΓΟΜΗΧΑΝΕΣ	6
1.1.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	7
1.2 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΓΟΣ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Αρχικά κτηριακά ζητήματα.....	11
2.2.1 Τοποθέτηση εγκαταστάσεων ψυκτικών θαλάμων	11
2.2.2 Διαμόρφωση και μέγεθος της εγκατάστασης.....	12
2.3 Συστήματα ψύξης.....	13
2.3.1 Επιλογή Ψυκτικού μέσου	14
2.3.2 Επιλογή μονάδας ψύξης.....	16
2.3.3 Απόψυξη μονάδων fan-coil	18
2.4 Σχεδιασμός Θαλάμου	19
2.4.1 ΔΑΠΕΔΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	20
2.4.2 Μεταλλικός σκελετός – Πόρτες – Επικαλύψεις – Βοηθητικοί Χώροι	22
2.5 Θάλαμοι κατάψυξης.....	24
2.5.1 Εισαγωγή	24
2.5.2 Μέθοδοι κατάψυξης	25
2.5.3 Πυροπροστασία	25
2.5.4 Επιθεώρηση και συντήρηση θαλάμων	26
2.6 Χρόνος Κατάψυξης Τροφίμων – Πάγου	27
2.6.1 Γενικά.....	27
2.6.2 Φάσεις Κατάψυξης.....	28
2.6.3 Αρνητικές επιδράσεις κατάψυξης.....	28
2.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΨΥΞΗΣ.....	29
2.7.1 Μέθοδος υπολογισμού παραγόντων P και R για την κατάψυξη.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο – ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	30



3.1 Εισαγωγή	30
3.2 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	32
3.2.1 Τύποι Συμπιεστών	32
3.2.2 Κατηγορίες συμπιεστών	33
3.3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ	38
3.3.1 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ	39
3.3.2 ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ	40
3.3.3 ΠΥΡΓΟΙ ΨΥΞΗΣ	41
3.3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ	42
3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ	43
3.4.1 ΙΣΧΥΣ ΕΞΑΤΜΙΣΤΗ	45
3.4.2 ΕΙΔΗ ΕΞΑΤΜΙΣΤΩΝ	45
3.4.3 ΑΠΟΧΙΟΝΩΣΗ (ΑΠΟΠΑΓΩΣΗ) ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗ	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο – ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΘΑΛΑΜΩΝ	52
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	52
4.2 Ψυκτικός θάλαμος	52
4.2.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	53
4.2.2 Φορτίο ψύξης του χώρου	53
4.2.3 ΔΑΠΕΔΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ	55
4.2.4 Φορτίο ψύξης ή κατάψυξης προϊόντων	57
4.2.5 Απομάκρυνση θερμότητας προϊόντων	57
4.2.6 Ψυκτικό φορτίο εσωτερικής λειτουργίας	59
4.2.7 Φορτίο ηλεκτρολογικού εξοπλισμού	59
4.2.8 Φορτίο εργατικού προσωπικού	60
4.2.9 Ψυκτικό φορτίο εναλλαγών αέρα	60
4.2.10 Ψυκτικό φορτίο που σχετίζεται με τον εξοπλισμό	61
4.3 Συντελεστής Ασφαλείας	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο - ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΓΕΙΟΥ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ	62
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	62
5.2 Διαδικασία μελέτης	62
5.2.1 Υπολογισμός απωλειών Τοιχοποιίας	63
5.2.2 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου προϊόντος	64
5.2.3 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων εναλλαγών αέρα	66
5.2.4 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων από φωτισμό	67
5.2.5 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων προσωπικού	67



5.2.6 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων ηλεκτρολογικού εξοπλισμού	68
5.2.7 Συγκεντρωτικός πίνακας τελικών αποτελεσμάτων.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο - ΕΠΙΛΟΓΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ	72
6.1 Επιλογή Εξοπλισμού.....	72
6.2 ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	76
6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ	79
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο – ΠΑΓΟΣ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

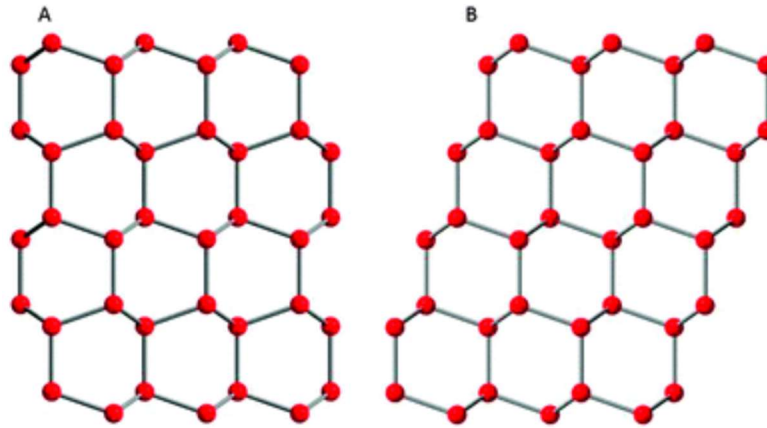
Είναι ευρέως γνωστό, ότι το νερό ή ύδωρ στην αρχαία ελληνική, είναι η περισσότερο γνωστή ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης. Στην Αρχαία Ελλάδα "πάγος" ονομαζόταν κάθε μεγάλων διαστάσεων γυμνός βράχος, από όπου πήρε το όνομά του και ο Άρειος Πάγος, όντας ο βράχος που βρισκόταν αριστερά της εισόδου της Ακρόπολης των Αθηνών. Πάγος ονομάζεται η στερεή κατάσταση στην οποία μετατρέπεται το νερό μετά από ψύξη, όταν δηλαδή βρεθεί σε θερμοκρασία ίση με 0°C (ή $273,15^{\circ}\text{K}$ ή 33°F) και σε συνθήκες κανονικής ατμοσφαιρικής πίεσης. Γενικά, το νερό συναντάται στην αέρια κατάσταση, με την ονομασία υδρατμός, στην υγρή κατάσταση και τέλος στην στερεή κατάσταση, όπου ονομάζεται πάγος

1.1.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΓΟΥ

Ο πάγος διαθέτει 12 διαφορετικές κρυσταλλικές δομές και αναφέρονται ακόμα δύο άμορφες καταστάσεις του. Σε συνήθεις χαμηλές πιέσεις η σταθερή φάση του πάγου ονομάζεται Πάγος I (Ice I). Αναφέρονται δύο παραλλαγές, ο εξαγωνικός πάγος (Ih) στον οποίο η συμμετρία των κρυστάλλων αντιστοιχεί στο σχήμα των νιφάδων του χιονιού, και ο κυβικός πάγος (Ic). Ο Ih πάγος προκύπτει με απλή ψύξη του νερού ενώ ο κυβικός πάγος μετά την εναπόθεση ατμών σε χαμηλές θερμοκρασίες (-130°C). Άμορφη δομή του πάγου μπορεί να ληφθεί με εναπόθεση ατμών σε ακόμη χαμηλότερες θερμοκρασίες και με συμπίεση Ih πάγο σε θερμοκρασία υγρού αζώτου (-196°C). Πέρα από τη στοιχειώδη δομή του πάγου, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μορφές του που συνδέονται με μόρια ξένιου (Xe), αργού (Ar) και μεθανίου CH_4 . Τα μόρια αυτά βρίσκονται «εγκλωβισμένα» στους κρυστάλλους του πάγου και αποτελούν πηγή φυσικού αερίου.

Όσον αφορά την κρυσταλλική μορφή του πάγου, και οι δύο αυτές μορφές του πάγου σταδίου I που αναφέραμε (Ih και Ic) σχηματίζονται από τις ίδιες στοιβάδες κρυσταλλικών δομών. Κάθε στοιβάδα αποτελείται από συνδεδεμένους δακτυλίους που σχηματίζονται από έξι άτομα οξυγόνου, ενώ τα άτομα υδρογόνου βρίσκονται μεταξύ των ατόμων οξυγόνου. Στον εξαγωνικό πάγο κάθε διαδοχική στιβάδα αποτελεί αντικατοπτρισμό τις προηγούμενης (Εικόνα 1A). Στον κυβικό πάγο κάθε διαδοχική στιβάδα βρίσκεται στον ίδιο προσανατολισμό αλλά παρουσιάζει μία μετατόπιση 1,5 φορές του μήκους του εξαγωνικού δακτυλίου (Εικόνα 1B). Ωστόσο, αυτό που παρατηρείται συνήθως μέσω μελετών διάθλασης είναι ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες ο πάγος (Ice)

αποτελείται από ένα μείγμα αλληλουχιών που σχετίζονται τόσο με τον πάγο Ic όσο και τον πάγο Ih. Οι υπόλοιπες μορφές του πάγου (πάγος II, πάγος III κτλ.) σχηματίζονται από αλλαγές στην δομή των δακτυλίων κάτω από υψηλές πιέσεις.



Εικόνα 1. Κρυσταλλική δομή στιβάδας πάγου Ih (A) και Ic (B).

1.1.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΓΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Ο πάγος θεωρείται τρόφιμο εφόσον χρησιμοποιείται στα ροφήματα, τα ποτά, στην συντήρηση τροφίμων και γενικότερα στα τρόφιμα και κατά επέκταση καταλήγει στον οργανισμό μας. Είναι ένα αγαθό της καθημερινότητας μας, του οποίου η ζήτηση και η χρήση αυξάνει κατά πολύ τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης χρησιμοποιείται στην βιομηχανία, όπως στις βιομηχανίες γάλακτος, σε τυροκομεία, σε πτηνοτροφεία, σε ιχθυοκαλλιέργειες, στην παραγωγή πρώτων υλών ζαχαροπλαστικής, σε μονάδες κατεργασίας κρέατος, σε εργοστάσια ψυγεία και σε παγοποιεία. Επιπλέον στην συντήρηση και διατήρηση τροφίμων, ιδίως αλιευμάτων, ενώ όσον αφορά τη ναυτιλία, χρησιμοποιείται στα δεξαμενόπλοια, στα φορτηγά, αλιευτικά και επιβατικά πλοία. Ως εκ τούτου, η κατανάλωση πάγου αποτελεί σοβαρή απειλή για τους καταναλωτές που διαμένουν σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, οι οποίοι λόγω κλιματολογικών συνθηκών καταναλώνουν περισσότερο πάγο σε σχέση με άλλες πιο ψυχρές περιοχές. Τέλος είναι σημαντικό να αναφέρουμε την χρήση του πάγου στον αθλητισμό και τους τραυματισμούς. Στην αθλητική ιατρική και στην αποκατάσταση των οξέων τραυματισμών ο πάγος έχει πρωταγωνιστικό ρόλο.



1.1.4 ΠΑΓΟΠΟΙΕΙΑ – ΠΑΓΟΜΗΧΑΝΕΣ

Ιστορική αναδρομή

Κάνοντας μια μικρή ιστορική αναδρομή, μπορούμε να πούμε πως η ιστορία του πάγου ξεκινάει από πολύ παλιά, την εποχή των παγετώνων. Όσον αφορά το εμπόριο του πάγου στην Ελλάδα άνθισε με τη λειτουργία των οικιακών ψυγείων πάγου λίγο πριν την σύνδεση των νοικοκυριών με το ηλεκτρικό δίκτυο. Πριν τη δημιουργία των παγοποιείων στην Αθήνα, ο πάγος που πουλιόταν το καλοκαίρι, φυλασσόταν στις Λάκκες της Πάρνηθας. Στην Ελλάδα, κατά την διάρκεια των ετών, 1920 έως και 1970 τα παγοποιεία παρήγαγαν μόνο παγοκολόνες οι οποίες τεμαχίζονταν ανάλογα από τον παγοπώλη και χρησιμοποιούνταν για τη συντήρηση των τροφίμων σε όλα τα νοικοκυριά αφού δεν υπήρχαν ηλεκτρικά ψυγεία. Στις γειτονιές περνούσαν οι παγοπώληδες για να προμηθεύσουν παγοκολόνες, τις οποίες τεμάχιζαν ανάλογα με τις ανάγκες του νοικοκυριού

Παραγωγή - Παρασκευή

Ο πάγος και τα παγάκια παρασκευάζονται κυρίως σε παγοποιεία τα οποία διαθέτουν μεγάλων διαστάσεων παγομηχανές, αλλά και με την χρήση πιο μικρών παγομηχανών που χρησιμοποιούνται από επιχειρήσεις που θέλουν να παράγουν πάγο για επαγγελματική χρήση. Ως παγοποιείο, ονομάζεται ο ειδικά διαμορφωμένος χώρος στον οποίο παράγεται ο τεχνητός πάγος κυρίως με βιομηχανικό τρόπο. Απαραίτητη ύλη για την παραγωγή του πάγου, είναι το καθαρό πόσιμο νερό. Ως πόσιμο νερό ορίζεται το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ουσιαστικά είναι νερό που είτε στη φυσική του κατάσταση, είτε μετά από επεξεργασία, ανεξάρτητα από το αν παρέχεται από δίκτυο διανομής ή είναι συσκευασμένο σε φιάλες, χρησιμοποιείται προς πόση. Τα παγοποιεία του 20ου αιώνα ήταν ειδικά εργοστάσια που χρησιμοποιούσαν για την παρασκευή πάγου, πόσιμο νερό, αμμωνία και αλάτι. Η διαδικασία παρασκευής πάγου θεωρούνταν απλή, αφού το νερό έμπαινε σε ειδικά καλούπια και το αλάτι και η αμμωνία βοηθούσαν στην δημιουργία εξωτερικής ψύξης που μετέτρεπε το νερό σε πάγο.

Για την παρασκευή παγοκύβων ή παγοκολονών στα παγοποιεία όπως έχει ήδη αναφερθεί, χρησιμοποιείται πόσιμο νερό. Η αρχή λειτουργίας των σύγχρονων παγοποιείων είναι σχετικά απλή και δε διαφέρει σημαντικά από παγοποιείο σε παγοποιείο. Πιο συγκεκριμένα το νερό δικτύου εισέρχεται με τις ανάλογες σωληνώσεις στο παγοποιείο και πριν μπει στις μεγάλες κατά κύριο λόγο μηχανές, περνάει αρχικά από φίλτρα στερεών σωματιδίων (σίτας, πολυπροπυλενίου, θολερότητας) και με αυτόν τον τρόπο συγκρατούνται τα στερεά σωματίδια και εξαλείφεται η θολερότητα του νερού. Ακολουθούν ειδικά φίλτρα ενεργού άνθρακα, με τα οποία δεσμεύονται οι οργανικές ενώσεις οι



οποίες μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστη γεύση και οσμή στο νερό. Στη συνέχεια υπάρχουν συστήματα αντίστροφης όσμωσης – αφαλάτωσης με τα οποία ρυθμίζεται η σκληρότητα και η αλατότητα του νερού. Τέλος, το νερό εισέρχεται σε δοσομετρικές αντλίες χλωρίωσης (αρχική απολύμανση) και σε λάμπες υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), (τελική απολύμανση) προκειμένου να γίνει απολύμανση και ουσιαστικά εξάλειψη του πιθανού μικροβιακού φορτίου. Τέλος υπάρχουν ειδικές συσκευές (αποχλωριωτές) οι οποίες χρησιμοποιούνται για την δέσμευση του χλωρίου και των προϊόντων του, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι οσμές στα παγάκια.

1.1.5 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Αντίθετα με την κοινή πεποίθηση ότι ο πάγος καταστρέφει τα βακτηρίδια, λόγω της χαμηλής του θερμοκρασίας, πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι αντιθέτως, γίνεται φορέας δημιουργίας μικροβίων και διατήρησής τους. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, και συγκεκριμένα τον Κανονισμό 852/2004 και 853/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την υγιεινή των τροφίμων, αναφορά στο Κεφάλαιο VII, και σε πιο ειδικό επίπεδο σύμφωνα με την οδηγία 98/83 ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία ενσωματώθηκε στο Εθνικό μας Δίκαιο με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001, προσδιορίζεται ρητά ότι ο πάγος που έρχεται σε επαφή με τρόφιμα ή που μπορεί να μολύνει τρόφιμα πρέπει να παράγεται από πόσιμο νερό, ή αν χρησιμοποιείται για τη ψύξη ολόκληρων αλιευτικών προϊόντων, από καθαρό νερό. Επιπλέον, πρέπει να παρασκευάζεται, να διακινείται και να αποθηκεύεται υπό κατάλληλες συνθήκες που να τον προφυλάσσουν από οποιαδήποτε μορφή μόλυνσης ή διασταυρούμενης επιμόλυνσης. Επίσης σύμφωνα με το κεφάλαιο 1 άρθρο 1, οι υπεύθυνοι των επιχειρήσεων έχουν την ευθύνη για την ασφάλεια των τροφίμων και θα πρέπει να λαμβάνουν ειδικά υγειονομικά μέτρα για την πλήρωση μικροβιολογικών κριτηρίων για τα τρόφιμα. Βάσει του κανονισμού θα πρέπει να ακολουθούνται και να εφαρμόζονται και αρχές H.A.C.C.P. Επιπλέον οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα θα πρέπει να διατηρούνται σε καλή κατάσταση, να μπορούν να καθαρίζονται και να πραγματοποιείται απολύμανση, εύκολα. Για να αποφεύγεται ο κίνδυνος μόλυνσης, θα πρέπει να πραγματοποιείται αρκετά συχνά, καθαρισμός και απολύμανση. Ο πάγος θα πρέπει να παρασκευάζεται, να διακινείται και να αποθηκεύεται υπό συνθήκες που να τον προφυλάσσουν από οποιαδήποτε μόλυνση (**ΕΚ 852/2004, ΕΚ 853/2004**).



1.2 ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΑΓΟΣ

Ο πάγος λόγω της χαμηλής του θερμοκρασίας θεωρούνταν από πολλούς, στείρος μικροοργανισμών. Πάρα πολλές έρευνες όμως που έχουν γίνει μέχρι τώρα, αποδεικνύουν το αντίθετο. Η κρυόσφαιρα αποτελεί το κομμάτι εκείνο της γης στο οποίο το νερό βρίσκεται στην στερεή του μορφή, είτε με την μορφή πάγου είτε με την μορφή χιονιού. Εξαιτίας των αρκετά σκληρών κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην κρυόσφαιρα, θεωρείται ότι στερούνται οποιασδήποτε μορφής ζωής και ότι απλά εξυπηρετούν σαν αποθετήρια για τους μικροοργανισμούς που μεταφέρονται με τον αέρα και τελικά παγιδεύονται στον πάγο. Μεταγενέστερες έρευνες έδειξαν ότι τα παγωμένα αυτά οικοσυστήματα φιλοξενούν μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών. Επίσης μελετήθηκαν στοιχεία που αφορούν στην ανίχνευση, την ποικιλομορφία, την επιβίωση και την δράση των βακτηρίων στον πάγο. Μέχρι και σήμερα έχει αποδειχθεί πως η κατάψυξη ναί μεν αναστέλλει και περιορίζει την ανάπτυξή τους, αλλά δεν τους καταστρέφει εντελώς.

Σύμφωνα με τελευταίες επιστημονικές μελέτες, σχετικά με την απομόνωση των μικροοργανισμών από το χιόνι και τους παγετώνες, ανιχνεύθηκαν αλληλουχίες μικροοργανισμών οι οποίοι είχαν μακρινή συγγένεια με τους ήδη γνωστούς καλλιεργούμενους μικροοργανισμούς. Πολλά από αυτά τα βακτήρια που ανακαλύφθηκαν, φαίνεται να ανήκουν σε μια ομάδα μικροοργανισμών που ονομάζεται ψυχοτρόπα βακτήρια. Τα τελευταία φαίνεται πως κυριαρχούν σε πολλά φυσικά οικοσυστήματα και θεωρείται επίσης πως προσαρμόζονται εύκολα σε ολιγοτροφικά περιβάλλοντα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

2.1 Εισαγωγή

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά μια ψυκτική μονάδα χρειάζεται η ύπαρξη μιας ποσότητας ψυκτικού μέσου με τις κατάλληλες ιδιότητες. Ως ψυκτικά μέσα χαρακτηρίζονται γενικά τα σώματα, των οποίων η θερμοκρασία ατμοποίησης υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλότερη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και των οποίων οι υπόλοιπες ιδιότητες είναι τέτοιες, ώστε να είναι δυνατή η πρακτική εκμετάλλευση της χαμηλής αυτής θερμοκρασίας ατμοποίησης με σκοπό την παραγωγή βιομηχανικής ψύξης.

Το πλήθος των εφαρμογών της βιομηχανικής ψύξης και η επιθυμία βελτίωσης της λειτουργίας των ψυκτικών εγκαταστάσεων, σε διαφορετικές κάθε φορά συνθήκες λειτουργίας, αποτελούν την αιτία ύπαρξης των διαφόρων ψυκτικών μέσων, καθένα από τα οποία ενδείκνυται για συγκεκριμένες εφαρμογές και για ορισμένα είδη ψυκτικών εγκαταστάσεων. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με τους ψυκτικούς θαλάμους.

Τι είναι ψυκτικός Θάλαμος;

- **Ψυκτικοί θάλαμοι είναι τα κτίρια ή τα τμήματα του κτιρίου όπου επιτυγχάνονται ελεγχόμενες συνθήκες αποθήκευσης μέσω της ψύξης.**

Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Σε ψυγεία που προστατεύουν και διατηρούν τα εμπορεύματα, σε θερμοκρασίες συνήθως υψηλότερες των 0 °C.
2. Σε χαμηλής θερμοκρασίας θαλάμους, τους καταψύκτες, που λειτουργούν σε θερμοκρασίες υπό των 0 °C για την αποφυγή της αλλοίωσης, τη διατήρηση και την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε με την δεύτερη κατηγορία θαλάμων δηλαδή αυτών που λειτουργούν σε θερμοκρασίες υπό των 0 °C καθώς σκοπός της εργασίας μας είναι η αποτελεσματική αποθήκευση πάγου.



Όμως οι συνθήκες εντός του ψυκτικού θαλάμου πρέπει να διατηρούνται σταθερές ώστε και το τρόφιμο να διατηρείται αναλλοίωτο. Αυτό είναι απαραίτητο τόσο για την εποχιακή όσο και τη μακροχρόνια αποθήκευση.

Οι παράγοντες οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη ώστε αυτό να επιτυγχάνεται είναι οι εξής:

- 1) Οι ομοιόμορφες θερμοκρασίες σε όλους τους χώρους του ψυκτικού θαλάμου.
- 2) Η διαρκής ροή του αέρα στην επιθυμητή θερμοκρασία και η πρόσκρουση αυτού στα προϊόντα.
- 3) Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας και η διατήρηση αυτής στα επιθυμητά επίπεδα.
- 4) Η επίδραση της ροής και της θερμοκρασίας του αέρα λόγω της ύπαρξης και εργασίας των εργαζομένων εντός του θαλάμου.
- 5) Ο ελεγχόμενος εξαερισμός.
- 6) Η θερμοκρασία προσαγωγής του προϊόντος εντός του θαλάμου.
- 7) Η αναμενόμενη διάρκεια αποθήκευσης των προϊόντων, εάν δηλαδή είναι βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη.
- 8) Η απαιτούμενη θερμοκρασία εξόδου του προϊόντος από τον θάλαμο.
- 9) Οι εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο σχεδιασμός ενός ψυκτικού θαλάμου ακολουθεί το εθνικό πρότυπο πιστοποίησης, το οποίο διασφαλίζει τη δημόσια υγεία. Το πρότυπο αυτό ασχολείται με όλα τα στάδια διακίνησης τροφίμων μέσω των ψυκτικών θαλάμων. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στη λήψη, το χειρισμό, την αποθήκευση, τη μεταφορά και την ψύξη των τροφίμων απαιτώντας κατάλληλες συνθήκες υγιεινής και επιθυμητές θερμοκρασίες αποθήκευσης.



2.2 Αρχικά κτηριακά ζητήματα

2.2.1 Τοποθέτηση εγκαταστάσεων ψυκτικών θαλάμων

Οι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για το που είναι αποδεκτή η τοποθέτηση ψυκτικών θαλάμων και γενικά όλης της βιομηχανικής εγκατάστασης είναι οι εξής:

- Εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας για τους παραγωγούς, τους μεταφορείς και τους διανομείς έχοντας ως κύριο γνώμονα την τάση της εποχής για αποκέντρωση και την αποφυγή ήδη βεβαρυμμένων βιομηχανικά περιοχών.
- Ύπαρξη κατάλληλου σιδηροδρομικού δικτύου εάν και εφόσον οι διαδικασίες μεταφορών πραγματοποιούνται με τρένα.
- Εύκολη πρόσβαση στον χώρο των φορτηγών ψυγείων μέσω του οδικού δικτύου καθώς και αποφυγή περιοχών όπου παρατηρείται συχνή κυκλοφοριακή συμφόρηση.
- Επαρκής περιβάλλον χώρος γύρω των εγκαταστάσεων για την απρόσκοπτη κίνηση των φορτηγών καθώς επίσης και για ενδεχόμενη επέκτασή τους.
- Οικονομικά αποδεκτό κόστος γης στην περιοχή τοποθέτησης των εγκαταστάσεων.
- Επαρκές ηλεκτρικό καθώς και υδρευτικό δίκτυο.
- Πρόβλεψη χώρου διαχείρισης των αποβλήτων καθώς επίσης και χώρου για την τοποθέτηση δεξαμενών νερού.
- Έλεγχος ηχορύπανσης που δημιουργεί ο εξοπλισμός και τα φορτηγά.
- Εξωτερική όψη κτιρίου εμφανισιακά αποδεκτή από την κοινωνία του τόπου και παράλληλα λειτουργικά αποδεκτή για την βιομηχανία.
- Ο σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος είναι συνάρτηση όλων των παραπάνω, είναι η οικονομοτεχνική μελέτη να είναι συμφέρουσα.



2.2.2 Διαμόρφωση και μέγεθος της εγκατάστασης

Η διαμόρφωση και το μέγεθος της εγκατάστασης καθορίζονται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Τον τρόπο παραλαβής και αποστολής των προϊόντων. Αν δηλαδή θα γίνεται μέσω σιδηροδρομικού δικτύου ή φορτηγών ψυγείων. Αυτό επηρεάζει σημαντικά τις εξωτερικές πλατφόρμες καθώς και την εσωτερική εναέρια διακίνηση τους.
- Το είδος των προϊόντων που θα αποθηκεύονται, τη διάρκεια αποθήκευσής τους καθώς και τις απαιτήσεις τους για τη διασφάλιση της ποιότητάς τους. Όσα περισσότερα διαφορετικά είδη είναι τόσα περισσότερα διαφορετικά δωμάτια χρειάζονται και όσο περισσότερο διαρκεί η αποθήκευσή τους τόσο πιο πυκνά στοιβάζονται εντός του θαλάμου.
- Την συσκευασία των τροφίμων ή εάν αυτά αποθηκεύονται χύμα εντός του θαλάμου επηρεάζει επίσης τη διαμόρφωση των ραφιών και των διαδρόμων αυτού.
- Τις εγκαταστάσεις πέραν του θαλάμου, όπως για παράδειγμα τα γραφεία των εργαζομένων, τους χώρους υγιεινής τους, τους εξαερισμούς και τις σωληνώσεις των αποχετεύσεων.



2.3 Συστήματα ψύξης

Εισαγωγή

Τα συστήματα ψύξης μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε μοναδιαία (unitary) και εφαρμοσμένα (applied). Τα μοναδιαία συστήματα έχουν σχεδιαστεί από τους κατασκευαστές, συναρμολογούνται στα εργοστάσια και εγκαθίστανται ως προπαρασκευασμένα στις διάφορες εγκαταστάσεις. Ο συμπυκνωτής και ο εξοπλισμός συμπίεσης μπορεί να βρίσκονται στο ίδιο περίβλημα με όλο το σύστημα. Οι μονάδες αυτές συνήθως χρησιμοποιούν υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) και υδροφθοράνθρακες (HFC) ως ψυκτικά μέσα.

Τα εφαρμοσμένα συστήματα ψύξης αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία των μεγάλων θαλάμων κατάψυξης. Οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν ένα κεντρικό μηχανοστάσιο ή μία σειρά δωματίων όπου τοποθετούνται όλα τα εξαρτήματα της εγκατάστασης με κύριο στόχο σχεδίασής τους την ελάχιστη πτώση πίεσης στις σωληνώσεις, τη μείωση του κόστους αυτών και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες. Τα συστήματα αυτά σχεδιάζονται και εγκαθίστανται κατόπιν παραγγελίας και ειδικής μελέτης για το συγκεκριμένο χώρο. Τα βασικά τους στοιχεία είναι οι συμπιεστές, οι ηλεκτροκινητήρες, οι μονάδες κυκλοφορίας του ψυκτικού αέρα (fan coils), οι κυκλοφορητές, οι συμπυκνωτές, οι εξατμιστές, τα δοχεία πίεσης και το σύστημα αυτομάτου ελέγχου.

Το σύστημα ψύξης μιας εγκατάστασης επιλέγεται στα πρώτα στάδια σχεδιασμού της. Εάν η εγκατάσταση σχεδιάζεται για την αποθήκευση ενός είδους προϊόντων οι περισσότεροι τύποι ψυκτικών συστημάτων είναι αποδεκτοί. Ωστόσο, εάν στην μονάδα αποθηκεύονται διάφορα είδη όπου κατά συνέπεια οι απαιτήσεις σε θερμοκρασία και σχετική υγρασία είναι διαφορετικές, τότε πρέπει το σύστημα που θα επιλεγεί να είναι ικανό να ικανοποιεί τις ταυτόχρονες διαφορετικές απαιτήσεις πολλαπλών χώρων.

Τα unitary συστήματα προτιμώνται στις περιπτώσεις ψύξεως πολλαπλών μικρών χώρων όπου οι συνθήκες αποθήκευσης διαφοροποιούνται. Αντιθέτως, τα εφαρμοσμένα συστήματα με κεντρικό μηχανοστάσιο επιλέγονται στις εγκαταστάσεις ψύξης ενός είδους προϊόντων, όπου και ο ψυκτικός θάλαμος είναι μεγάλων διαστάσεων και η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί μείζον θέμα.



2.3.1 Επιλογή Ψυκτικού μέσου

Η επιλογή του ψυκτικού μέσου αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά το σχεδιασμό μίας εγκατάστασης. Εκτός από το φρέον, όπου πλέον έχουν βγει διάφοροι καινούργιοι τύποι που είναι πιο φιλικό στο περιβάλλον, χρησιμοποιούνται και άλλα είδη για ψυκτικά μέσα, όπως είναι η **αμμωνία (NH₃)**, το **διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)** και το **προπάνιο (R-290)**. Η αμμωνία R-717 ή NH₃ χρησιμοποιείται ευρέως πλέον και ιδιαίτερα στη βιομηχανία ψύξης των τροφίμων και ποτών. Αρκετά επίσης χρησιμοποιείται και το R-22. Στην δικιά μας περίπτωση επειδή θέλουμε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες για αποθήκευση και συντήρηση πάγου οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν το R-507A ή R-404A που είναι αντικαταστάτες των R-502 και R-22 αντίστοιχα. Οι παράμετροι που πρέπει να εξεταστούν κατά την εκλογή του ψυκτικού μέσου είναι:

1. Το κόστος του.
2. Τα θέματα του κώδικα ασφαλείας (π.χ. οι απαιτήσεις ασφαλείας σε χώρους και εγκαταστάσεις).
3. Η απαίτηση σε ψυκτικό φορτίο (π.χ. φορτίο που απαιτεί χρήση μεγαλύτερη των 4536 kg αμμωνίας επιτάσσει ειδικά συστήματα ασφαλείας και ανάπτυξη σχεδίου διαχείρισης κινδύνων).
4. Οι επιδράσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη και καταστροφή του όζοντος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αμμωνία δεν καταστρέφει το όζον.

Το R-404A αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα ψυκτικά ρευστά με κύρια εφαρμογή στις εγκαταστάσεις καταψύξεων. Είναι ένα μεικτό ψυκτικό που αποτελείται από 44% R125, 4% R134A και 52% R143A. Τα δύο ψυκτικά δεν μπορούν να αναμειχθούν, το R22 είναι ένα πρωτογενές ψυκτικό, το R404a είναι ένα μικό δευτερεύον ψυκτικό, αζεοτροπικό και μη αζεοτροπικό και η πίεση του σημείου βρασμού είναι διαφορετική. Το ψυκτικό έχει ODP 0 και GWP 4.540. Η πίεση εξάτμισης του ψυκτικού μέσου Freon R404A είναι περίπου 1,2 φορές μεγαλύτερη από αυτή του R22 και ο ρυθμός ροής μάζας είναι περίπου 1,5 φορές μεγαλύτερος από αυτόν του R22. Ο ρυθμός ροής καυσαερίων αυξάνεται και αυξάνεται η αντίσταση. Γενικά, η ικανότητα μεταφοράς θερμότητας του συμπυκνωτή αυξάνεται κατά 20% έως 30% σε σύγκριση με το R22. Το HFC R404A είναι ένα μη-αζεοτροπικό μίγμα. Η συγκέντρωση του μη αζεοτροπικού μίγματος αλλάζει με τη θερμοκρασία και την πίεση. Αυτό δημιουργεί ορισμένες



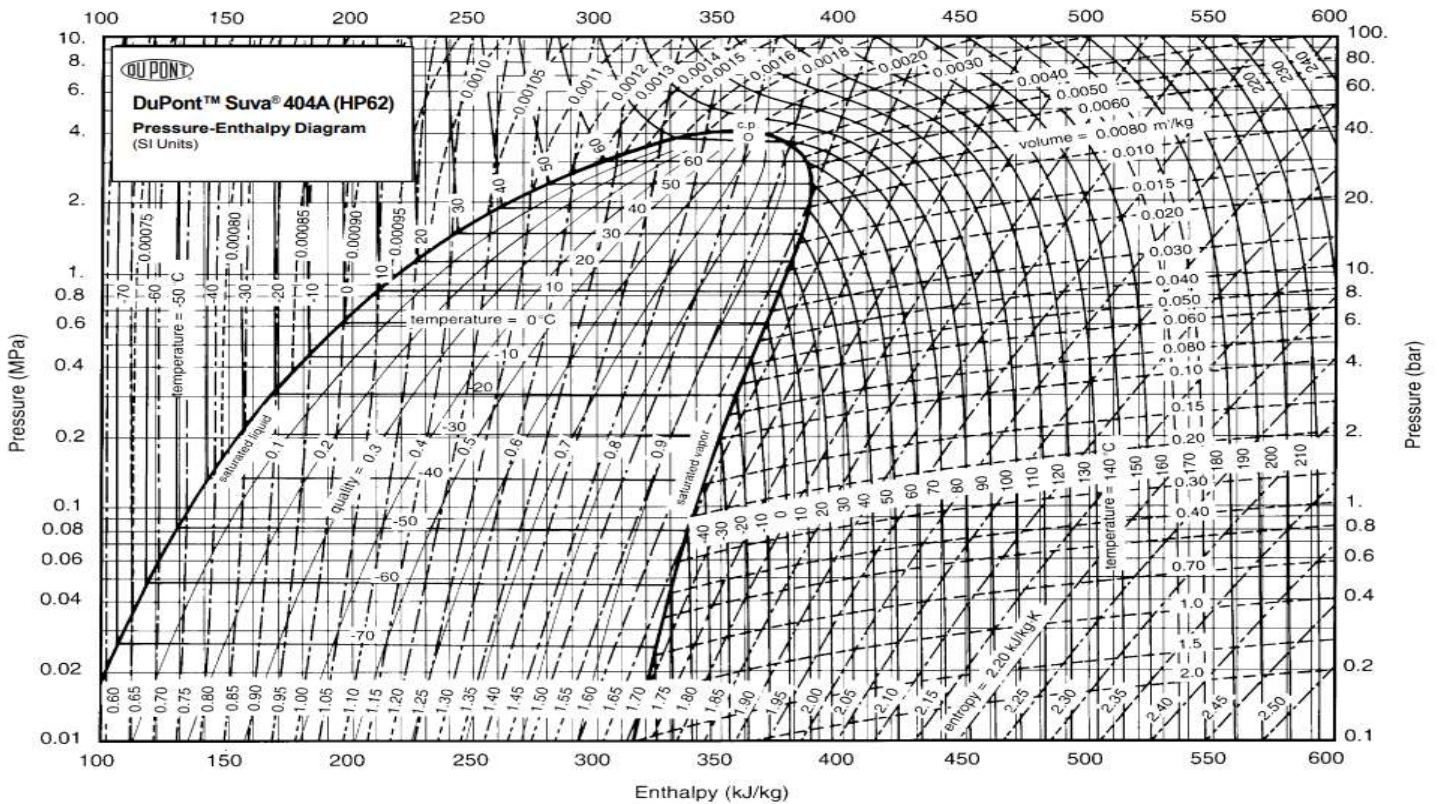
δυσκολίες στην παραγωγή, τον εντοπισμό σφαλμάτων και τη συντήρηση του συστήματος ψύξης και έχει επίσης κάποια επίδραση στην θερμική αγωγιμότητα του συστήματος. Ειδικά όταν διαρρέουν οι ψυκτικές ουσίες, συνιστάται η πλήρης αφαίρεση και αντικατάσταση του ψυκτικού του συστήματος, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αναλογία κάθε μεικτού συστατικού και επίσης να επιτυγχάνεται το σχεδιαστικό αποτέλεσμα ψύξης.

SECTION 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Form	: Liquefied gas
Color	: colourless
Odor	: slight, ether-like
Melting point	: Not available for this mixture.
Boiling point	: -46.2 °C (-51.2 °F)
% Volatile	: 100 %
Vapour Pressure	: 12,546 hPa at 25 °C (77 °F)
Specific gravity	: 1.05 at 25 °C (77 °F)
Water solubility	: not determined
Vapour density	: 3.4 at 25°C (77°F) and 1013 hPa (Air=1.0)
Evaporation rate	: > 1 (CCL4=1.0)

Πίνακας 2.1: Ιδιότητες Ψυκτικού μέσου R-404A

(Πηγή: <https://www.general-refrigeration.gr/>)

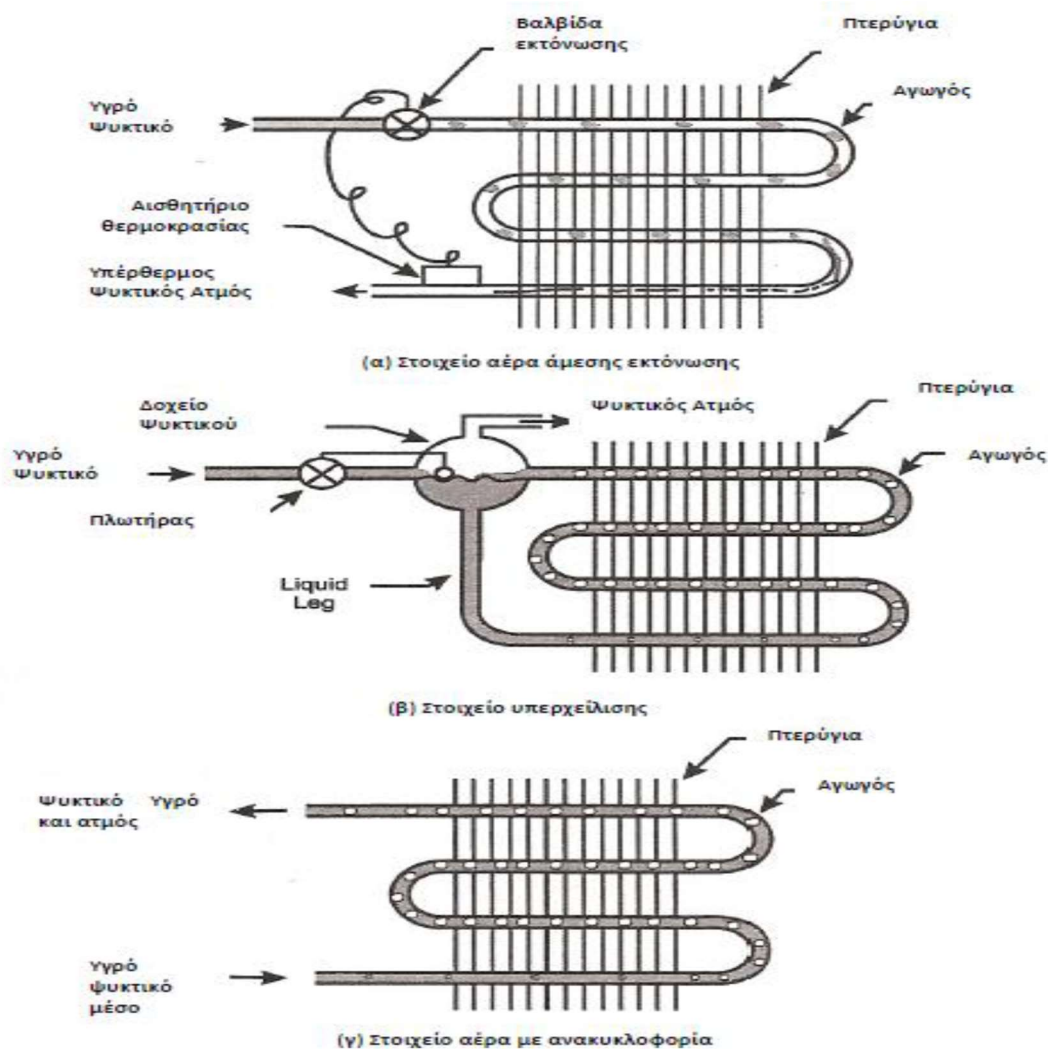


Διάγραμμα 1.1 :Διάγραμμα Ενθαλπίας R-404A

(Πηγή: <https://www.general-refrigeration.gr/>)

2.3.2 Επιλογή μονάδας ψύξης

Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ψύξης των τροφίμων είναι ανεμιστήρα-εναλλάκτη (fan-coil units). Οι μονάδες αυτές έχουν αερόψυκτους εξατμιστές όπου ψύχουν τον αέρα που εισέρχεται εντός του θαλάμου. Εφαρμογές που αφορούν ψύξη αέρα τυπικά χρησιμοποιούν εξατμιστές που περιέχουν το ψυκτικό μέσα σε σωλήνες ενώ ένας ανεμιστήρας παρέχει ή αναρροφά τον αέρα από τον εξατμιστή. Καθώς απαιτούνται σημαντικά μήκη σωλήνων για να επιτευχθεί η ψύξη του αέρα, οι σωλήνες μπορεί να «διασχίζουν» τον εξατμιστή αρκετές φορές. Για αυτό το λόγο, οι εξατμιστές που χρησιμοποιούνται για την ψύξη του αέρα ονομάζονται στοιχεία. Τα στοιχεία αέρα κατασκευάζονται σε τρεις βασικές τυπολογίες ανάλογα με την μέθοδο προσαγωγής του ψυκτικού μέσου. Στην εικόνα 4.6 παρουσιάζονται σχηματικά διαγράμματα των τριών βασικών τύπων: (α) Άμεσης εκτόνωσης (β) Υπερχείλισης και (γ) Επανακυκλοφορίας.



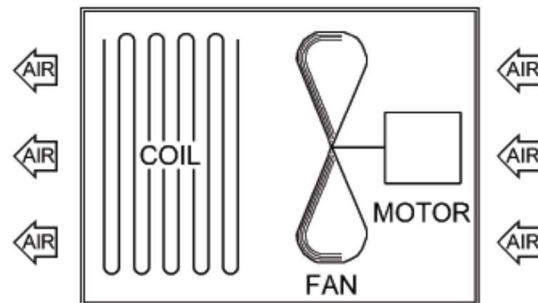
Εικόνα 2.2 Τύποι Εξατμιστών

(Πηγή: Κορωνάκη Ειρήνη, σημειώσεις μαθήματος Ψύξη II, ΕΜΠ)

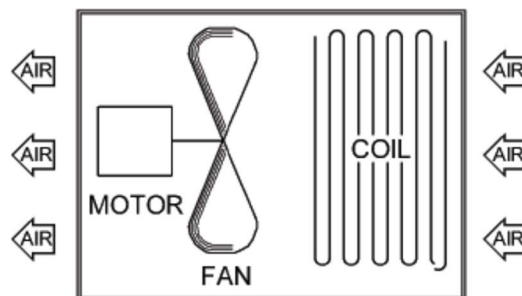
Η θερμοκρασία αποθήκευσης του προϊόντος, το είδος του καθώς και αν αυτό είναι συσκευασμένο είναι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της μονάδας. Η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας, η διαφορά θερμοκρασίας αέρα ανακυκλοφορίας και ψυκτικού μέσου και η ογκομετρική παροχή αέρα εξαρτώνται από την εφαρμογή για την οποία εγκαθίστανται.

Για την πρόληψη σχηματισμού πάγου στον εναλλάκτη θερμότητας, χρησιμοποιούνται συστήματα ψεκασμού άλμης. Η άλμη αυτή είναι διάλυμα γλυκόζης και νερού που αποτρέπει τη δημιουργία πάγου. Ψεκάζεται στον εναλλάκτη από την πλευρά όπου δεν έρχεται σε επαφή με τον αέρα που εισέρχεται στο θάλαμο και γενικά όλο αυτό το σύστημα ψεκασμού βρίσκεται εκτός του χώρου ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Οι κατασκευαστές ισχυρίζονται ότι η μέθοδος αυτή του ψεκασμού συμβάλλει αρκετά στη μείωση ανάπτυξης μικροβίων και στην ασφαλή συντήρηση των προϊόντων. Αυτά τα τμήματα της ψύξης πρέπει να συντηρούνται συχνά και να ελέγχεται η λειτουργία τους διαφορετικά οι συνέπειες θα είναι δυσάρεστες.

Οι μονάδες fan-coil που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις είναι κατά κύριο λόγο αξονικής ροής όπου η ροή αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση ανεμιστήρα. Στη περίπτωση αυτή ο ανεμιστήρας είτε αναρροφά τον αέρα από τον εναλλάκτη (draw-through), είτε τον παρέχει (blow-through). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η τοποθέτηση φυγόκεντρης ροής είναι επιθυμητή. Ακολουθούν ενδεικτικά μονογραμμικά διαγράμματα των παραπάνω μονάδων.



Εικόνα 2.3 Αξονικής ροής τύπου blow-through
(Πηγή: ASHRAE Handbooks-Fundamentals 2010 ch. 23)



Εικόνα 2.4 Αξονικής ροής τύπου draw-through
(Πηγή: ASHRAE Handbooks-Fundamentals 2010 ch. 23)



2.3.3 Απόψυξη μονάδων fan-coil

Όλα τα συστήματα fan-coil λειτουργούν κανονικά υπό συνθήκες δωματίου έως τη θερμοκρασία του σημείου δρόσου του αέρα. Σε περίπτωση λειτουργίας όμως σε θερμοκρασίες μικρότερες των 3.3 °C, χρειάζονται απόψυξη. Κοινές μέθοδοι απόψυξης των εξατμιστών σε θερμοκρασίες άνω των 2.2 °C είναι:

- Με αέρα περιβάλλοντος(λειτουργία ανεμιστήρων με κλειστή την μαγνητική)
- Με θερμό αέρα(παράκαμψη θερμού ψυκτικού μέσου από την κατάθλιψη του συμπιεστή)
- Ηλεκτρική απόψυξη
- Με χρήση νερού

ενώ σε περιπτώσεις θερμοκρασιών μικρότερες των 2.2 °C χρησιμοποιείται ηλεκτρική ή με χρήση ζεστού αέρα απόψυξη. Από την άλλη πλευρά, μία σύγχρονη μονάδα fan-coil ακόμη και σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αποψύχεται αποτελεσματικά και με τις τέσσερις παραπάνω μεθόδους. Οι μονάδες που είναι τοποθετημένες πάνω από τις εισόδους των θαλάμων έρχονται σε επαφή με θερμότερο αέρα συχνότερα και επομένως είναι πιο επιρρεπείς στο σχηματισμό κρούστας πάγου.

Κατά τη διάρκεια της απόψυξης ο πάγος λιώνει και γίνεται νερό. Το συμπύκνωμα αυτό συλλέγεται σε μία λεκάνη συλλογής και μέσω των αποχετεύσεων οδηγείται εκτός του θαλάμου. Εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών εντός του θαλάμου υπάρχει ο κίνδυνος της εκ νέου κρυσταλλοποίησης του συμπυκνώματος. Για το λόγο αυτό οι σωληνώσεις των αποχετεύσεων πρέπει να είναι καλά μονωμένες ή να θερμαίνονται με κάποιο τρόπο.

2.4 Σχεδιασμός Θαλάμου

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις ψύξης και αποτελεσματικότερες σύμφωνα με την ASHRAE είναι ενός επιπέδου κατασκευές (single-story). Οι εγκαταστάσεις αυτές είναι συνήθως κενές για εύκολες διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης του πάγου όπως επίσης και για τον έλεγχο της ποιότητάς τους.



Εικόνα 2.5: Ψυκτικός θάλαμος αποθήκευσης πάγου. (Πηγή: Ψυκτική Εγκατάσταση στο Αίγιο)

Ο πάγος εισέρχεται στον θάλαμο είτε με ειδικά καρότσια είτε με την βοήθεια περονοφόρων ανυψωτών και τοποθετείται σε στοίβες για πιο αποτελεσματική και πιο γρήγορη αποθήκευση. Ο κεντρικός διάδρομος είναι κενός για τις διάφορες διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης των προϊόντων όπως επίσης και για τον έλεγχο της ποιότητάς τους.

Βέβαια η κατασκευή ενός τέτοιου θαλάμου είναι ιδιαίτερα δύσκολη καθώς κάθε εξάρτημά του είναι φτιαγμένο με ειδικά υλικά και ιδιότητες για να μην υπάρχουν απώλειες προς το περιβάλλον. Τα πιο σημαντικά κομμάτια ενός θαλάμου είναι:

2.4.1 ΔΑΠΕΔΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

Τα δάπεδα των ψυκτικών θαλάμων είναι το δυσκολότερο τμήμα της κατασκευής μιας Ψυχρής Αποθήκης. Τούτο οφείλεται στο γεγονός, ότι στη σύγχρονη αποθήκη, όπου η αποθήκευση γίνεται σε μεγάλα ύψη, τα δάπεδα έχουν μεγάλες απαιτήσεις επιπεδότητας : Η παραμικρή ανωμαλία στο δάπεδο, μετατρέπεται σε μεγάλη μετακίνηση (κλυδωνισμό) στον ανυψωμένο ιστό του ανυψωτικού μηχανήματος. Οι προδιαγραφές επιπεδότητας είναι αυστηρές και κλιμακώνονται, ανάλογα με τις απαιτήσεις του ιδιοκτήτη. Μια συνήθης απαίτηση επιπεδότητας, είναι η μέγιστη απόκλιση από το θεωρητικό οριζόντιο επίπεδο (αλφαδιά), να μη ξεπερνάει τα 1,5-2 cm. και η μέγιστη απόκλιση κάθε 3 οριζόντια μέτρα να μη ξεπερνάει το 1 cm. Η δυσκολία κατασκευής του δαπέδου κάθε αποθήκης, έγκειται στο γεγονός, ότι σε καμιά περίπτωση, η αντοχή του δαπέδου, δε μπορεί να ξεπεράσει την αντοχή του υποστρώματος. Αυτό σημαίνει, ότι και το πιο γερό δάπεδο, αστοχεί όταν υποχωρήσει το υπόστρωμα. Για τούτο, η μελέτη του δαπέδου πρέπει να γίνεται σαν σύστημα και όχι σαν μεμονωμένη πλάκα σκυροδέματος. Το σύστημα αποτελείται (βλέπε σχήμα) από το υποκείμενο έδαφος, την υποβάση (3Α), την κάτω πλάκα σκυροδέματος (μπορεί να περιλαμβάνει και σύστημα αντιπαγετικής προστασίας), τη μόνωση και την επάνω πλάκα (δάπεδο).



Εικόνα 2.6 :Υλικά κατασκευής δαπέδου(Πηγή: <http://www.cold.org.gr> , Ένωση Ελληνικών Βιομηχανιών Ψύχους)



Τα δάπεδα των Ψυχρών Αποθηκών έχουν τις εξής πρόσθετες δυσκολίες :

- Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας είναι πολύ μεγάλες (συχνά μέχρι 60 Κ).
- Οι μεγάλες διακυμάνσεις επηρεάζουν τη ποιότητα του σκυροδέματος.
- Πρέπει να έχει αναληφθεί σχεδόν η συνολική αντοχή, πριν αρχίσει να «κατεβαίνει» η θερμοκρασία.
- Στη συστολή ξήρανσης προστίθεται και η συστολή λόγω ψύξης (συχνά είναι πολύ μεγαλύτερη).
- Τα υλικά πλήρωσης αρμών έχουν ειδικές προδιαγραφές, όσον αφορά την ελαστικότητα και την αντοχή τους σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι απαιτήσεις ελαστικότητας είναι πολύ αυστηρότερες.
- Η επιφάνεια του δαπέδου πρέπει να υφίσταται ειδική κατεργασία (Βιομηχανικό Δάπεδο), ώστε να μη δημιουργείται σκόνη στο θάλαμο. Τούτο μπορεί να είναι και απαίτηση του συστήματος ασφάλειας τροφίμων (HACCP).
- Τα άκρα του δαπέδου (συναρμογή με τοίχο) πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα, ώστε να γίνεται εύκολα ο καθαρισμός (υγειονομικές καμπύλες).

Ειδικά η κατασκευή των αρμών δαπέδου θαλάμων βαθιάς κατάψυξης παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες, λόγω της μεγάλης διακύμανσης της θερμοκρασίας και των παρεπόμενων μετακινήσεων. Οι τεχνικές προδιαγραφές του δαπέδου πρέπει να ικανοποιούν τις εξής απαιτήσεις :

- **Να έχει την απαιτούμενη αντοχή. Η αποθήκευση σε μεγάλα ύψη «κατεβάζει» στο δάπεδο φορτία άνω των 4 τόνων ανά τετραγωνικό μέτρο.**
- **Να είναι λείο και χωρίς ρωγμές. Τα μηχανήματα υψώνουν παλέτες σε ύψη μεγαλύτερα των 8 μέτρων. Η ελάχιστη ανωμαλία στο δάπεδο μεταφράζεται σε ευρεία ταλάντωση στο υπερυψωμένο φορτίο και άρα κίνδυνο κρούσεων ή πτώσεων.**
- **Να καθαρίζεται εύκολα, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις υγιεινής**



Σε χώρους αποθήκευσης κάτω των 0 °C, πρέπει να υπάρχει προστασία έναντι ανύψωσης δαπέδου λόγω παγετού. Αν η θερμοκρασία στο υπέδαφος πέσει κάτω του μηδενός, η υγρασία που εμπεριέχεται στο έδαφος θα γίνει πάγος. Όπως είναι γνωστό, ο πάγος διαστέλλεται. Οι δυνάμεις διαστολής μπορεί να «σηκώσουν» το δάπεδο, οδηγώντας το σε αστοχία. Η ζημιά αυτή είναι πολύ σοβαρή για το κτίριο και τη λειτουργία του. Η προστασία έναντι παγετού επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους :

1. **εγκιβωτισμό στο δάπεδο σωλήνων αερισμού, όπου ο αέρας κυκλοφορεί συνεχώς (με ελεύθερη ή βεβιασμένη ροή) και δεν αφήνει τη θερμοκρασία να κατέβει (εννοείται ότι ο αέρας έχει θετική θερμοκρασία)**
2. **εγκιβωτισμό ηλεκτρικών αντιστάσεων, οι οποίες λειτουργούν όταν δοθεί εντολή από αισθητήριο ότι η θερμοκρασία κάτω από τη πλάκα έπεσε κάτω του 0 και**
3. **κύκλωμα γλυκόλης, η οποία κυκλοφορεί με τη βοήθεια κυκλοφορητή και ζεσταίνεται μέσω εναλλάκτη από τις ζεστές καταθλίψεις των συμπιεστών ψύξης. Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η προστασία έναντι ανύψωσης παγετού με αερισμό μέσα από πλαστικούς σωλήνες.**

2.4.2 Μεταλλικός σκελετός – Πόρτες – Επικαλύψεις – Βοηθητικοί Χώροι

Μεταλλικός σκελετός

Αποτελείται από κατακόρυφα στοιχεία τις κολώνες και τα ψαλίδια. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε οι κολώνες να μην εμποδίζουν το σύστημα των ραφιών (κολώνες στη μέση των διαδρόμων κλπ.). Επίσης, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη και οι φορτίσεις που θα προκύψουν από την ανάρτηση των αεροψυκτήρων, καθώς και της πασαρέλας επιθεώρησης του δικτύου. Οι κολώνες μέσα στους ψυχόμενους χώρους πρέπει να ντυθούν με panels ώστε να μην επηρεάζουν θερμικά το χώρο.

Επικαλύψεις – πλαγιοκαλύψεις

Γίνονται με panels ικανού πάχους ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της ψυκτικής μελέτης. Σε έναν θάλαμο τα εξωτερικά panels και η οροφή έχουν πάχος της τάξης των 20 cm, ενώ τα εσωτερικά χωρίσματα 12 ÷ 15. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στις στεγανές συναρμογές, ώστε να αποκλείεται η διείσδυση υγρασίας, η οποία θα οδηγήσει σε πάγο και μελλοντική αστοχία. Επίσης, πρέπει να προβλεφθούν ανακουφιστικές βαλβίδες στους διαχωριστικούς μεταξύ θαλάμων τοίχους, ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Πόρτες ψυκτικών θαλάμων

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στη προστασία από σχηματισμό πάγου στο περίγραμμα της πόρτας. Για το σκοπό αυτό, η πόρτα πρέπει να κλείνει απολύτως στεγανά με ειδικά λάστιχα, ενώ η περιμετρική κάσα θερμαίνεται με αντίσταση ώστε να μη σχηματίζεται πάγος. Βασικό επίσης είναι οι πόρτες να προστατεύονται από κρούσεις ανυψωτικών με χρήση σωληνωτών προφυλακτών.



Εικόνα 2.7 Πόρτα Ψυκτικού θαλάμου

(Πηγή: Εταιρεία - Παγοποιία Αθηνών , pagakia-ice.gr)

Βοηθητικοί χώροι

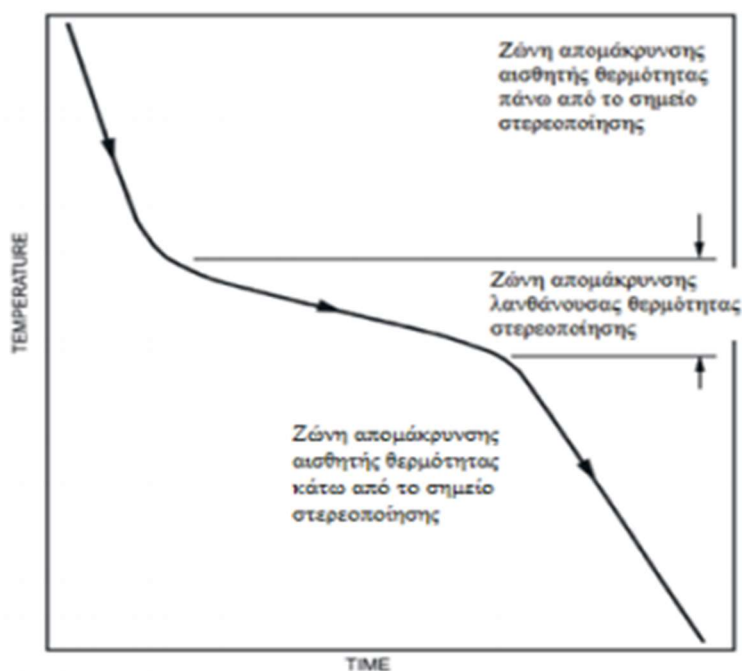
Ο σχεδιασμός επίσης των βοηθητικών χώρων είναι πολύ σημαντικός. Οι βοηθητικοί χώροι αποτελούνται από τα γραφεία των υπαλλήλων, τις αποθήκες και το μηχανοστάσιο. Η τοποθέτηση των γραφείων προτιμάται να είναι όσο το δυνατόν πλησιέστερη στους θαλάμους, ώστε μέσα από αυτά οι υπάλληλοι να παρακολουθούν τις διάφορες διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο θάλαμο και ακόμη από εκεί να χειρίζονται τους διάφορους γερανούς και γενικότερα τον εξοπλισμό που βρίσκονται εντός. Το μηχανοστάσιο περιλαμβάνει εντός τον μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό καθώς και εγκαταστάσεις εξαερισμού και πυροπροστασίας. Πρέπει να διαθέτει αρκετό ελεύθερο χώρο για την άνετη συντήρηση του εξοπλισμού καθώς και για μελλοντική επέκταση αυτού.

2.5 Θάλαμοι κατάψυξης

2.5.1 Εισαγωγή

Κατάψυξη είναι μία μέθοδος συντήρησης των τροφίμων, των ποτών και πάγου σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες, που επιβραδύνει τις φυσικές αλλαγές, τη χημική και τη μικροβιολογική δραστηριότητα που προκαλούν φθορά σε αυτά. Η μείωση της θερμοκρασίας επιβραδύνει τη μοριακή και τη μικροβιακή δραστηριότητα στα προϊόντα, με αποτέλεσμα την επέκταση της ωφέλιμης διάρκειας ζωής τους. Αν και για κάθε προϊόν υπάρχει επιθυμητή θερμοκρασία αποθήκευσης τα περισσότερα από αυτά παρουσιάζουν απολύτως επιθυμητές συμπεριφορές σε ένα εύρος θερμοκρασιών από -18 έως και -35 °C. Μέσω της κατάψυξης η θερμοκρασία ενός προϊόντος μειώνεται από την αρχική του, στην επιθυμητή και το περισσότερο από το νερό το οποίο εμπεριέχεται κρυσταλλοποιείται. Στο διάγραμμα 4.1 παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις της κατάψυξης οι οποίες είναι:

- 1^η φάση: Ψύξη προϊόντος, μέσω της οποίας απομακρύνεται η αισθητή θερμότητα μειώνοντας την αρχική θερμοκρασία έως τη θερμοκρασία στερεοποίησης.
- 2^η φάση: Απομάκρυνση της λανθάνουσας θερμότητας στερεοποίησης και μετατροπή του περιεχόμενου νερού σε κρυστάλλους πάγου.
- 3^η φάση: Συνέχιση κατάψυξης του προϊόντος κάτω από το σημείο στερεοποίησης, απομακρύνοντας την αισθητή θερμότητα, μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία.





Διάγραμμα 2.2 Τυπική καμπύλη διάρκειας κατάψυξης προϊόντων
(Πηγή: ASHRAE Handbooks-Fundamentals 2010 ch. 29)

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι το πιο χρονοβόρο και παράλληλα κρίσιμο μέρος της διαδικασίας κατάψυξης είναι η απομάκρυνση της λανθάνουσας θερμότητας στερεοποίησης. Πολλά από τα τρόφιμα παρουσιάζουν ευαισθησία στο σημείο αυτό, η οποία μπορεί να επηρεάσει την ποιότητά τους σε μεγάλο βαθμό. Για το λόγο αυτό επιλέγεται με προσοχή η μέθοδος και το σύστημα κατάψυξης που θα εφαρμοστεί για κάθε κατηγορία τροφίμων.

2.5.2 Μέθοδοι κατάψυξης

Τα συστήματα κατάψυξης κατηγοριοποιούνται βάσει της μεθόδου μεταφοράς θερμότητας που εφαρμόζουν για την απαγωγή της θερμότητας από τα τρόφιμα και την τελική κατάψυξή τους. Οι κατηγορίες κατάψυξης είναι:

1. Κατάψυξη με κυκλοφορία αέρα (blast freezing), όπου πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας διά συναγωγής.
2. Κατάψυξη με επαφή (contact freezing), όπου πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας δια αγωγής.
3. Κρυογονική κατάψυξη (cryogenic freezing), όπου γίνεται μεταφορά θερμότητας είτε με αγωγή είτε με συναγωγή.
4. Κρυομηχανική κατάψυξη (cryomechanical freezing), όπου γίνεται μεταφορά θερμότητας είτε με αγωγή είτε με συναγωγή.

Στη δικιά μας περίπτωση έχουμε κατάψυξη με κυκλοφορία αέρα από τα fan coils της εγκατάστασης (blast freezing), όπου πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας δια συναγωγής.

2.5.3 Πυροπροστασία

Απαραίτητη προϋπόθεση για την αδειοδότηση μίας εγκατάστασης είναι η ύπαρξη συστήματος πυρασφάλειας για τις περιπτώσεις πυρκαγιάς εντός και εκτός του θαλάμου. Σε περίπτωση πυρκαγιάς οι εξαερισμοί απορροφούν τους καπνούς και το σύστημα πυρόσβεσης εξυπηρετεί στη σβέση της ακόμη και από τους εργαζόμενους. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει ειδικά κουτιά με μάνικες τοποθετημένα όπου κρίνεται αναγκαίο, καθώς και συστήματα πυρανίχνευσης αυτόματου ψεκασμού. Σε περιπτώσεις θαλάμων που η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 0 °C χρησιμοποιούνται συστήματα ψεκασμού νερού. Από την άλλη πλευρά, για χαμηλότερες θερμοκρασίες το νερό δεν εξυπηρετεί διότι στερεοποιείται και χρησιμοποιούνται συστήματα ψεκασμού ξηρού αέρα ή αζώτου.



2.5.4 Επιθεώρηση και συντήρηση θαλάμων

Οι διαδικασίες αυτές σε ένα θάλαμο χωρίζονται σε δύο περιοχές, στην επιθεώρηση και συντήρηση του βασικού συστήματος (δάπεδο, τοιχοποιία, οροφή και εναέρια συστήματα οροφής) και των ανοιγμάτων (πόρτες, κουφώματα και γενικότερα τμήματα που επιτρέπουν την είσοδο στο θάλαμο).

- **Διαδικασίες επιθεώρησης και συντήρησης βασικού συστήματος**
- **Τοποθέτηση προϊόντων και παλετών σε απόσταση τουλάχιστον 46 cm από τους τοίχους και την οροφή, ώστε να επιτρέπεται η καλύτερη κυκλοφορία του αέρα.**
- **Έλεγχος τοίχων και οροφής για τυχόν σχηματισμό κρυστάλλων πάγου.**
- **Έλεγχος οροφής ως προς τη στεγανότητά της.**
- **Σε περιπτώσεις εμφάνισης διαρροών, συμπυκνωμάτων και γενικότερων βλαβών, άμεση επιδιόρθωση.**
- **Διαδικασίες επιθεώρησης και συντήρησης ανοιγμάτων**
- **Έλεγχος αεροστεγούς κλεισίματος θυρών.**
- **Έλεγχος θυρών για τυχόν χτυπήματα από περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα ή φορτηγά ψυγεία.**
- **Λίπανση θυρών και παραθύρων (αν υπάρχουν)**
- **Έλεγχος καθαριότητας αγωγών εξαερισμού (αν υπάρχει)**



2.6 Χρόνος Κατάψυξης Τροφίμων – Πάγου

2.6.1 Γενικά

Η συντήρηση των τροφίμων είναι μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές όσον αφορά την ψύξη. Η ψύξη και η κατάψυξη των τροφίμων μειώνει αποτελεσματικά τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και των ενζύμων, επιβραδύνοντας έτσι αποτελεσματικά την αλλοίωση αυτών. Επιπλέον, η κρυστάλλωση του νερού που εμπεριέχεται στα τρόφιμα κατά την κατάψυξη τους, μειώνει σε ικανοποιητικό βαθμό την ανάπτυξη μικροβίων. Τα περισσότερα συστήματα ψύξης χρησιμοποιούν αέρα για τη μετάδοση θερμότητας δια συναγωγής και ένας περιορισμένος αριθμός προϊόντων ψύχεται σε καταψύκτες υπό την μορφή πλακών με μετάδοση θερμότητας δια αγωγής.

Η **συντήρηση** μέσω κατάψυξης στηρίζεται στη μείωση της ανάπτυξης και δράσης των μικροοργανισμών όσο μειώνεται η θερμοκρασία. Η **κατάψυξη** ως μέθοδος συντήρησης, συνιστάται για την απομάκρυνση της θερμότητας των προϊόντων με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας τους, αλλά και την διατήρησή τους σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από το σημείο πήξης, γεγονός που επιφέρει τη μετατροπή του νερού σε παγοκρυστάλλους. Η περιοχή αυτή για τον πάγο, κυμαίνεται μεταξύ $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Είναι οι θερμοκρασίες του κρυστατικού σημείου στο οποίο θεωρητικά αρχίζει η κρυστάλλωση του νερού. Παθογόνοι και μη παθογόνοι μικροοργανισμοί αδρανοποιούνται πλήρως στους $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ πολλοί από αυτούς πεθαίνουν. Επίσης, όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο βραδύτερα εξελίσσονται οι διάφορες ενζυμικές και χημικές δράσεις που συμβαίνουν στο τρόφιμο. Ορισμένες ενζυμικές δράσεις συνεχίζονται ακόμα και σε θερμοκρασία $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Για την καλύτερη συντήρηση των κατεψυγμένων τροφίμων, καθοριστικό ρόλο παίζουν και οι προκαταρκτικές εργασίες που γίνονται πριν την κατάψυξη σε ορισμένα προϊόντα και κυρίως στην αδρανοποίηση των ενζύμων με ζεμάτισμα ή χρήση χημικών μέσων. Επιπλέον η επίδραση της μείωσης της θερμοκρασίας μέσω της κρυστάλλωσης του νερού στο τρόφιμο μειώνει το ποσό του διαθέσιμου υγρού και έτσι επιβραδύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών και την ενζυμική δραστηριότητα.

Για το σχεδιασμό ενός συστήματος κατάψυξης πρέπει κατ' αρχήν να εκτιμηθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις ή αλλιώς η μεταβολή ενθαλπίας του τροφίμου κατά την κατάψυξη. Αυτή η μεταβολή εξαρτάται από το ίδιο το τρόφιμο το οποίο καταψύχεται. Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας για ένα τέτοιο σύστημα είναι ο ρυθμός με τον οποίο προχωρεί η κατάψυξη του τροφίμου. Ο ρυθμός κατάψυξης σχετίζεται με τις ενεργειακές απαιτήσεις, τη θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του τροφίμου και του μέσου κατάψυξης και τις ιδιότητες του τροφίμου. Ο ρυθμός κατάψυξης επηρεάζει τον τρόπο σχηματισμού του πάγου και επομένως τις ιδιότητες και την ποιότητα του προϊόντος. Επίσης, ο ρυθμός



κατάψυξης καθορίζει και το ρυθμό παραγωγής μιας μονάδας κατάψυξης, επομένως είναι επιθυμητός ο ταχύτερος ρυθμός κατάψυξης εφόσον δεν υποβαθμίζεται η ποιότητα του προϊόντος.

Επειδή τα περισσότερα εμπορεύματα είναι ακανόνιστου σχήματος και ακόμη οι θερμοφυσικές ιδιότητες εξαρτώνται από την θερμοκρασία, ακριβείς αναλυτικές λύσεις για την ψύξη και τον υπολογισμό του χρόνου αυτής δεν μπορούν να διατυπωθούν. Οι περισσότερες έρευνες που έχουν διατυπωθεί έως σήμερα έχουν επικεντρωθεί στην ανάπτυξη εμπειρικών, ημιαναλυτικών μεθόδων για τον υπολογισμό του χρόνου και βασίζονται σε διάφορες απλουστευτικές υποθέσεις.

2.6.2 Φάσεις Κατάψυξης

Η σωστή συντήρηση των τροφίμων με κατάψυξη, πρέπει να πραγματοποιείται στις εξής τρεις φάσεις :

1. Φάση κατάψυξης, στην οποία απομακρύνεται θερμότητα από το προϊόν, το νερό μετατρέπεται σε παγοκρυστάλλους, και μειώνεται η θερμοκρασία του προϊόντος στην επιθυμητή θερμοκρασία συντήρησής του υπό κατάψυξη.
2. Φάση συντήρησης του προϊόντος υπό κατάψυξη, κατά την οποία τα προϊόντα διατηρούνται στην κατάψυξη σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, πολλές φορές και μικρότερες από -18°C .
3. Φάση απόψυξης, κατά την οποία το προϊόν προσλαμβάνει θερμότητα με την οποία επέρχεται η τήξη των παγοκρυστάλλων και επαναφορά του προϊόντος στην αρχική του κατάσταση.

2.6.3 Αρνητικές επιδράσεις κατάψυξης

Η βασική αρνητική επίδραση της κατάψυξης όσον αφορά τον πάγο είναι η αργή λειτουργία του συστήματος με αποτέλεσμα την δημιουργία παθογόνων μικροοργανισμών .

Ένα ακόμα αρνητικό της συντήρησης του πάγου μέσω κατάψυξης, είναι και η δαπάνη ενέργειας που πραγματοποιείται τόσο κατά τη φάση μείωσης της θερμοκρασίας για απόψυξη , όσο και κατά τις φάσεις της συντήρησης, της διακίνησης και της εμπορίας του πάγου, όπου και η θερμοκρασία τους πρέπει να διατηρείται σταθερή και αμετάβλητη.



2.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΡΟΝΟΥ ΨΥΞΗΣ

Η κατάψυξη των τροφίμων δεν είναι μία ισόθερμη διαδικασία αλλά λαμβάνει χώρα σε ένα εύρος θερμοκρασιών. Η μέθοδος κατάψυξης που χρησιμοποιείται βασίζεται στη μέθοδο του Plank (1941) τροποποιημένη σύμφωνα με τους ερευνητές Cleland και Earle (1979). Οι προαναφερθέντες ενσωμάτωσαν στους υπολογισμούς τους την απομάκρυνση της θερμότητας τόσο πάνω, όσο και κάτω από τη θερμοκρασία στερεοποίησης του τροφίμου, καθώς και τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της κατάψυξης. Ο συνολικός χρόνος κατάψυξης (σε sec) στην επιθυμητή θερμοκρασία που απαιτείται, αποτελείται από το άθροισμα του χρόνου πρόψυξης, αλλαγής φάσης και της υπόψυξης. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$t = \frac{\rho \cdot \lambda}{T_f - T_m} * \left(\frac{\rho \cdot a}{h} + \frac{R \cdot a^2}{k} \right) \quad (2.7.1)$$

Όπου:

t = ο απαιτούμενος χρόνος κατάψυξης	(sec)
ρ = η πυκνότητα του προϊόντος όταν παγώσει	(kg/m ³)
λ = λανθάνουσα θερμότητα (333,2 * ποσοστό υγρασίας)	(kJ/kg)
T _f = θερμοκρασία στερεοποίησης του προϊόντος	(°C)
T _m = θερμοκρασία ψυκτικού μέσου	(°C)
a = χαρακτηριστική διάσταση του προϊόντος	(m)
h = συντελεστής επιφανειακής μεταφοράς θερμότητας	(W/m ² * °C)
k = συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του προϊόντος	(W/m * °C)
P, R = γεωμετρικοί παράγοντες εξαρτώμενοι του σχήματος του προϊόντος	

2.7.1 Μέθοδος υπολογισμού παραγόντων P και R για την κατάψυξη

Οι τιμές των παραγόντων P και R διαφέρουν σε κάθε περίπτωση ανάλογα με τις διαστάσεις και το σχήμα του προϊόντος, δηλαδή το μέγεθός του. Παρακάτω βλέπουμε τις κατηγορίες που χωρίζονται :

- **Κύλινδρος** άπειρου μήκους οι παράγοντες είναι: $P = 1/4$ και $R = 1/16$
- **Σφαίρα ή κύβος** οι παράγοντες είναι: $P = 1/6$ και $R = 1/24$
- **Πλάκα** άπειρου μεγέθους οι παράγοντες είναι: $P = 1/2$ και $R = 1/8$

Στη βιομηχανία πάγου τα προϊόντα μας, δηλαδή ο πάγος, ανήκει στη δεύτερη κατηγορία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Εισαγωγή

Τι είναι ο κύκλος ψύξης;

Ο ψυκτικός κύκλος είναι ένας θερμοδυναμικός κύκλος που παριστάνει σε ένα διάγραμμα τις μεταβολές που γίνονται στο ψυκτικό μέσον από τη στιγμή που συμπιέζεται στον συμπιεστή μέχρι να επιστρέψει σε αυτόν, έχοντας καταφέρει να ψύξει τον χώρο που βρίσκεται ο εξατμιστής. Ταυτόχρονα μας δίνει πληροφορίες για διάφορα θερμοδυναμικά μεγέθη του ψυκτικού μέσου.

Για τη λειτουργία του ψυκτικού κύκλου απαιτείται ένα στοιχειώδες ψυκτικό κύκλωμα (σχήμα 3.1) το οποίο πρέπει να περιλαμβάνει

- Τον συμπιεστή
- Τον συμπυκνωτή
- Τον τριχοειδή σωλήνα ή την εκτονωτική βαλβίδα
- Τον εξατμιστή



Εικόνα 3.1: Περιγραφή διαδικασίας ενός ψυκτικού κύκλου.



Η διαδικασία είναι ή εξής:

1. Ο συμπιεστής συμπιέζει το αέριο που έρχεται σε αυτόν από την αναρρόφηση σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία. Μέσω της κατάθλιψης το αέριο σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση πηγαίνει στον συμπυκνωτή.
2. Εκεί ψύχεται συνεχώς και η θερμοκρασία του μειώνεται μέχρι τη θερμοκρασία συμπύκνωσης που αντιστοιχεί στην πίεση του συμπυκνωτή. Η υγροποίηση του ψυκτικού αερίου συνεχίζεται μέχρι να γίνει όλο υγρό. Το υγρό ψυκτικό ωθείται στο εκτονωτικό μέσο όπου στην έξοδό του η πίεσή του έχει μειωθεί μέχρι την πίεση που θέλουμε να έχει στον εξατμιστή.
3. Φτάνοντας στον εξατμιστή το ψυκτικό έχει αρχίσει να εξατμίζεται και η πίεση που έχει είναι μικρή και η θερμοκρασία του επίσης μικρή, όση η θερμοκρασία εξάτμισης που αντιστοιχεί στην πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή. Πριν την έξοδο από τον εξατμιστή η εξάτμιση τελειώνει και αρχίζει η υπερθέρμανση του αερίου πλέον ψυκτικού. Σε αυτή την κατάσταση φτάνει στο συμπιεστή για να αρχίσει ξανά η ίδια διαδικασία.

Παράγοντες που επιδρούν στον Ψυκτικό Κύκλο

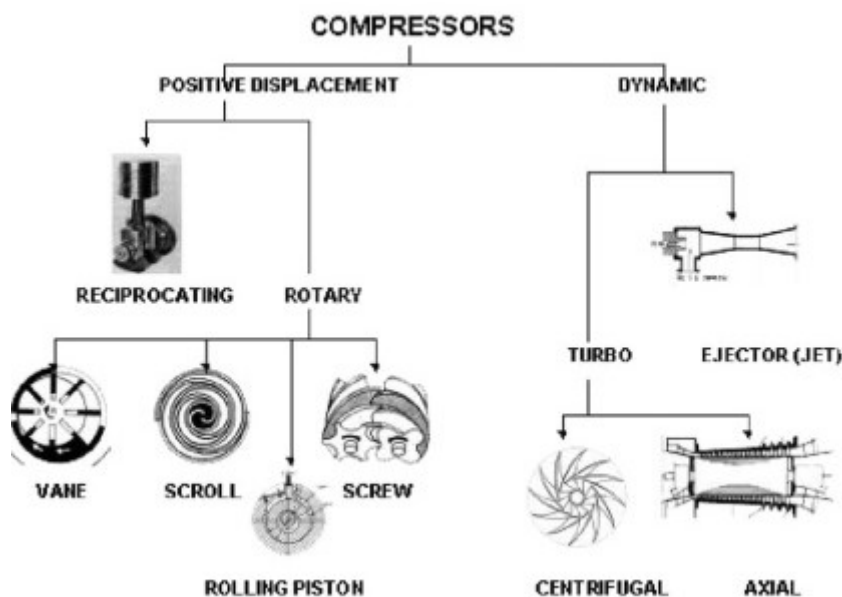
Είναι πολλά εκείνα που επηρεάζουν τα διάφορα χαρακτηριστικά μεγέθη στον ψυκτικό κύκλο. Το παραμικρό μπορεί να επιδράσει αρνητικά και οι δυο πιο σημαντικοί παράγοντες είναι οι θερμοκρασίες συμπύκνωσης και εξάτμισης. Είναι πιο συμφέρον για μια διάταξη, η θερμοκρασία εξάτμισης να είναι όσο γίνεται μεγαλύτερη. Αυτό βέβαια δεν μπορεί να εφαρμόζεται πάντα, αφού ενδέχεται να θέλουμε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες ψύξης. Αυτό σημαίνει ότι ένα κλιματιστικό μηχάνημα (που εργάζεται συνήθως σε υψηλές θερμοκρασίες ή ένα ψυγείο συντήρησης τροφίμων (μέση θερμοκρασία) θα έχουν καλύτερο συντελεστή συμπεριφοράς από μια κατάψυξη χαμηλών θερμοκρασιών.

3.2 ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

3.2.1 Τύποι Συμπιεστών

Ο συμπιεστής είναι το πιο σημαντικό εξάρτημα σε κάθε ψυκτική εγκατάσταση, και εργάζεται με βάση τον ψυκτικό κύκλο με συμπίεση ατμών του ψυκτικού μέσου. Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό μέσο από τον εξατμιστή και το συμπιέζει (καταθλίβει) προς το συμπυκνωτή. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία συνεχής διαφορά πίεσης μεταξύ της πλευράς αναρρόφησης και πλευράς κατάθλιψης. Κάθε ψυκτική εγκατάσταση, ανάλογα με την εφαρμογή της, παρουσιάζει και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας. Σε περιπτώσεις ψυκτικών εγκαταστάσεων συντήρησης προϊόντων (θερμοκρασία θαλάμου -2°C), η διαφορά πίεσης μεταξύ της αναρρόφησης και της κατάθλιψης είναι πολύ μικρότερη από τη διαφορά πίεσης σε μία εγκατάσταση βαθιάς κατάψυξης (θερμοκρασία θαλάμου -35°C). Επίσης, ανάλογα με την εφαρμογή ψύξης, ο όγκος (ποσότητα) του ψυκτικού μέσου που κυκλοφορεί στην εγκατάσταση, μπορεί να είναι μεγάλος ή μικρός. Για τους παραπάνω λόγους, έχουν κατασκευασθεί συμπιεστές διαφόρων τύπων, χαρακτηριστικών λειτουργίας και μεγεθών. Οι συμπιεστές που προορίζονται για εγκαταστάσεις ψύξης τροφίμων, μπορούν να καταταγούν σε διάφορους τύπους ανάλογα με τον τρόπο που παίρνουν κίνηση και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους. Έτσι οι συμπιεστές διακρίνονται σε:

- **Ανοιχτού τύπου (open)**
- **Ημικλειστούς ή ημιερμητικούς (semihermetic)**
- **Κλειστού τύπου ή ερμητικούς (hermetic)**



Εικόνα 3.2: Τύποι συμπιεστών. (Πηγή <http://www.ref-wiki.com/el/compressors.html>)



Για την ψύξη προϊόντων σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$, χρησιμοποιείται συμπίεση σε δύο στάδια. Ενδείκνυται επίσης η συμπίεση σε δύο στάδια όταν τα ψυκτικά φορτία είναι μεταβλητά κατά την πάροδο του χρόνου. Επομένως, το επίπεδο χαμηλής συμπίεσης ικανοποιεί τα χαμηλά ψυκτικά φορτία και το υψηλής συμπίεσης τα υψηλά αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, η χρήση πολλαπλών συμπιεστών και η ρύθμιση λειτουργίας αυτών βάσει των θερμοκρασιών αναρρόφησης βοηθά στην ομαλότερη λειτουργία της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, τους χειμερινούς μήνες όπου οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι χαμηλές δεν θα λειτουργούν όλοι οι συμπιεστές διότι το ολικό ψυκτικό φορτίο είναι μικρότερο από ό,τι τους καλοκαιρινούς, οπότε η ταυτόχρονη λειτουργία όλων των συμπιεστών δεν είναι απαραίτητη.

3.2.2 Κατηγορίες συμπιεστών

Ο κάθε τύπος συμπιεστών έχει και τις δικές του κατηγορίες. Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποιες από αυτές αναλύοντας την αποτελεσματικότητά τους στις ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Παλινδρομικοί συμπιεστές

Είναι οι πιο απλοί τύποι συμπιεστών ψύξης καθώς παρουσιάζουν απλότητα στην κατασκευή αλλά και χαμηλό κόστος αγοράς. Η βιομηχανία κατασκευής συμπιεστών κατασκευάζει παλινδρομικούς συμπιεστές από τα μέσα του 19ου αιώνα για ψυκτικές εγκαταστάσεις ισχύος από μερικά W μέχρι και εκατοντάδες KW. Οι συμπιεστές είναι μονοκύλινδροι ή πολυκύλινδροι, με διάταξη κυλίνδρων σε σειρά, διάταξη V, διάταξη W και διάταξη αστέρα, επίσης μπορεί να είναι ανοικτού, ερμητικά κλειστού ή ημιερμητικά κλειστού τύπου.

Κάθε παλινδρομικός συμπιεστής αποτελείται από κάποια βασικά εξαρτήματα όπως:

1. Στροφαλοφόρος άξονας
2. Κύλινδρος ή Κύλινδροι
3. Διωστήρες
4. Έμβολα μαζί με τα ελατήρια τους
5. Βαλβίδες αναρρόφησης και κατάθλιψης
6. Κεφαλές
7. Παρεμβύσματα
8. Περίβλημα
9. Εξωτερικές βαλβίδες



Η αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με αυτή των μηχανών εσωτερικής καύσης. Οι χρόνοι λειτουργίας στους παλινδρομικούς συμπιεστές είναι δύο. Η αναρρόφηση και η κατάθλιψη.

Η αναρρόφηση του ψυκτικού υγρού ξεκινάει με την κάθοδο του εμβόλου από το ΑΝΣ (άνω νεκρό σημείο). Έτσι η πίεση στο χώρο του κυλίνδρου πέφτει κάτω από την πίεση στο χώρο αναρροφήσεως και ανοίγει η βαλβίδα αναρροφήσεως. Καθώς το έμβολο κατεβαίνει ο χώρος γεμίζει με αέριο. Όταν το έμβολο φτάσει στο ΚΝΣ (κάτω νεκρό σημείο) και αρχίζει να ανεβαίνει, ξεκινά η φάση της συμπίεσης. Καθώς ο όγκος μειώνεται, η πίεση αυξάνεται και κλείνει η βαλβίδα αναρρόφησης.

Όταν η πίεση γίνει μεγαλύτερη από την πίεση του χώρου καταθλίψεως η βαλβίδα καταθλίψεως ανοίγει και το αέριο μεταφέρεται προς την πλευρά του συμπυκνωτή. Για να αποφευχθεί η πρόσκρουση του εμβόλου πάνω στην κεφαλή του συμπιεστή, υπάρχει ένα διάκενο. Το διάκενο αυτό ονομάζεται όγκος διάκενου. Οι παλινδρομικοί συμπιεστές χαρακτηρίζονται από την απλότητα της κατασκευής τους και από το χαμηλό κόστος συντήρησής τους. Τους συναντάμε σε εγκαταστάσεις μικρής και μεσαίας ψυκτικής ισχύος, σε κλιματιστικές μονάδες και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις πλοίων.



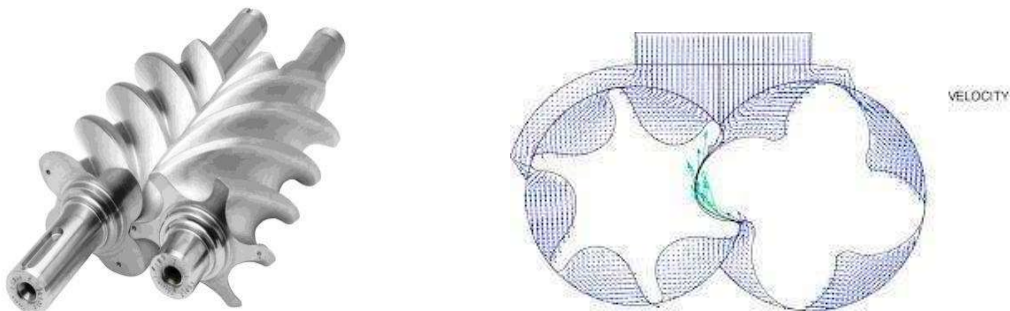
Εικόνα 3.3: Ημιεργητικά κλειστός παλινδρομικός συμπιεστής

Ελικόμορφοι ή Ελικοειδείς ή Κοχλιωτοί συμπιεστές (Screw Compressors)

Οι περιστροφικοί ελικόμορφοι ή ελικοειδείς ή κοχλιωτοί συμπιεστές ανακαλύφθηκαν γύρω στο 1930 και διαδοθήκαν ευρέως στην Ευρώπη την δεκαετία του 1950. Ξεκίνησαν να χρησιμοποιούνται όμως σε εμπορικές εφαρμογές αργότερα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας, καθώς εξελίχθηκαν οι μέθοδοι παραγωγής και άρχισαν να κατασκευάζονται με μικρές ανοχές. Οι ελικόμορφοι συμπιεστές ανήκουν στην κατηγορία των περιστροφικών συμπιεστών και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: ελικόμορφοι συμπιεστές δύο στροφείων (twin screw) και ελικόμορφοι συμπιεστές μονού στροφείου (single screw). Συναντώνται και αυτοί σε τρεις τύπους (ανοικτού τύπου, ερμητικά κλειστοί, ημιερμητικά κλειστοί) όπως και οι εμβολοφόροι.

Οι ελικόμορφοι συμπιεστές δύο στροφείων αποτελούνται από δύο ελικοειδή στροφεία. Ένα αρσενικό που φέρει τέσσερα ή πέντε πτερύγια και ένα θύλακο που φέρει έξι ή επτά. Τα δύο στροφεία σχηματίζουν δύο ατέρμονες, στα οποία κατά την αναρρόφηση ο ατμός του ψυκτικού υγρού οδηγείται προς την κατάθλιψη. Οι ελικόμορφοι συμπιεστές μονού στροφείου περιλαμβάνουν ένα ελικοειδές στροφείο και δύο επιπέδους οδοντωτούς τροχούς εκατέρωθεν του στροφείου. Στους πρώτους ελικοφόρους συμπιεστές τα στροφεία εμπλέκονταν χωρίς την ύπαρξη λιπαντικού. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας όμως, η σύγχρονη πρακτική υπαγορεύει την ύπαρξη λιπαντικού μεταξύ των στροφείων τόσο για λόγους λίπανσης όσο και για λόγους στεγανότητας.

Λόγω της κατασκευής αλλά και της σχεδίασης τους, οι ελικόμορφοι συμπιεστές έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη από τους εμβολοφόρους έχοντας ως αποτέλεσμα να είναι περισσότερο αξιόπιστοι και να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Με βάση την αρχή λειτουργίας τους, δηλαδή την περιστροφή, έχουν λιγότερες δονήσεις και κραδασμούς, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερη πιθανότητα διαρροής και απώλειας ψυκτικού υγρού στον χώρο της εγκατάστασης.

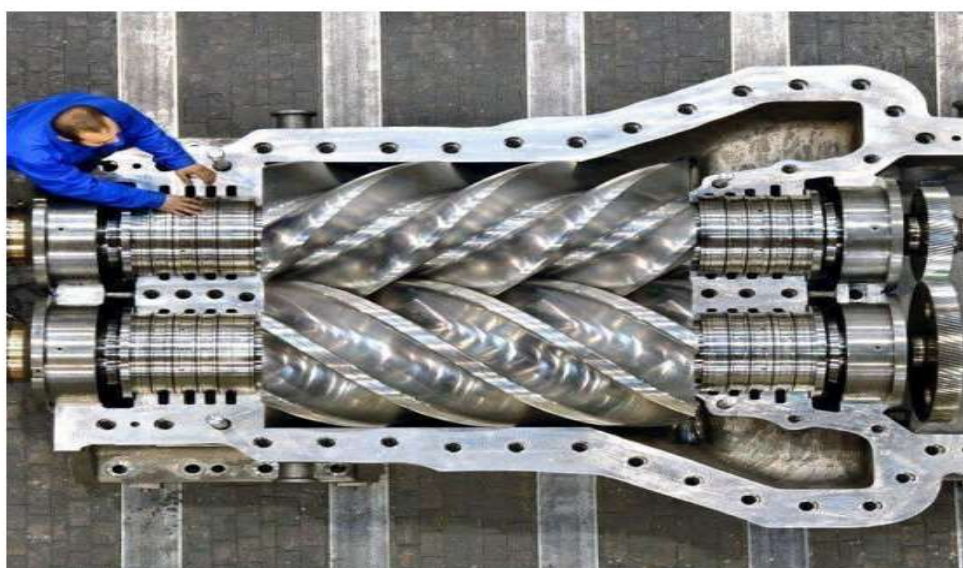


Εικόνα 3.4 : Διάταξη των εμβολών του ελικόμορφου συμπιεστή

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Λιγότερα κινούμενα μέρη και μεγαλύτερη αξιοπιστία	Μεγαλύτερο κόστος αγοράς
Λιγότερες τριβές και μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης	Συντήρηση από ειδικευμένους μηχανικούς
Λιγότεροι κραδασμοί και μειωμένα επίπεδα θορύβου	Χαμηλός ισεντροπικός βαθμός
Μεγαλύτερα διαστήματα λειτουργίας ανάμεσα στις περιοδικές συντηρήσεις	Για την εγκατάσταση απαιτείται μεγάλος διαθέσιμος χώρος
Διαθέσιμοι για εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος	Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για όλα τα ψυκτικά υγρά
Δυνατότητα ακριβούς μέτρησης της ισχύος	
Μικρότερες απώλειες ψυκτικών ρευστών	

Πίνακας 3.1: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ελικόμορφων συμπιεστών έναντι των παλινδρομικών

Οι χρήση των ελικοφόρων συμπιεστών, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έχει αυξηθεί καθώς σε πολλές εφαρμογές αντικαθιστούν τους παλινδρομικούς συμπιεστές. Τους συναντάμε σε ψυκτικές εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος και σε εγκαταστάσεις κλιματισμού.



Εικόνα 3.5: Ανοικτού τύπου ελικόμορφος συμπιεστής εγκατάστασης, μεγάλης ψυκτικής ισχύος, κατά την διάρκεια συντήρησης



ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΙΣ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Scroll Compressor)

Οι σπειροειδείς (scroll) συμπιεστές είναι και αυτοί περιστροφικοί συμπιεστές θετικής εκτοπίσεως. Ο χώρος αναρροφήσεως και καταθλίψεως του αερίου δημιουργείται μεταξύ δύο ελικοειδών σπειρών τοποθετημένων η μια μέσα στην άλλη. Η μια σπείρα είναι σταθερή, ενώ η άλλη κινείται σε μια κυκλική τροχιά. Η αναρρόφηση του ψυκτικού μέσου γίνεται από την περιφέρεια, στον χώρο που δημιουργείται ανάμεσα στις δύο σπείρες. Έπειτα η θυρίδα αναρρόφησης κλείνει καθώς η κινούμενη σπείρα κινείται και αρχίζει η συμπίεση του ψυκτικού υγρού. Καθώς ο χώρος μεταξύ των δύο σπειρών μικραίνει, το ψυκτικό υγρό συμπιέζεται ακόμα περισσότερο μέχρι την κατάθλιψη του από το κέντρο των σπειρών. Για την ολοκλήρωση της κατάθλιψης του ψυκτικού υγρού απαιτούνται συνήθως δύο ή τρεις περιστροφές της κινούμενης σπείρας. Οι περισσότεροι σπειροειδείς συμπιεστές δεν έχουν απώλειες διακένου. Έχουν σταθερό λόγο συμπίεσεως, ο οποίος πρέπει να ταιριάζει με τον απαιτούμενο λόγο συμπίεσεως της εγκατάστασης, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες υπερσυμπίεσης και υποσυμπίεσης.

ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΥ ΤΥΜΠΑΝΟΥ (Rotary Compressors)

Οι συμπιεστές περιστροφικού τύμπανου κατασκευάζονται τόσο με σταθερά πτερύγια όσο και με κινητά πτερύγια. Έτσι έχουμε τους:

- περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με σταθερό πτερύγιο και
- τους περιστροφικούς συμπιεστές έκκεντρου τύμπανου με κινητά πτερύγια.

ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (Centrifugal Compressors)

Οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές έχουν παρόμοια λειτουργία με τις φυγοκεντρικές αντλίες. Το ψυκτικό υγρό εισέρχεται σε μορφή ατμού κοντά στο κέντρο ενός στροφείου, το οποίο περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα. Λόγω της περιστροφής αυτής δημιουργείται φυγοκεντρική δύναμη που ωθεί τον ατμό προς την περιφέρεια. Ο ατμός στην έξοδο από το στροφείο έχει αποκτήσει μεγάλη ταχύτητα, περίπου ίση με την γραμμική ταχύτητα του άκρου του στροφείου. Έπειτα από την έξοδο του από το στροφείο, ο ατμός εισέρχεται στο κέλυφος του συμπιεστή όπου επιβραδύνεται και έτσι η κινητική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται σε πίεση. Επειδή η τιμή της πίεσης στην είσοδο του συμπιεστή είναι μικρή, οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές είναι πολυβάθμιοι, συνήθως 2 έως 4 βαθμίδες. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε εγκαταστάσεις μεγάλης ψυκτικής ισχύος καθώς και σε εγκαταστάσεις που είναι απαραίτητη η χρήση πολυβάθμιων συμπιεστών



3.3 ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Ο συμπυκνωτής είναι ένα πολύ σημαντικό συστατικό της εγκατάστασης. Ο τύπος που επιλέγεται επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση και ο προβληματισμός που απασχολεί το χρήστη, όσον αφορά την κατηγορία και το μέγεθος του συμπυκνωτή, είναι η επιρροή του στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και του νερού. Ο συμπυκνωτής καλείται να υγροποιεί με ασφάλεια και οικονομία το υπέρθερμο αέριο σε όλη τη διάρκεια του έτους, όπου οι συνθήκες περιβάλλοντος και το φορτίο μεταβάλλονται συνεχώς. Η ανάλυση της λειτουργίας του συμπυκνωτή πρέπει να γίνεται σε συνδυασμό με τη λειτουργία του άλλου σημαντικού συστατικού που επηρεάζεται περισσότερο από αυτόν: Του συμπιεστή. Πράγματι, ο συμπυκνωτής καθορίζει την πίεση κατάθλιψης του συμπιεστή, η οποία με τη σειρά της καθορίζει το ενεργειακό προφίλ. Επομένως η ενεργειακή ανάλυση πρέπει να είναι συστημική, ήτοι για το ζεύγος συμπιεστή – συμπυκνωτή.

Οι κατηγορίες των συμπυκνωτών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική ψύξη είναι οι αερόψυκτοι, οι υδρόψυκτοι, οι εξατμιστικοί και οι υβριδικοί – αδιαβατικοί. Ο προσδιορισμός του συμπυκνωτή είναι να αποβάλλει προς το περιβάλλον τις εξής ποσότητες θερμότητας, που έχουν αποθηκευτεί στο ψυκτικό ρευστό κατά το «ταξίδι» του στο ψυκτικό κύκλωμα:

- **Τη θερμότητα που απορρίφθηκε στους χώρους παραγωγής.**
- **Το έργο συμπίεσης του συμπιεστή**

Άρα η ικανότητα (KW) του συμπυκνωτή είναι εξ ορισμού μεγαλύτερη από την ωφέλιμη ψυκτική ισχύ, κατά το μέγεθος του ρυθμού της θερμότητας που προστίθεται στο ρευστό από τον συμπιεστή (έργο συμπίεσης)

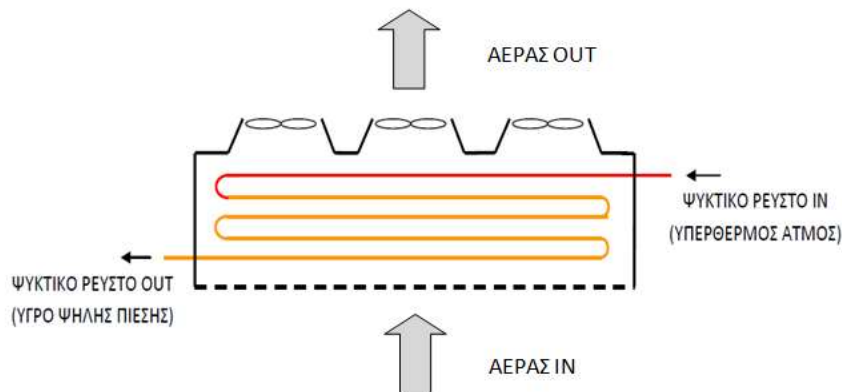
Στο συμπυκνωτή έρχονται σε επαφή δυο ρευστά με διαφορετικές θερμοκρασίες. Το ένα από αυτά είναι το ψυκτικό ρευστό, που βρίσκεται σε κατάσταση υπέρθερμου ατμού (κατάθλιψη συμπιεστή). Το άλλο (εξωτερικό) ρευστό, που έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από το ψυκτικό ρευστό, μπορεί να είναι:

- **Αέρας (αερόψυκτος συμπυκνωτής)**
- **Νερό (υδρόψυκτος συμπυκνωτής)**
- **Συνδυασμός αέρα και νερού (εξατμιστικός συμπυκνωτής, αδιαβατικός συμπυκνωτής)**

Σε κάθε περίπτωση, αποκαθίσταται μια γέφυρα, όπου ρέει θερμότητα από το (θερμότερο) ψυκτικό ρευστό προς το (ψυχρότερο) εξωτερικό ρευστό.

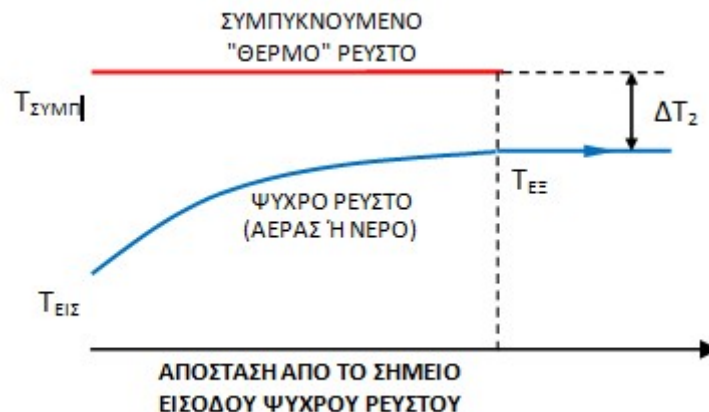
3.3.1 ΑΕΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ

Ο αερόψυκτος συμπυκνωτής είναι η απλούστερη κατασκευή όλων των κατηγοριών. Το ψυκτικό ρευστό (υπέρθερμος ατμός) διαπερνάει μια συστοιχία πτερυγιοφόρων σωλήνων εντός του συμπυκνωτή, ενώ μια συστοιχία ανεμιστήρων «φυσάει» αέρα κάθετα προς τη ροή του ρευστού, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 3.6 : Αρχή λειτουργίας αερόψυκτου συμπυκνωτή. (Πηγή <http://opsiktikos.gr/>)

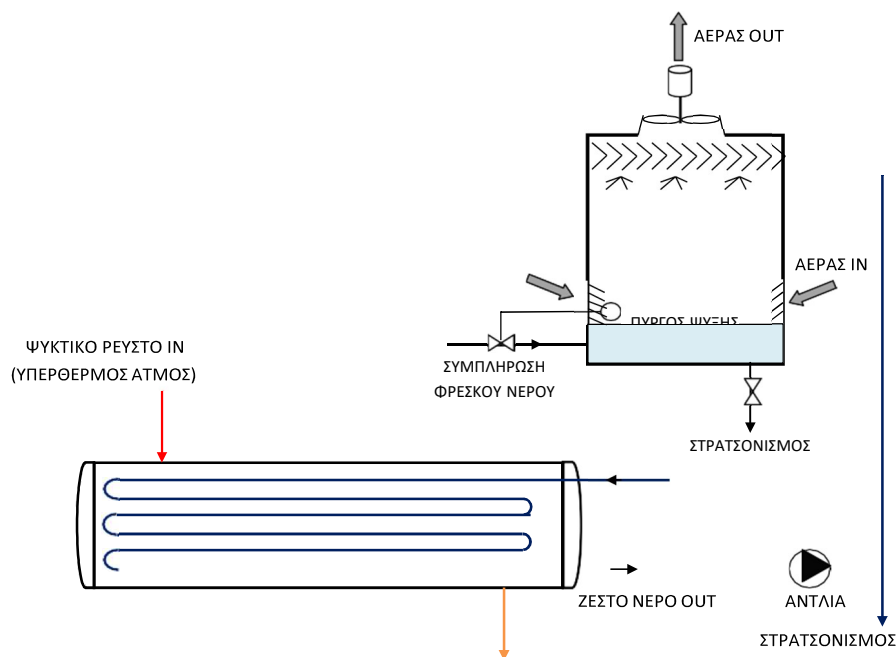
Ο μηχανισμός απομάκρυνσης θερμότητας στον αερόψυκτο συμπυκνωτή είναι απλός: Εκτελείται με αισθητή μεταβολή της θερμότητας του αέρα. Τούτος εισέρχεται σε θερμοκρασία (ξηρού βολβού) περιβάλλοντος και εξέρχεται σε ψηλότερη θερμοκρασία. Η τελευταία είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης.



Σχήμα 3.7: Θερμοκρασιακά προφίλ των δυο ρευστών κατά τη δίοδο τους από το συμπυκνωτή. (Πηγή <http://opsiktikos.gr/>)

3.3.2 ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ

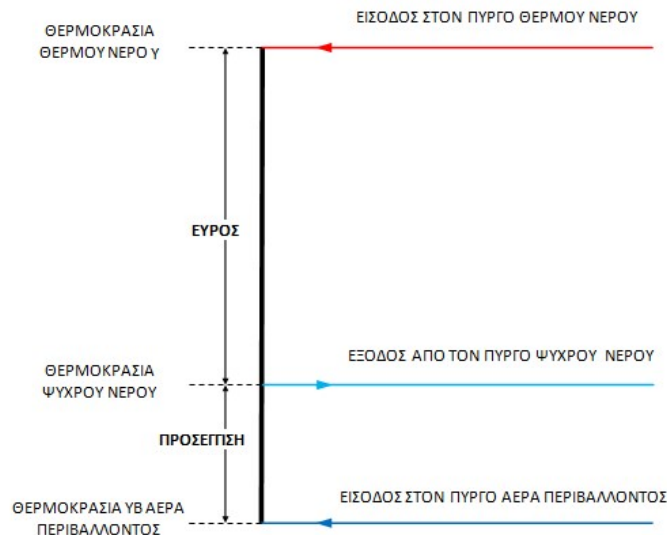
Η θεωρητική ανάλυση της λειτουργίας του υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι παρόμοια με του αερόψυκτου: Η μοναδική διαφορά είναι ότι το «ψυχρό» ρευστό είναι νερό αντί αέρας και ο εναλλάκτης είναι του τύπου κελύφους και σωλήνας (shell ή tube) ή πλακοειδής (plate). Φυσικά το νερό ψύξης δεν απορρίπτεται αλλά ανακυκλώνεται. Τούτο απαιτεί την προσθήκη ενός πύργου ψύξης, όπου το νερό υποβάλλεται σε ρεύμα αέρα, ένα μέρος αυτού εξατμίζεται και το υπόλοιπο ψύχεται (αδιαβατικά) και ανακυκλώνεται.



Σχήμα 3.8: Αρχή λειτουργίας υδρόψυκτου συμπυκνωτή (Πηγή <http://opsiktikos.gr/>)

3.3.3 ΠΥΡΓΟΙ ΨΥΞΗΣ

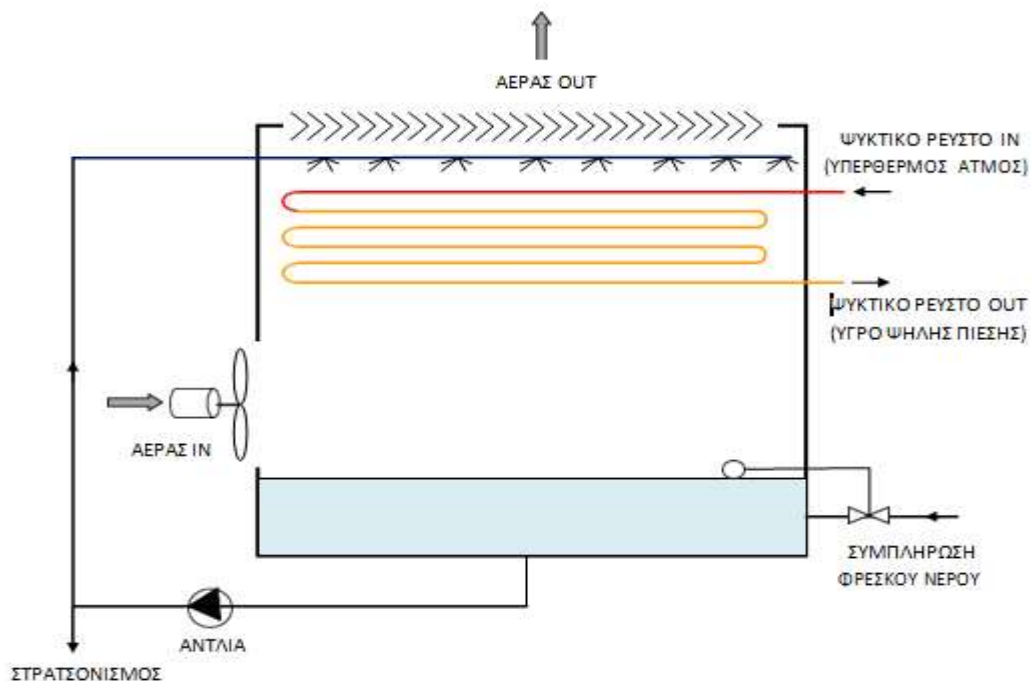
Στο σχήμα [3.3] είδαμε και τη διάταξη ενός πύργου ψύξης. Το θερμό νερό που εξέρχεται από το συμπυκνωτή οδηγείται με αντλία στο επάνω μέρος του πύργου ψύξης, όπου καταιώνίζεται μέσω συστοιχίας ψεκαστήρων. Ταυτόχρονα ένας ανεμιστήρας στο επάνω μέρος του πύργου εξαναγκάζει τον αέρα να εισέρχεται από ανοίγματα στο κάτω μέρος και να κινείται αντίστροφα από το ρεύμα του νερού (counter flow). Πάνω από τους ψεκαστήρες υπάρχουν περσιδωτά ανοίγματα που επιτρέπουν τη διόδο του αέρα αλλά παγιδεύουν τα σταγονίδια του νερού (drift eliminators). Ο αέρας εξαναγκάζεται μια ποσότητα του νερού να εξατμιστεί. Η ενέργεια που αφαιρείται από το νερό λόγω την εξάτμισης του προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του (εξατμιστική ψύξη). Έτσι το νερό που συλλέγεται στο κάτω μέρος του πύργου έχει μειωμένη θερμοκρασία και οδηγείται στην είσοδο του συμπυκνωτή. Η πτώση θερμοκρασίας που υφίσταται το νερό κατά τη διαδρομή του στο πύργο ονομάζεται "εύρος" (range), ενώ η διαφορά θερμοκρασίας του νερού εξόδου από τον πύργο μείον την θερμοκρασία υγρού βολβού ονομάζεται "προσέγγιση" (approach). Η μεγαλύτερη δυνατή πτώση που μπορεί θεωρητικά να υποστεί το νερό εντός του πύργου είναι μέχρι τη θερμοκρασία υγρού βολβού (YB) του αέρα που εισέρχεται στο πύργο.



Σχήμα 3.9: Αρχή λειτουργίας πύργου ψύξης (Πηγή <http://opsiktikos.gr/>)

3.3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΤΗΣ

Ο εξατμιστικός συμπυκνωτής είναι ένας συνδυασμός αερόψυκτου και υδρόψυκτου συμπυκνωτή σε μια συμπαγή μονάδα. Η μονάδα αυτή περιέχει τα στοιχεία του εναλλάκτη συμπύκνωσης και φέρει τα λοιπά χαρακτηριστικά ενός πύργου ψύξης. Ο εναλλάκτης δεν φέρει πτερύγια για να μπορεί να βρέχεται ευκολά με νερό. Όπως στον υδρόψυκτο συμπυκνωτή, έτσι και στον εξατμιστικό, η θερμοκρασία συμπύκνωσης ρέπει προς τη θερμοκρασία ΥΒ του περιβάλλοντος αέρα και σε ιδανικό σύστημα θα εξισωνόταν με αυτή. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η αρχή λειτουργίας του εξατμιστικού συμπυκνωτή.



Σχήμα 3.10 : Αρχή λειτουργίας Εξατμιστικού συμπυκνωτή (Πηγή <http://opsiktikos.gr/>)

Ο μηχανισμός αφαίρεσης της θερμότητας από το συμπυκνωμένο ρευστό εκτελείται κυρίως μέσω της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης του νερού που έρχεται σε επαφή με τη θερμή εξωτερική επιφάνεια του εναλλάκτη. Ο σχεδιασμός του εξατμιστικού συμπυκνωτή αποτελεί περίπλοκο πρόβλημα και απαιτεί βέλτιστο συνδυασμό μιας σειράς παραγόντων, όπως διάμετρος και μήκος σωλήνα, αποστάσεις σωλήνων, είδος κυκλώματος ψυκτικού ρευστού, παροχή αέρα, παροχή νερού ανακύκλωσης και διαστάσεις κελύφους.

Στην δικιά μας περίπτωση μελετάμε κυρίως αερόψυκτους συμπυκνωτές καθώς οι περισσότεροι ψυκτικοί θάλαμοι ψύχουν με την χρήση αέρα εφόσον είναι πιο αποτελεσματικό και γρήγορο.



3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Ως εξατμιστής ορίζεται ένας εναλλάκτης θερμότητας, μέσα στον οποίο πραγματοποιείται σε χαμηλή πίεση η μετατροπή της υγρής φάσης του ψυκτικού μέσου σε αέρια. Το ψυκτικό μέσο έρχεται σε θερμική επαφή με το ψυχόμενο μέσο της εγκατάστασης αφαιρώντας από αυτό την λανθάνουσα θερμότητα. Η θερμότητα που μεταφέρεται από το ψυχόμενο μέσο προς το ψυκτικό μέσο είναι το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης. Το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης ισούται με το θερμικό φορτίο του εξατμιστή. Ο εξατμιστής τοποθετείται σε μια ψυκτική εγκατάσταση μετά από την εκτονωτική βαλβίδα, άρα στην είσοδο του εισέρχεται μείγμα ψυκτικού μέσου αποτελούμενο από υγρό και αέριο χαμηλής πίεσης. Στην έξοδο του εξατμιστή εξέρχεται κορεσμένος ή υπέρθερμος ατμός, που οδηγείται προς τον συμπιεστή. Οι ποικιλομορφία αλλά και η πληθώρα των απαιτήσεων των ψυκτικών εγκαταστάσεων, οδήγησαν στην κατασκευή εξατμιστών διαφόρων μορφών και διαστάσεων. Ο εξατμιστής στις περισσότερες εφαρμογές βιομηχανικής ψύξης και κλιματισμού ψύχει αέρα ή νερό. Η κατηγοριοποίηση τους λοιπόν γίνεται ως προς το μέσο ψύξης. Και έτσι έχουμε :

- **Εξατμιστές ψύξεως αέρα**
- **Εξατμιστές ψύξεως νερού**

Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις άμεσης ψύξεως, για εφαρμογές παραγωγής ψύχους και κλιματισμού. Σε εγκαταστάσεις άμεσης ψύξης το ψυκτικό μέσο χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει θερμότητα κατευθείαν από το ψυχόμενο μέσο είναι ο αέρας ενός ψυκτικού θαλάμου ή ενός κλιματιζόμενου χώρου. Οι εξατμιστές ψύξεως νερού χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις έμμεσης ψύξης. Το ψυκτικό μέσο αφαιρεί θερμότητα από ένα δευτερεύον ψυκτικό μέσο (νερό, άλμη, προπυλένιο-γλυκόλη, αιθυλενο-γλυκόλη). Το δευτερεύον ψυκτικό μέσο στην συνέχεια κυκλοφορεί εντός της εγκατάστασης και μεταφέρει την παραγόμενη ψύξη σε συσκευές ψύξεως του αέρα, που βρίσκονται στον ψυκτικό θάλαμο ή στον κλιματιζόμενο χώρο. Όμως και οι δυο τύποι εναλλακτών αναφέρονται ως ψύκτες αέρα χάριν ευκολίας. Το ψυκτικό μέσο κατά την έξοδό του από την εκτονωτική βαλβίδα, βρίσκεται σε κατάσταση υγρού ατμού. Αυτό σημαίνει ότι καθώς μέσα στην εκτονωτική βαλβίδα πέφτει η πίεσή του, ένα μέρος του ατμοποιείται. Τελικά, στον αγωγό ροής του ψυκτικού μέσου στην είσοδο του εξατμιστή υπάρχει ατμός και υγρό σε ισορροπία. Στην έξοδο του εξατμιστή μπορεί να ρέει μόνο ατμός ή μείγμα ατμού και υγρού ψυκτικού μέσου, αναλόγως με το είδος κατασκευής του.



Έτσι έχουμε δύο είδη εξατμιστών:

1. Εξατμιστές ξηρής εκτονώσεως (dry expansion evaporators) ή αλλιώς ξηροί εξατμιστές δεν έχουν υγρό ψυκτικό μέσο στην έξοδό τους.
2. Εξατμιστές υγρής ατμοποίησης (flooded evaporators) ή αλλιώς υγροί εξατμιστές οι οποίοι στην έξοδο τους έχουν μείγμα υγρού και κορεσμένου ατμού του ψυκτικού μέσου.

Οι εξατμιστές ξηρής εκτονώσεως χρησιμοποιούνται συχνότερα από τους εξατμιστές υγρής ατμοποίησης και τα πλεονεκτήματα τους έναντι αυτών της υγρής εκτονώσεως είναι τα εξής :

- Έχουν απλή κατασκευή, μικρό μέγεθος και μικρότερο κόστος.
- Για τη λειτουργία τους απαιτείται μικρότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου.
- Επιτρέπουν στο λάδι που κάνει τον κύκλο της εγκατάστασης, να περάσει από τις σωληνώσεις και να επιστρέψει στο συμπιεστή.
- Η λειτουργία τους δεν επηρεάζεται από αλλαγές της κλίσεως, όπως συμβαίνει στο πλοίο.
- Ο ατμός στη έξοδο είναι υπέρθερμος, γεγονός που προστατεύει το συμπιεστή από υδραυλικά πλήγματα.

Τα μειονεκτήματα των ξηρών έναντι των υγρών εξατμιστών είναι τα εξής :

- Έχουν μικρότερη απόδοση λόγω της πληρώσεως τους με αέριο στο τελικό τμήμα τους.
- Η θερμοκρασία στην επιφάνεια των ξηρών εξατμιστών δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται κατά την πορεία του ψυκτικού μέσου.
- Σε περίπτωση υπάρξεως πολλαπλών εξατμιστών σε μια εγκατάσταση, είναι δυσκολότερη η διανομή του ψυκτικού μέσου.



3.4.1 ΙΣΧΥΣ ΕΞΑΤΜΙΣΤΗ

Το θερμικό φορτίο του εξατμιστή είναι η θερμότητα που ρέει μέσα από τα στερεά του τοιχώματα προς το ψυκτικό μέσο, στην μονάδα του χρόνου. Σε μόνιμη λειτουργία της ψυκτικής εγκαταστάσεως ο ρυθμός με τον οποίο ρέει η θερμότητα στον εξατμιστή θα πρέπει να ισούται με το ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα εισέρχεται στον ψυκτικό θάλαμο, έτσι ώστε να μπορεί η θερμοκρασία του ψυκτικού θαλάμου να παραμένει σταθερή. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται ψυκτικό φορτίο και υπολογίζεται κατά το σχεδιασμό του θαλάμου. Κατά την επιλογή του εξατμιστή, αυτός θα πρέπει να έχει ισχύ ίση ή λίγο μεγαλύτερη από το ψυκτικό φορτίο της εγκατάστασης. Η θερμότητα μεταφέρεται στον εξατμιστή με ακτινοβολία, με συναγωγή ανάμεσα σ' ένα ρευστό και ένα στερεό και με αγωγή ανάμεσα σε δύο στερεά. Δεδομένου ότι η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία είναι αμελητέα, η ροή θερμότητας από τις επιφάνειες του εξατμιστή είναι:

$$Q = A \cdot K \cdot LMTD \quad (3.4.1.1)$$

Όπου : Q, η ροή θερμότητας σε kW,
A η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας σε m²,
K ο συντελεστής μεταδόσεως θερμότητας σε kW/m²K και
LMTD, η μέση λογαριθμική διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο ρευστό που ψύχεται (αέρας ή νερό) και στο ψυκτικό μέσο.

Ο συντελεστής μεταδόσεως θερμότητας K είναι : $1/K = R/\alpha_{\epsilon\sigma} + L/\lambda + 1/\alpha_{\epsilon\chi}$

3.4.2 ΕΙΔΗ ΕΞΑΤΜΙΣΤΩΝ

Δυο είναι σήμερα τα είδη εξατμιστών που χρησιμοποιούν οι ψυκτικές εγκαταστάσεις. Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα και οι εξατμιστές ψύξεως υγρών (chillers). Τα δυο αυτά είδη εξατμιστών χωρίζονται σε αρκετές υποκατηγορίες. Στην παρούσα εργασία θα αναλύσουμε τους εξατμιστές ψύξεως αέρα καθώς τέτοιοι χρησιμοποιεί ο θάλαμος που μελετήσαμε παρακάτω.



ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ

Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις βιομηχανικής ψύξεως και στις εγκαταστάσεις κλιματισμού. Ανάλογα με την μέθοδο κυκλοφορίας του αέρα χωρίζονται σε: εξατμιστές ψύξεως αέρα με φυσική και εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα.

- ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας συνήθως είναι ξηρής εκτονώσεως, δηλαδή οι σωλήνες κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου στο τέλος του γεμίζουν μόνο με αέριο, ενώ υπάρχουν και υγρής εκτονώσεως οι οποίοι στο τέλος τους έχουν και υγρό ψυκτικό μέσο. Τοποθετούνται συνήθως στην πάνω πλευρά ή στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου. Η κυκλοφορία του αέρα βασίζεται στη διαφορά πυκνότητας του ψυχρού από το θερμό αέρα. Η οδήγηση του αέρα στο θάλαμο εξασφαλίζεται από μία μεταλλική λεκάνη που τοποθετείται κάτω από τον εξατμιστή, η οποία συγκεντρώνει τις σταγόνες από τα συμπυκνώματα υδρατμού του αέρα του χώρου. Η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας μπορεί να είναι η εξωτερική επιφάνεια μιας σωληνώσεως ή να προσαυξάνεται με εξωτερικά πτερύγια. Όταν υπάρχουν πτερύγια, αυτά είναι τοποθετημένα αραιά, ώστε να μην δημιουργούν αντίσταση στην κίνηση του αέρα. Το υλικό κατασκευής είναι χαλκός για τον αγωγό και αλουμίνιο για τα πτερύγια, όταν χρησιμοποιούνται αλογονούχα ψυκτικά μέσα, ενώ όταν χρησιμοποιείται αμμωνία ο αγωγός κατασκευάζεται από χάλυβα και τα πτερύγια από αλουμίνιο.

Οι μικρότεροι εξατμιστές με φυσική κυκλοφορία αέρα, είναι κατασκευασμένοι από ελάσματα που διαμορφώνονται από φύλλο αλουμινίου. Τα φύλλα πρεσάρονται με τα αυλάκια ροής του ψυκτικού μέσου στην επιθυμητή μορφή και κατόπιν συγκολλούνται με πίεση. Ο εξατμιστής αποτελείται από δύο φύλλα. Το τελικό σχήμα του εξατμιστή μπορεί να είναι επίπεδο ή ορθογώνιο. Οι εξατμιστές αυτοί χρησιμοποιούνται σε οικιακά ψυγεία. Ένας άλλος τρόπος διαμορφώσεως μικρών εξατμιστών φυσικής κυκλοφορίας είναι με την συγκόλληση των αγωγών ροής του ψυκτικού μέσου πάνω σε αλουμινένιο έλασμα. Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα φυσικής κυκλοφορίας χρησιμοποιούνται όταν δεν απαιτείται μεγάλη ταχύτητα του αέρα, προκειμένου να είναι φθηνότερη η κατασκευή σε περιπτώσεις όπως η συντήρηση τροφίμων στα οικιακά ψυγεία. Λόγω της μικρής ταχύτητας του αέρα, έχουν μικρή απόδοση και η εφαρμογή τους περιορίζεται σε μικρούς ψυκτικούς θαλάμους. Όταν απαιτείται μεγαλύτερη απόδοση χρησιμοποιούνται εξατμιστές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

- ΕΞΑΤΜΙΣΤΕΣ ΨΥΞΕΩΣ ΑΕΡΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Στους εξατμιστές ψύξεως αέρα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας η μετάδοση θερμότητας αυξάνει με την αύξηση της ταχύτητας του αέρα, που επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός ανεμιστήρα. Ανάλογα με την επιθυμητή παροχή αέρα και την πτώση πίεσεως στους αγωγούς κυκλοφορίας αέρα, ο ανεμιστήρας μπορεί να είναι συνήθως αξονικής ή σπάνια φυγοκεντρικής ροής. Οι ανεμιστήρες φυγοκεντρικής ροής χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού, όπου υπάρχει μεγάλη πτώση πίεσεως του αέρα λόγω των τριβών ροής στους αεραγωγούς. Οι εξατμιστές ψύξεως αέρα μπορούν να τοποθετηθούν στο δάπεδο ή στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου.



Εικόνα 3.12: Εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας κατάλληλος για επιδαπέδια τοποθέτηση.



Εικόνα 3.13: Εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας τοποθετημένος στην οροφή του ψυκτικού θαλάμου.



Η εκτονωτική βαλβίδα τοποθετείται στην πάνω πλευρά του εξατμιστή και η έξοδος του ατμού προς το συμπιεστή είναι κάτω, έτσι ώστε να υποβοηθείται η ροή του υγρού ψυκτικού μέσου με την βαρύτητα. Ένας άλλος λόγος είναι ότι με την ροή προς τα κάτω διευκολύνεται η επιστροφή του λαδιού προς το συμπιεστή. Για την αύξηση της επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας οι εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας έχουν πτερύγια που τοποθετούνται κάθετα στους σωλήνες. Μ' αυτόν τον τρόπο το νερό που σχηματίζεται από την υγρασία που συμπυκνώνεται, απομακρύνεται με την βαρύτητα. Τα υλικά κατασκευής των εξατμιστών εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι τα ίδια μ' αυτά των εξατμιστών φυσικής κυκλοφορίας. Συνήθως για τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα, οι αγωγοί κυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου κατασκευάζονται από χαλκό, ενώ τα πτερύγια από χαλκό ή από αλουμίνιο. Για την αμμωνία οι αγωγοί κατασκευάζονται από χάλυβα, ενώ τα πτερύγια από αλουμίνιο. Για πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, όπου πρέπει να υπάρχει καθαρή επιφάνεια των πτερυγίων ή για πολύ διαβρωτικό περιβάλλον, τα πτερύγια κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα ο οποίος όμως είναι σχετικά χειρότερος αγωγός θερμότητας.

Με τους εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, η ξήρανση της ατμόσφαιρας και συνεπώς των προϊόντων του θαλάμου είναι ταχύτερη. Αυτό οφείλεται στην ταχύτητα κυκλοφορίας του αέρα, η οποία είναι μεγάλη. Γι' αυτό το λόγο η ταχύτητα του ανεμιστήρα θα πρέπει να διατηρείται όσο γίνεται μικρότερη. Επίσης σημαντικό ρόλο στην ταχύτητα ξηράνσεως παίζει το μέγεθος του εξατμιστή. Οι μικροί εξατμιστές προκαλούν ταχύτερη ξήρανση γιατί λειτουργούν με χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας.

Ο ανεμιστήρας λειτουργεί συνεχώς ή ελέγχεται από ένα θερμοστάτη που είναι τοποθετημένος στον ψυκτικό θάλαμο ή στον αγωγό αναρροφήσεως του ψυκτικού μέσου. Όταν ο κινητήρας εργάζεται και ο αέρας κυκλοφορεί, καθυστερεί η συσσώρευση συμπυκνώματος και πάγου.

Η τοποθέτηση των εξατμιστών ψύξεως αέρα στον ψυκτικό θάλαμο είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλες τις περιοχές του θαλάμου με τη μικρότερη δυνατή ταχύτητα του αέρα.

3.4.3 ΑΠΟΧΙΟΝΩΣΗ (ΑΠΟΠΑΓΩΣΗ) ΑΤΜΟΠΟΙΗΤΗ

Πολλές φορές στη διάρκεια της μέρας ο εξατμιστής του θαλάμου αποθήκευσης πάγου θα πιάσει πάγο. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να γίνεται αποπάγωση του εξατμιστή ανά τακτά διαστήματα. Τα πτερύγια των εξατμιστών που λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασίες, σχηματίζεται μόνιμα πάγος από την υγρασία του αέρα του θαλάμου, η οποία συμπυκνώνεται στις ψυχρές επιφάνειες. Ο σχηματισμός του πάγου αρχίζει σε θερμοκρασία ατμοποίησης κάτω των 0 °C και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ωφέλιμης επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας. Ο παγοφραγμός επιτυγχάνεται με την μικρή απόσταση των πτερυγίων. Για θερμοκρασία αέρα μεγαλύτερη από 4°C, ο πάγος μπορεί να λιώνει και να απομακρύνεται με την κράτηση της λειτουργίας της ψυκτικής εγκατάστασης.



Εικόνα 3.14: Εξατμιστής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας που έχει υποστεί το φαινόμενο του παγοφραγμού.

Σε θερμοκρασία αέρα χαμηλότερη από 4 °C είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός συστήματος αποχιονώσεως του εξατμιστή. Το σύστημα αποχιονώσεως συνήθως είναι ρυθμισμένο να λειτουργεί αυτόματα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Το νερό που σχηματίζεται από τον πάγο που λιώνει από τα πτερύγια, πέφτει σε μια λεκάνη στην κάτω πλευρά του εξατμιστή. Κι από εκεί απομακρύνεται έξω από τον ψυκτικό θάλαμο λόγω της βαρύτητας.

Μετά την αποχιόνωση του εξατμιστή, αφυγραίνεται ο αέρας του ψυκτικού θαλάμου πράγμα που συνεπάγεται ταχεία ξήρανση των προϊόντων που βρίσκονται σαυτόν .

Η αποπάγωση του εξατμιστή πραγματοποιείται με μία από τις εξής μεθόδους:



1. Αποπάγωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Η αποπάγωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρούς εξατμιστές. Ενώ έχει μικρό αρχικό κόστος, έχει μεγάλο κόστος χρήσεως κατά την λειτουργία της εγκαταστάσεως. Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχουν καλή θερμική επαφή με τους αγωγούς του ψυκτικού μέσου ανάμεσα στα πτερύγια. Μία άλλη μέθοδος είναι η τοποθέτηση των αντιστάσεων κάτω από τον εξατμιστή και κοντά στο σωλήνα απορροής του νερού. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρικές αντιστάσεις μέσα στους αγωγούς ροής του ψυκτικού μέσου. Η αποπάγωση με ηλεκτρικές αντιστάσεις γίνεται περιοδικά, με ταυτόχρονη κράτηση της εγκατάστασης για όσο χρόνο απαιτείται. Για την αποπάγωση με τους σωλήνες διπλού τοιχώματος η ψυκτική εγκατάσταση πρέπει να είναι ρυθμισμένη να λειτουργεί σε κύκλο με πλήρη απάντληση του εξατμιστή (runn down cycle). Στον κύκλο πλήρους απαντήσεως ο συμπιεστής κρατείται από τον πιεσοστάτη χαμηλής πίεσεως αναρροφήσεως αφού κλείσει η εκτονωτική βαλβίδα και απαντηθεί όλο το υγρό από τον εξατμιστή. Η εντολή εκκινήσεως και κρατήσεως της αποπάγωσης δίνεται από δύο θερμοστάτες: ο πρώτος είναι τοποθετημένος στον ψυκτικό θάλαμο και κλείνει όταν ανέβει η θερμοκρασία του θαλάμου, ενώ ο δεύτερος είναι τοποθετημένος στον εξατμιστή και κλείνει σε μια θερμοκρασία που εξασφαλίζει ότι ο πάγος στα πτερύγια έχει λιώσει.

2. Αποπάγωση με παράκαμψη θερμού αερίου

Η αποπάγωση με παράκαμψη θερμού αερίου γίνεται με παράκαμψη θερμού αερίου μετά το συμπιεστή, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται στην είσοδο του εξατμιστή. Αυτό γίνεται με μια γραμμή παράκαμψης στην οποία η ροή ελέγχεται με ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες.

Ο κύκλος της αποχιονώσεως ξεκινάει σε τακτά χρονικά διαστήματα με το κλείσιμο της ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας Α, η οποία σταματάει τη ροή του υγρού ψυκτικού μέσου από το συλλέκτη προς την εκτονωτική βαλβίδα. Ταυτόχρονα ξεκινάει η λειτουργία του συμπιεστή και ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα Β, με την οποία το θερμό αέριο από την κατάθλιψη οδηγείται στον εξατμιστή. Με τη λειτουργία του συστήματος παράκαμψης, ο εξατμιστής θερμαίνεται και ο πάγος λιώνει σε 5-10 min περίπου.



3. Αποπάγωση με λειτουργία σε αντίστροφο κύκλο.

Κατά την αποπάγωση με λειτουργία σε αντίστροφο κύκλο, ο εξατμιστής λειτουργεί ως συμπυκνωτής, όποτε θερμαίνεται, με αποτέλεσμα το λιώσιμο του πάγου. Η διαδικασία αντιστροφής του ψυκτικού κύκλου εφαρμόζεται κυρίως σε κλιματιστικές μηχανές, οι οποίες μ' αυτόν τον τρόπο χρησιμοποιούνται για την θέρμανση χώρων. Η αντιστροφή της ροής γίνεται μέσω μιας τετράοδης βαλβίδας.

4. Αποπάγωση με παροχή θερμού διαλύματος

Η αποχιόνωση με παροχή θερμού διαλύματος πραγματοποιείται με την κράτηση του συμπιεστή και τη διακοπή της παροχής υγρού στον εξατμιστή, ενώ ταυτόχρονα αρχίζει η ροή ενός θερμού διαλύματος συνήθως γλυκόλης. Το διάλυμα ρέει εσωτερικά των αγωγών ροής του ψυκτικού μέσου στον εξατμιστή και διατηρείται ζεστό σε μία δεξαμενή με ηλεκτρικές αντιστάσεις. Για την αποχιόνωση κλείνει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ροής του υγρού ψυκτικού μέσου και ανοίγει η αντλία κυκλοφορίας του θερμού διαλύματος. Το θερμό διάλυμα ρέει πρώτα προς το σωλήνα απορροής για να λιώσει ο πάγος.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΘΑΛΑΜΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καθορισμός της ψυκτικής ισχύος και η επιλογή της κατάλληλης ψυκτικής εγκαταστάσεως, που θα τροφοδοτεί με την απαραίτητη ψύξη τους ψυκτικούς θαλάμους αποθήκευσης κρεάτων ενός βιομηχανικού ψυγείου ή ψυκτικού συγκροτήματος και θα εξασφαλίζει την σωστή λειτουργία τους, προϋποθέτει τον προσδιορισμό και υπολογισμό των επιμέρους θερμικών φορτίων. Ο επακριβής προσδιορισμός των ψυκτικών φορτίων είναι αρκετά δυσχερής λόγω του μεγάλου αριθμού των μεταβλητών που υπεισέρχονται. Ωστόσο, μια μέθοδος υπολογισμού που παρουσιάζει ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι αυτή που στηρίζεται σε δεδομένα της ASHRAE και εφαρμόζεται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

4.2 Ψυκτικός θάλαμος

Τι είναι ένας ψυκτικός θάλαμος, και γιατί χρησιμοποιείται;

- Ένας ψυκτικός θάλαμος, χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ευπαθών αγαθών για να επιβραδύνει την υποβάθμισή τους και να τα διατηρεί όσο το δυνατόν πιο φρέσκα και αναλλοίωτα, για όσο το δυνατόν περισσότερο χρονικό διάστημα.

Ως γνωστόν, η θερμότητα επιταχύνει την υποβάθμιση της ποιότητας, έτσι σκοπός του θαλάμου είναι η απομάκρυνση της θερμότητας από το εσωτερικό του, με αποτέλεσμα την ψύξη των προϊόντων που βρίσκονται σε αυτόν.

Για την απομάκρυνση της θερμότητας χρησιμοποιούμε ένα σύστημα ψύξης, καθώς μας επιτρέπει τον ακριβή και αυτόματο έλεγχο της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του.



4.2.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

Το συνολικό ψυκτικό φορτίο ενός ψυκτικού θαλάμου καθορίζεται από τον συνυπολογισμό των εξής παραμέτρων :

1. Το φορτίο ψύξης του χώρου
2. Το φορτίο ψύξης ή κατάψυξης των προϊόντων
3. Το ψυκτικό φορτίο εσωτερικής λειτουργίας
4. Το φορτίο εναλλαγών αέρα
5. Το ψυκτικό φορτίο που σχετίζεται με τον εξοπλισμό

4.2.2 Φορτίο ψύξης του χώρου

Το φορτίο ψύξης του χώρου ή μετάδοσης θερμότητας ψύξης στο χώρο αναφέρεται στη θερμότητα που προσδίδεται στο εσωτερικό του ψυκτικού θαλάμου ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία σταθερή στα επιθυμητά επίπεδα. Επί της ουσίας, είναι τα θερμικά φορτία που δέχεται ένας ψυκτικός θάλαμος μέσω των τοιχωμάτων του, του δαπέδου και της οροφής. Τα φορτία αυτά εξαρτώνται άμεσα από το υλικό κατασκευής των επιμέρους δομικών στοιχείων, από την ύπαρξη και το πάχος της θερμομονώσεως, από την γεωμετρία της κατασκευής (μονώροφη ή πολυώροφη εγκατάσταση) και από το αν οι εξωτερικές επιφάνειες είναι άμεσα εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία. Το αισθητό θερμικό φορτίο των δομικών στοιχείων που καλείται να αντιμετωπιστεί, υπολογίζεται για κάθε τμήμα του θαλάμου ξεχωριστά ως εξής:

$$Q_T = U * A * \Delta T \quad (4.2.2.1)$$

Όπου:

Q_T : ψυκτικό φορτίο από τοιχοποιία (*Watt*)

U : συντελεστής θερμοπερατότητας ($W / m^2 * ^\circ C$)

A : εμβαδόν επιφάνειας (m^2)

ΔT : διαφορά μεταξύ εξωτερικής και εσωτερικής θερμοκρασίας ψυκτικού θαλάμου ($^{\circ}C$)

Ο ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων υπολογίζεται

ως εξής:
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (4.2.2.2)$$



Όπου:

x : πάχος τοιχωμάτων (m)

k : θερμική αγωγιμότητα τοιχωμάτων (W/ m. οC)

h_i : εσωτερική επιφανειακή αγωγιμότητα (W/ m. οC)

h_o : εξωτερική επιφανειακή αγωγιμότητα (W/ m. οC)

Για την κατασκευή των θαλάμων χρησιμοποιούμε πάνελ τα οποία αποτελούνται από δύο λεπτά φύλλα χάλυβα που ανάμεσά τους έχουν αφρό πολουρεθάνης. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας του πάνελ αλλάζει ανάλογα με το πάχος του .Παρακάτω στον πίνακα φαίνονται οι αντιστοιχίες:

Τύπος Πάνελ	Εξωτερικό Πάχος Ελασμάτων (mm)	Εσωτερικό Πάχος Ελασμάτων (mm)	D (mm)	Βάρος Πάνελ (kg/m ²)	Συντελεστής	
					Θερμοπερατότητας U (W/m ² K)	Μέγιστο Μήκος Παραγωγής (m)
FL 80	0.45	0.45	80	8.99	0.15	16.0
FL 100	0.45	0.45	100	10.89	0.21	
FL 120	0.45	0.45	120	11.65	0.18	
FL 150	0.45	0.45	150	12.79	0.14	
FL 180	0.45	0.45	180	13.93	0.12	

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας "λ" = 0,02 W/m *K

Εικόνα 4.1 : Συντελεστές θερμοπερατότητας πάνελ (Πηγή <https://www.elastron.gr/gr/el/products/core-panels/cold-storage-rooms-core/>)

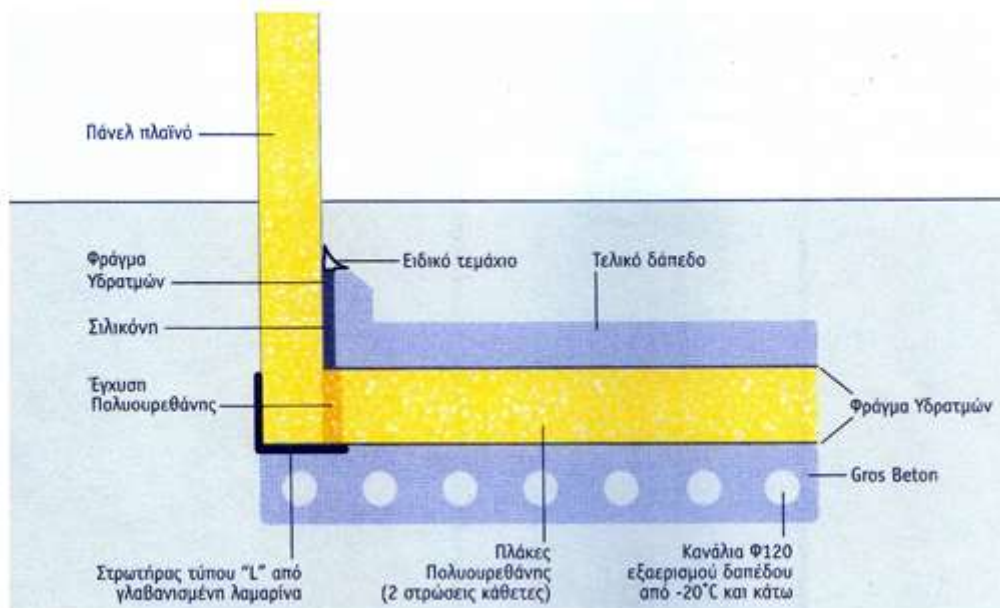
Συγκεκριμένα για ψυκτικούς θαλάμους που προορίζονται για θερμοκρασίες -30°C το πάχος του πάνελ που συνιστάται, είναι 180mm με συντελεστή θερμοπερατότητας U ίσο με 0,13 W/m²K. Επιπλέον το πάνελ πρέπει να είναι άοσμο, και να μην επιτρέπει την δημιουργία μούχλας και μυκήτων, πρέπει να παραμένει ουδέτερο χημικά, και η υγρασία να μην αλλοιώνει τις μηχανικές του ιδιότητες. Στη παρούσα μελέτη που θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο έχουμε πάνελ τύπου FL 150 με συντελεστή θερμοπερατότητας U ίσο με 0,14 W/m²K.

4.2.3 ΔΑΠΕΔΑ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ

Για ψυκτικούς θαλάμους μεγάλου όγκου τοποθετείται μόνωση από DOW και στην συνέχεια μπετόν με πλέγμα όπου η τελική επιφάνεια εφαρμόζεται σε βιομηχανικό δάπεδο ή πλακάκι. Από το δάπεδο έχουμε μεγάλες απώλειες, λόγω του ότι η ψύξη έχει κατεύθυνση προς τα κάτω, έτσι πρέπει να έχουμε καλή μόνωση.



Εικόνα 4.2: Θερμομονωτικό υλικό dow (πηγή: <https://www.igeorgopoulos.gr>)



Σχήμα 4.3 : Η σωστή τοποθέτηση του δαπέδου ενός ψυκτικού θαλάμου (πηγή <https://www.klimaplus.gr/products10.php?wh=1&lang=1&the1id=1&theid=1&open1=1&open2=>)



Σε κάθε πλάκα σκυροδέματος, συντελείται το φαινόμενο της συστολής ξήρανσης. Η συστολή αυτή οδηγεί σε ρηγμάτωση, ειδικά στην εκτεθειμένη (επάνω) πλευρά της πλάκας, όπου η συστολή είναι εντονότερη. Ενώ η συστολή δεν σταματάει ποτέ, το μεγαλύτερο μέρος της ολοκληρώνεται τον πρώτο χρόνο της κατασκευής.

Στην περίπτωση που οι εξωτερικές επιφάνειες του θαλάμου είναι άμεσα εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία, κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου πρέπει να ληφθεί υπόψη και το ποσό της θερμότητας, που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία και το οποίο τελικά φτάνει στον ψυκτικό θάλαμο. Ένα μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ανακλάται προς το περιβάλλον, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και μεταφέρεται στο εσωτερικό του θαλάμου. Με την επιλογή κατάλληλων υλικών και χρωματισμών των εξωτερικών επιφανειών ενός θαλάμου είναι δυνατό να περιοριστούν σημαντικά τα θερμικά φορτία που προέρχονται από την προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Το ποσό της θερμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται τελικά εντός του θαλάμου λαμβάνεται υπόψη απλά με κατάλληλη προσαύξηση της θερμοκρασιακής διαφοράς ΔT μεταξύ περιβάλλοντος και εσωτερικού χώρου του θαλάμου, ως εξής:

Προσαυξήσεις θερμοκρασίας °C					
Τύπος επιφάνειας	Ανατολικός τοίχος	Νότιος τοίχος	Δυτικός τοίχος	Πάτωμα	Οροφή
Σκούρα-dark (π.χ επικάλυψη πίσσας)	5	3	5	11	11
Μέτρια σκούρα-medium (Ξύλο, τούβλο,τσιμέντο, κόκκινος ή γκρι ή πράσινος χρωματισμός)	4	3	4	9	9
Ανοιχτόχρωμη-light (Άσπρη πέτρα, ανοιχτόχρωμο τσιμέντο, άσπρος χρωματισμός)	3	2	3	5	5

Πίνακας 4.1: Πίνακας προσαυξήσεων για τύπους επιφανειών ψυκτικών θαλάμων.



4.2.4 Φορτίο ψύξης ή κατάψυξης προϊόντων

Τα πρωτογενή φορτία ψύξης των προϊόντων που εισάγονται και διατηρούνται στον ψυκτικό θάλαμο ανταποκρίνονται σε δύο κατηγορίες προέλευσης θερμότητας:

- **Θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί από τα προϊόντα ώστε αυτά να αποκτήσουν την επιθυμητή θερμοκρασία αποθήκευσης.**
- **Θερμότητα που παράγεται από τα προϊόντα κατά την αποθήκευσή τους. Αυτή η ιδιότητα των φρούτων και των λαχανικών είναι γνωστή ως θερμότητα αναπνοής και εμφανίζεται σε θερμοκρασίες αποθήκευσης μεγαλύτερες της στερεοποίησης.**

Στην περίπτωση αποθήκευσης εντός του θαλάμου συσκευασμένων προϊόντων με μεγάλο ποσοστό βάρους συσκευασίας ως προς το βάρος του προϊόντος, πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη κατά τον υπολογισμό του ψυκτικού φορτίου του θαλάμου και η θερμοχωρητικότητα της συσκευασίας και κατά συνέπεια το φορτίο ψύξης αυτής.

4.2.5 Απομάκρυνση θερμότητας προϊόντων

Η ποσότητα της θερμότητας που πρόκειται να απομακρυνθεί από το προϊόν υπολογίζεται ως εξής:

- Θερμότητα που απομακρύνεται για την ψύξη από την αρχική σε θερμοκρασία υψηλότερη της στερεοποίησης:
 $Q_{PR1} = m * C_{p_{ANΩ}} * (T_{εισ} - T_2)$
- Θερμότητα που απομακρύνεται για την ψύξη από την αρχική θερμοκρασία σε αυτή της στερεοποίησης:
 $Q_{PR2} = m * C_{p_{ANΩ}} * (T_{εισ} - T_f)$
- Θερμότητα απομάκρυνσης για τη στερεοποίηση του προϊόντος :
 $Q_{PR3} = m * Q_{lat}$
- Θερμότητα που απομακρύνεται από τη θερμοκρασία στερεοποίησης έως την επιθυμητή θερμοκρασία κατάψυξης:
 $Q_{PR4} = m * C_{p_{KATΩ}} * (T_f - T_3)$



Όπου:

m = μάζα προϊόντος ημερήσια (kg)

$C_{p\text{ΑΝΩ}}$ = ειδική θερμοχωρητικότητα άνω του σημείου στερεοποίησης (kJ / kg* °C)

$C_{p\text{ΚΑΤΩ}}$ = ειδική θερμοχωρητικότητα κάτω του σημείου στερεοποίησης (kJ / kg* °C)

$T_{\text{εισ}}$ = θερμοκρασία προϊόντος κατά την προσαγωγή του στον θάλαμο (°C)

T_2 = θερμοκρασία αποθήκευσης προϊόντος μεγαλύτερη της στερεοποίησης (°C)

T_f = θερμοκρασία στερεοποίησης προϊόντος (°C)

T_3 = θερμοκρασία αποθήκευσης προϊόντος μικρότερη της στερεοποίησης (°C)

Q_{lat} = λανθάνουσα θερμότητα προϊόντος (kJ / kg)

Το ψυκτικό φορτίο που απαιτείται για την επίτευξη των παραπάνω καθορίζεται από το χρόνο που αφιερώνεται για την απομάκρυνση της θερμότητας. Ο χρόνος αυτός προϋποθέτει ότι το προϊόν είναι σωστά τοποθετημένο ώστε να επιτυγχάνεται ο βέλτιστος ρυθμός ψύξης. Το φορτίο αυτό ορίζεται:

$$Q_{PP} = \frac{Q_{PP1} + Q_{PP2} + \dots + Q_{PP0}(N)}{3600 * n}$$

(4.2.5.3)

Όπου:

Q_{PP} = μέσο ψυκτικό φορτίο προϊόντων (kW)

n = χρόνος ψύξης – κατάψυξης προϊόντος (h)



4.2.6 Ψυκτικό φορτίο εσωτερικής λειτουργίας

Το εσωτερικό φορτίο λειτουργίας καλείται να αντιμετωπίσει τη θερμότητα που παράγεται από:

1. Τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό
2. Τα ανυψωτικά μηχανήματα
3. Το εργατικό προσωπικό

4.2.7 Φορτίο ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

$$Q\Phi = A * LL \quad (4.2.7.4)$$

Όπου :

$Q\Phi$ = ψυκτικά φορτία από φωτισμό (*Watt*)

A = εμβαδόν επιφάνειας οροφής (m^2)

LL = επίπεδο φωτισμού (Light Level) (W/m^2)

Οι ψυκτικοί θάλαμοι έχουν την ιδιαιτερότητα σε σχέση με τις απλές αποθήκες ότι έχουν την ανάγκη τεχνητού φωτισμού όλες τις ώρες (δεν υπάρχουν ανοίγματα). Η επιλογή της τεχνολογίας του φωτισμού είναι μια σοβαρή απόφαση σχεδιασμού δεδομένου ότι έχει σημαντικές επιπτώσεις, τόσο στη κατανάλωση ενέργειας όσο και στη παραγωγικότητα ειδικά στους χώρους έντονης δραστηριότητας.

Μια ιδιαιτερότητα που έχουν οι ψυχρές αποθήκες, ειδικά οι βαθιές καταψύξεις, είναι η δυσκολία σβησίματος των φώτων, όταν δεν εκτελούνται εργασίες. Με εξαίρεση τα φωτιστικά LED, τούτο είναι δύσκολο, τόσο για τα φωτιστικά αλογονίδιων όσο και για τα φωτιστικά φθορίου. Τα φωτιστικά αλογονίδιων απαιτούν χρόνο 'κρυώματος' μεταξύ δυο αναμάτων, ενώ τα φωτιστικά φθορίου απαιτούν χρόνο ζεστάματος. Για το λόγο αυτό είναι συχνό φαινόμενο στα κέντρα μεγάλης έντασης εργασίας τα φώτα να παραμένουν αναμμένα 24 ώρες τη μέρα – 365 μέρες το χρόνο.



4.2.8 Φορτίο εργατικού προσωπικού

$$Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}} = N_{\text{ΡΕΟΡΛΕ}} * (272 - 6 * T_{\text{in}}) \quad (4.2.8.5)$$

Όπου :

$Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}}$ = ψυκτικά φορτία από άτομα (kW)

$N_{\text{ΡΕΟΡΛΕ}}$ = αριθμός ατόμων που εργάζονται μέσα στον θάλαμο

T_{in} = εσωτερική θερμοκρασία ψυκτικού θαλάμου (°C)

Στην περίπτωση που η εργασία τους είναι έντονη, δηλαδή εισέρχονται και εξέρχονται συνεχώς στο θάλαμο, το αποτέλεσμα της παραπάνω εξίσωσης πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή περί το 1.25.

4.2.9 Ψυκτικό φορτίο εναλλαγών αέρα

Το ψυκτικό φορτίο που απαιτείται για την αντιμετώπιση του θερμικού κέρδους από τη διείσδυση αέρα στους ψυκτικούς θαλάμους, μπορεί να αποτελέσει το μισό του συνολικού. Επομένως, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον υπολογισμό του για την αποφυγή αστοχιών. Η συχνότητα με τη οποία γίνονται οι εναλλαγές αέρα εξαρτάται από το είδος του αποθηκευμένου προϊόντος. Για την εναλλαγή χρησιμοποιείται είτε ατμοσφαιρικός αέρας είτε φιλτραρισμένος αέρας μέσω αεραγωγών είτε μέσω των θυρών του θαλάμου.

$$Q_{\text{ΑΕΡ1}} = \frac{V}{\nu} * z * (H_{\text{εισ}} - H_{\text{in}}) \quad (4.2.9.6)$$

Όπου :

$Q_{\text{ΑΕΡ1}}$ = ψυκτικά φορτία εναλλαγών αέρα (kJ)

V = όγκος θαλάμου (m³)

ν = ειδικός όγκος αέρα που εισέρχεται στο θάλαμο (m³/kg)

z = εναλλαγές αέρα ανά ώρα

$H_{\text{εισ}}$ = ενθαλπία αέρα που εισέρχεται στον θάλαμο (kJ / kg)

H_{in} = ενθαλπία αέρα μέσα στον θάλαμο (kJ / kg)

Για να βρούμε την ισχύ του φορτίου σε (kW) έχουμε:

$$Q_{\text{ΑΕΡ}} = \frac{Q_{\text{ΑΕΡ1}}}{3600(\text{sec})} \text{ (kW)} \quad (4.2.9.7)$$

Όπου :

$Q_{\text{ΑΕΡ}}$ = ψυκτικά φορτία εναλλαγών αέρα (kW)



4.2.10 Ψυκτικό φορτίο που σχετίζεται με τον εξοπλισμό

Το θερμικό κέρδος που συνδέεται με την λειτουργία του εξοπλισμού ψύξης αποτελείται από:

- Τους θερμαντήρες ή ξηραντήρες του αέρα σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η μείωση της σχετικής υγρασίας.
- Θερμότητα που εκπέμπεται από μονάδες που βρίσκονται τοποθετημένες εντός του θαλάμου όπως π.χ. οι καταψύκτες
- Θερμότητα που εκπέμπεται από τις θερμικές αντιστάσεις για την απόψυξη των μονάδων fan-coil ή των καταψυκτών.

Για παράδειγμα, σε περίπτωση που ένας καταψύκτης βρίσκεται εντός του θαλάμου, ο οποίος λειτουργεί σε θερμοκρασίες κατάψυξης, το θερμικό φορτίο που προστίθεται και καλείται να αντιμετωπιστεί είναι το 25 % της ονομαστικής ισχύος του καταψύκτη.

Επίσης για τους ανεμιστήρες του στοιχείου και τις αντιστάσεις που έχει για την απόψυξη το θερμικό κέρδος ανέρχεται στο 5 – 15 % του συνολικού φορτίου ανάλογα με το πόσο έντονη είναι η λειτουργία τους, διότι δεν ξέρουμε ποιο στοιχείο θα επιλέξουμε για να γνωρίζουμε την ισχύ των ανεμιστήρων. Στην περίπτωση απόψυξης μίας μονάδας fan-coil για θερμοκρασίες θαλάμου από -1 έως -10 °C το θερμικό φορτίο ανέρχεται στο 5 % της ονομαστικής ισχύος της μονάδας ενώ για θερμοκρασίες χαμηλότερες μπορεί να φτάνει μέχρι και το 30 %. Αντίθετα, για θερμοκρασίες θαλάμου μεγαλύτερες του -1 °C το θερμικό φορτίο είναι αμελητέο και δεν χρήζει υπολογισμού ψυκτικού φορτίου.

4.3 Συντελεστής Ασφαλείας

Γενικά, το υπολογιζόμενο ψυκτικό φορτίο αυξάνεται κατά ένα **συντελεστή 10 - 20%** για να επιτρέπονται πιθανές αποκλίσεις μεταξύ των κριτηρίων σχεδιασμού και της πραγματικής λειτουργίας. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται σε ορισμένες έκτακτες ανάγκες καθώς και σε ακραίες δυσμενείς καιρικές συνθήκες (παρατεταμένοι καύσωνες). Η χρήση του συντελεστή ασφαλείας εφαρμόζεται σε καθένα από τα τέσσερα πρώτα τμήματα θερμικού φορτίου και όχι για το φορτίο του εξοπλισμού. Η απόψυξη του εξαμιστή της κεντρικής μονάδας ψύξης αλλά και των μονάδων fan-coil είναι σχεδόν καθημερινή διαδικασία και διαρκεί έως και 3 ώρες συνολικά, ειδικότερα δε όταν ο θάλαμος λειτουργεί σε ακραίες θερμοκρασίες αποθήκευσης όπως -30 και -40 °C.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΜΕΛΕΤΗ ΨΥΓΕΙΟΥ ΚΑΤΑΨΥΞΗΣ

5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Στην περιοχή του Αιγίου και συγκεκριμένα στο Σωτήρα πρόκειται να ανεγερθεί ένα ψυγείο προσωρινής αποθήκευσης πάγου για τις ανάγκες μιας μικρής βιοτεχνίας. Η θερμοκρασία συντήρησης του πάγου είναι -18°C .

Σύμφωνα με τα πρότυπα της ASHRAE θα χρησιμοποιήσουμε πάνελ πάχους 150mm. Ο θάλαμος βρίσκεται σε στεγασμένο χώρο επομένως δεν υπάρχουν φορτία από ηλιακή ακτινοβολία.

Για το δάπεδο ο συντελεστής θερμοπερατότητας λαμβάνεται $U=0,2334\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$

5.2 Διαδικασία μελέτης

Βήμα 1^ο : Δεδομένα θαλάμου και κριτήρια σχεδιασμού

Συνθήκες περιβάλλοντος (κατά την 21^η Ιουλίου): θερμοκρασία ξηρής σφαίρας 33°C ,

σχετική υγρασία 55 %.

Διαστάσεις θαλάμου: Μ *Π*Υ* → (9,20*6,80*2,70)

Χρωματισμός θαλάμου: Ανοιχτόχρωμος

Χωρητικότητα θαλάμου: 81050 kg (θα εκμεταλλεύεται το 60% του χώρου του θαλάμου για την εύκολη μετακίνηση των ανθρώπων εντός του)

Εσωτερική θερμοκρασία θαλάμου ($T_{in}=T_{καταψ}$): **-18°C** .

Σχετική υγρασία εντός του θαλάμου RH_{in} : **65 %**



5.2.1 Υπολογισμός απωλειών Τοιχοποιίας

Για τις τοιχοποιίες ισχύει ο τύπος:

$$\underline{Q_T = U * A * \Delta T} :$$

$$\underline{\text{ΒΟΡΡΑΣ}} : Q_B = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_B = 0.13 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 24,84m^2 * (33 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_B = 165W$$

$$\underline{\text{ΝΟΤΟΣ}} : Q_N = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_N = 0.13 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 24,84m^2 * (33 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_N = 165W$$

$$\underline{\text{ΑΝΑΤΟΛΗ}} : Q_A = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_A = 0.13 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 18,36m^2 * (33 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_A = 122W$$

$$\underline{\text{ΔΥΣΗ}} : Q_D = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_D = 0.13 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 18,36m^2 * (33 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_D = 122W$$

$$\underline{\text{ΟΡΟΦΗ}} : Q_o = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_o = 0.13 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 62,56m^2 * (33 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_o = 415W$$

$$\underline{\text{ΔΑΠΕΔΟ}} : Q_{\pi} = U * A * (T_{out} - T_{in}) \Rightarrow Q_{\pi} = 0.23 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 62,56m^2 * (25 - (-18)) ^\circ C$$
$$\Rightarrow Q_{\pi} = 620W$$

Άρα οι συνολικές απώλειες θα είναι:

$$Q_{total} = Q_B + Q_N + Q_A + Q_D + Q_o + Q_{\pi} \Rightarrow Q_{total} = 1609Watt$$

Για τον υπολογισμό των απωλειών σε μια μέρα:

$$Q_{total} = 1,609 (Kw) * 24 (h) = 38,616 (Kw_h/day)$$



5.2.2 Υπολογισμός ψυκτικού φορτίου προϊόντος

Για τον υπολογισμό των προϊόντων στο συγκεκριμένο θάλαμο πρέπει αρχικά να υπολογίσουμε τον χρόνο ψύξης στο κέντρο των προϊόντων, οπότε έχουμε τον παρακάτω τύπο:

$$t = \frac{\rho * \lambda}{T_f - T_m} * \left(\frac{P * \alpha}{h} + \frac{R * \alpha^2}{k} \right)$$

$$t = \frac{\rho * \lambda}{T_f - T_m} * \left(\frac{P * \alpha}{h} + \frac{R * \alpha^2}{k} \right)$$

$$\leftrightarrow t = \frac{917 * 283.22}{-0 - (-1)} * \left(\frac{\left(\frac{1}{6}\right) * 0,20}{45} + \frac{\left(\frac{1}{24}\right) * (0,20)^2}{2,22} \right)$$

$$\leftrightarrow t = 14428,48 * (0,00074074 + 0,00075075)$$

$$\leftrightarrow t = 2151 \frac{J}{W} = \mathbf{2151 \text{sec}}$$

t = ο απαιτούμενος χρόνος κατάψυξης (sec)

ρ = η πυκνότητα του προϊόντος όταν αυτό παγώσει (kg/m^3)

λ = λανθάνουσα θερμότητα ($333.2 * \text{το ποσοστό υγρασίας}$) (KJ/Kg)

T_f = θερμοκρασία στερεοποίησης του προϊόντος ($^{\circ}\text{C}$)

T_m = Θερμοκρασία ψυκτικού μέσου ($^{\circ}\text{C}$)

α = χαρακτηριστική διάσταση του προϊόντος (m)

h = συντελεστής επιφανειακής μεταφοράς θερμότητας ($\text{W/m}^2 * ^{\circ}\text{C}$)

k = συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του προϊόντος ($\text{W/m}^2 * ^{\circ}\text{C}$)

P, R = γεωμετρικοί παράγοντες εξαρτώμενοι του σχήματος του προϊόντος



Επομένως έχουμε:

$$Q_{P1} = m * C_p * (T_{εισ} - T_f) = 15000 * 2.10 * (5-0) = 157500 \text{ kJ}$$

$$Q_{P2} = m * Q_{lat} = 15000 * 334 \text{ kJ/kg} = 5010000 \text{ kJ}$$

$$Q_{πρ} = \frac{Q_{P1} + Q_{P2}}{2151 \text{ sec}} \leftrightarrow Q_{πρ} = \frac{5167500}{2151 \text{ sec}} \leftrightarrow Q_{πρ} = 2402.3 \text{ Kw} * 24 \text{ h} \leftrightarrow$$

$$Q_{πρ} = 57.65 \text{ KW}_h/\text{day}$$

$Q_{πρ}$ = ψυκτικό φορτίο προϊόντων (kwh/day)

m = ημερήσια μάζα προϊόντος (Kg)

$T_{εισ}$ = θερμοκρασία προϊόντος κατά την προσαγωγή του στον θάλαμο (°C)

T_f = θερμοκρασία στερεοποίησης προϊόντος (°C)

T_3 = θερμοκρασία αποθήκευσης προϊόντος μικρότερη της στερεοποίησης (°C)

C_p = ειδική θερμοχωρητικότητα άνω του σημείου στερεοποίησης (KJ/kg * °C)

Q_{lat} = λανθάνουσα θερμότητα προϊόντος (KJ/kg)



5.2.3 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων εναλλαγών αέρα

$$Q_{AEP} = \frac{V \text{ (m}^3\text{)}}{v \text{ (m}^3\text{/kg)}} * z * (H_{eio} - H_{in}) \text{ KJ} \quad (5.2.3.1)$$

$$\Rightarrow Q_{AEP} = \frac{169 \text{ (m}^3\text{)}}{0.640 \text{ (m}^3\text{/kg)}} * 1 * (58 - 8) \text{ KJ/Kg}$$

$$\Rightarrow Q_{AEP} = 13196,25 \text{ KJ/kg}$$

$$\Rightarrow Q_{AEP} = \frac{13196,25 \text{ kJ}}{3600}$$

$$\Rightarrow Q_{AEP} = 3,66 \text{ Kw} * 24\text{h} = 87,95 \text{ KW}_h\text{/day}$$

Q_{AEP} = ψυκτικά φορτία εναλλαγών αέρα (kwh/day)

V = όγκος θαλάμου (m^3)

v = ειδικός όγκος αέρα που εισέρχεται στο θάλαμο ($\text{m}^3\text{/kg}$)

z = εναλλαγές αέρα ανά ώρα

H_{eio} = ενθαλπία αέρα που εισέρχεται στον θάλαμο (KJ/kg)

H_{in} = ενθαλπία αέρα μέσα στον θάλαμο (KJ/kg)



5.2.4 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων από φωτισμό

$$Q_{\phi} = A \text{ (m}^2\text{)} * LL \text{ (W/m}^2\text{)} \Leftrightarrow \quad (5.2.4.2)$$

$$Q_{\phi}=62,56\text{m}^2*15\text{(W/m}^2\text{)}$$

$$Q_{\phi}=938.4\text{Watt*5h/day}$$

$$Q_{\phi}=4.692\text{KWh/day}$$

Όπου :

Q_{ϕ} = ψυκτικά φορτία από φωτισμό (kwh/day)

A = εμβαδόν επιφάνειας οροφής (m²)

LL = επίπεδο φωτισμού (LightLevel) (W/m²)

5.2.5 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων προσωπικού

$$Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}} = \text{ΝΟΡΕΟΡΡΛΕ} * (272 - 6 * T_{\text{in}}) \quad (5.2.5.3)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}} = 2 * (272 - 6 * -18)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}} = 760\text{W} * 5\text{h/day}$$

$$\Rightarrow Q_{\text{ΑΤΟΜΩΝ}} = 3.8 \text{Kwh/day}$$



5.2.6 Υπολογισμός ψυκτικών φορτίων ηλεκτρολογικού εξοπλισμού

- Για τον υπολογισμό του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού όπως για παράδειγμα είναι οι ανεμιστήρες του στοιχείου και οι ηλεκτρικές αντιστάσεις στοιχείου επειδή δεν ξέρουμε τον τύπο του στοιχείου για να γνωρίζουμε την ισχύ τους θα τα λαμβάνουμε από 5 – 15 % του συνολικού φορτίου του θαλάμου ανάλογα το πόσο έντονη πρέπει να είναι η λειτουργία τους.

Συνολικά φορτία θαλάμου καταψύξεως

$$Q_{ΣΥΝ} = (Q_T + Q_{ΠΡ} + Q_{ΑΕΡ} + Q_{Φ} + Q_{ΑΤΟΜΩΝ}) * 1,10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{ΣΥΝ} = (38.616 + 57.65 + 87.95 + 4.692 + 3.8) \text{ Kwh/day} * 1,10$$

$$\Rightarrow Q_{ΣΥΝ} = 212 \text{ KWh/day}$$

*Το 1,10 είναι ο συντελεστής του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού που αναφέραμε νωρίτερα

- Υπολογίζουμε ότι ο συμπιεστής μας, θέλουμε να λειτουργεί 18 ώρες την ημέρα, οπότε :

$$Q_{ΣΥΝ} = \frac{212}{18} = 11,8 \text{ Kw}$$

Τέλος πολλαπλασιάζουμε με ένα συντελεστή ασφαλείας 1,20 και παίρνουμε την τελική ισχύ:

$$Q_{ΣΥΝ} = 11,80 * 1,20 = 14.16 \text{ KW}$$



5.2.7 Συγκεντρωτικός πίνακας τελικών αποτελεσμάτων

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ	38.616 KWh/day	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	212kWh
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ	57.65 KWh/day		
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΕΝΑΛΑΓΩΝ ΑΕΡΑ	87.95 KWh/day		
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΦΩΤΙΣΜΟ	4.692 KWh/day		
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	3.8 KWh/day		
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡ. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ	*1,10 ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ		

Επαλήθευση αποτελεσμάτων

Για να επαληθεύσουμε τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας θα χρησιμοποιήσουμε το πρόγραμμα υπολογισμού ψυκτικών φορτίων της LU-VE. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών μας βρίσκονται πολύ κοντά σε αυτούς της εφαρμογής.



LU-VE GROUP Cold Room Calculator

Project ref. Coldroom 1

Room temperature -18.00 °C

Outside temperature 40.00 °C

Ventilation loss factor Normal

Running time installation 18 hrs.

Loading perc. room 80 %

General Dimensions Heat Product Calculate

LU-VE GROUP Cold Room Calculator

Length 9.20 m

Width 6.80 m

Height 2.70 m

Insulation material Polyurethane

Thickness 150.00 mm

Floor insulation No

General Dimensions Heat Product Calculate

LU-VE GROUP Cold Room Calculator

Cooler fans 250.00 Watt

Working time 20 Hrs/day

Illumination 15.00 Watt/m²

8 Hrs/day

Persons 2

5 Hrs/day

Other heat sources 10.00 Watt

2 Hrs/day

General Dimensions Heat Product Calculate



LU-VE GROUP Cold Room Calculator

Products: General ice

Max. allowed storage: 81077.76 kg
Recomm. storage temp.: -19.00 °C

Storage quantity: 15000.00 kg

Stock shift: 0.00 kg

Entering temperature: 5.00 °C

Cool down/congel. time: 0 hr

Navigation: Left arrow, Right arrow

Bottom menu: General, Dimensions, Heat, Product, Calculate

LU-VE GROUP Cold Room Calculator

Transmission losses	5072 Watt
Ventilation losses	3132 Watt
Other heat sources	647 Watt
Cooling down/congel.	0 Watt
Respiration	0 Watt
Subtotal	8851 Watt

Required capacity total	11.8 kW
Specific capacity	69.9 w/m ³

Navigation: Left arrow, RESET, SHARE

Bottom menu: General, Dimensions, Heat, Product, Calculate

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - ΕΠΙΛΟΓΗ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ

6.1 Επιλογή Εξοπλισμού

- Η συνολική ψυκτική χωρητικότητα που καλείται να καλύψει το ψυκτικό μηχάνημα είναι 14.1 kW. Στην επιχείρηση υπάρχει ήδη ένα ψυκτικό μηχάνημα που θα χρησιμοποιήσουμε χωρητικότητας 5,1kW (**MC-K9-ZB21KE-TFD**).

Model: MC-K9-ZB21KE-TFD

Condensing unit technical data

Compressor:	ZB21KCE-TFD
Liquid receiver capacity [dm ³]:	7,5
Weight [kg]:	88
Housing Type:	F/K

Condenser technical data

Model:	K9
Air flow [m ³ /s]:	0,89
Fan type:	121
Fan count:	2
Fan power [W]:	234
Power supply [V/f/Hz]:	420V/3/50Hz

Connections

	<u>milimeters</u>	<u>inches</u>
Suction line:		7/8"
Liquid line:		1/2"

Πίνακας 6.2: Πίνακας τεχνικών χαρακτηριστικών του μοντέλου.



Εικόνα 6.1: Μοντέλο MC-K9-ZB21KE-TFD.



R404A/R507

Cooling capacity [kW]

$t_a \setminus t_e$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	7	10
27	2.60	3.20	3.90	4.65	5.50	6.45	7.45	8.50	8.95	9.65
32	2.40	2.95	3.60	4.30	5.10	5.95	6.85	7.85	8.25	8.85
38	2.22	2.66	3.20	3.85	4.55	5.30	6.10	7.00	7.35	7.90
43	-	2.46	2.89	3.45	4.10	4.75	5.50	6.30	6.60	-

Power input [kW]

$t_a \setminus t_e$	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	7	10
27	2.22	2.28	2.35	2.42	2.49	2.57	2.66	2.75	2.79	2.85
32	2.46	2.53	2.60	2.67	2.75	2.83	2.92	3.01	3.05	3.11
38	2.77	2.88	2.95	3.03	3.10	3.18	3.27	3.36	3.39	3.45
43	-	3.16	3.28	3.36	3.43	3.51	3.59	3.68	3.71	-

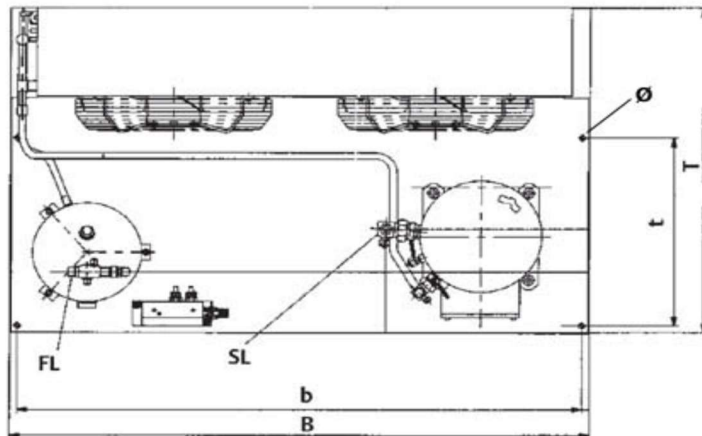
10K suction superheat

Test conditions: 20°C Suction gas return

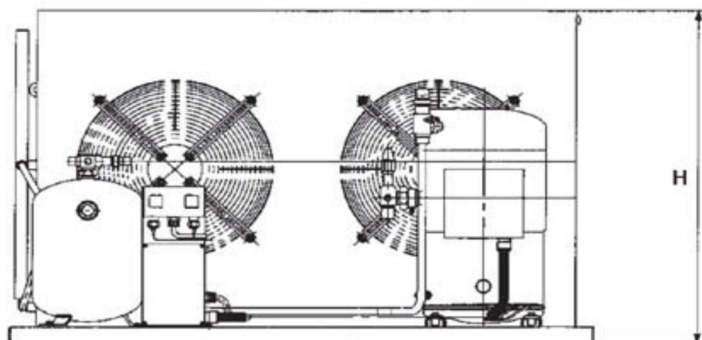
t_e - Evaporating temperature [°C]

t_a - Ambient temperature [°C]

Πίνακας 6.2: Ιδιότητες Ψυκτικού μέσου R404A/R507.



T	640 mm
B	950 mm
H	454 mm
t	915 mm
b	380 mm
Ø	14 mm



Εικόνα 6.2: Κάτοψη και πρόσοψη του εξοπλισμού.

- Το άλλο μηχάνημα που θα χρησιμοποιήσουμε είναι το **MC-M9-ZB45KE-TFD** χωρητικότητας 9,60 kW.

Προτιμούμε τη χρήση 2 μηχανημάτων για λόγους εφεδρικότητας.

Model: MC-M9-ZB45KE-TFD

Condensing unit technical data

Compressor:	ZB45KCE-TFD
Liquid receiver capacity [dm ³]:	7,5
Weight [kg]:	113
Housing Type:	M

Condenser technical data

Model:	M9
Air flow [m ³ /s]:	1,24
Fan type:	611
Fan count:	1
Fan power [W]:	570
Power supply [V/f/Hz]:	420V/3/50Hz

Connections

	<u>millimeters</u>	<u>inches</u>
Suction line:		7/8"
Liquid line:		1/2"

Πίνακας 6.3: Χαρακτηριστικά του εξοπλισμού.



Εικόνα 6.3: Μοντέλο MC-M9-ZB45KE-TFD.



R404A/R507

Cooling capacity [kW]

$t_a \setminus t_e$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	7	10
27	5.77	5.77	5.05	6.20	7.45	8.90	10.45	12.10	13.90	15.80	16.60	17.80
32	5.43	5.19	4.69	5.70	6.85	8.15	9.60	11.10	12.75	14.50	15.20	16.30
38	-	-	3.36	5.10	6.15	7.30	8.55	9.90	11.40	12.95	13.60	-
43	-	-	-	1.83	5.50	6.55	7.65	8.90	-	-	-	-

Power input [kW]

$t_a \setminus t_e$	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	7	10
27	4.04	4.17	4.36	4.50	4.66	4.82	4.99	5.15	5.40	5.60	5.70	5.80
32	4.46	4.61	4.75	4.97	5.15	5.30	5.50	5.65	5.85	6.10	6.15	6.30
38	-	-	5.35	5.60	5.75	5.95	6.10	6.30	6.50	6.70	6.80	-
43	-	-	-	6.05	6.35	6.50	6.70	6.90	-	-	-	-

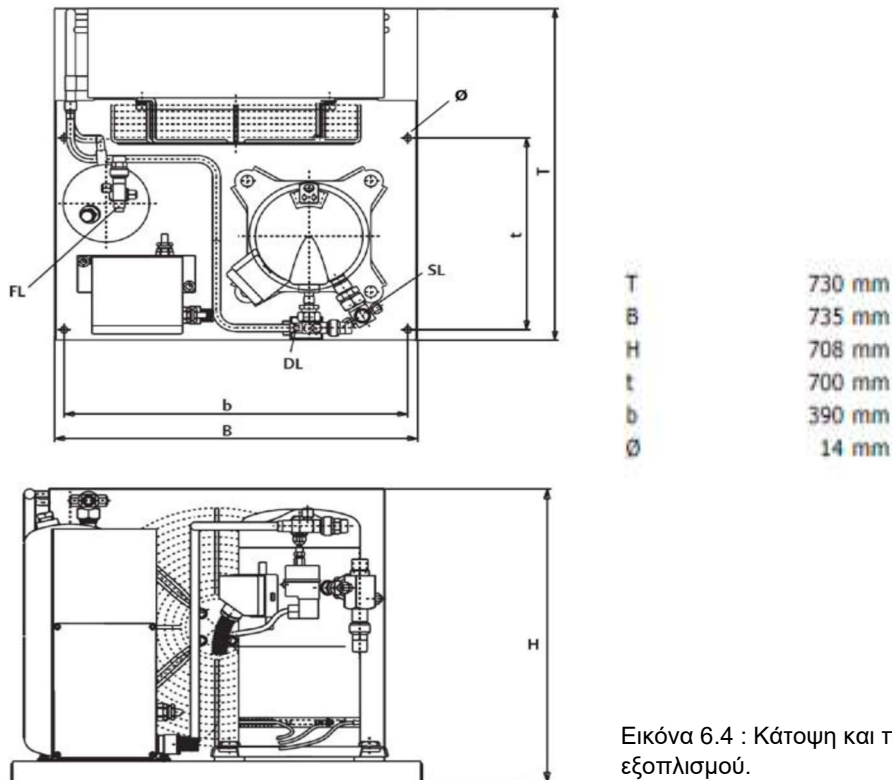
10K suction superheat

Test conditions: 20°C Suction gas return

t_e - Evaporating temperature [°C]

t_a - Ambient temperature [°C]

Πίνακας 6.4: Ιδιότητες ψυκτικού μέσου R404A/R507.



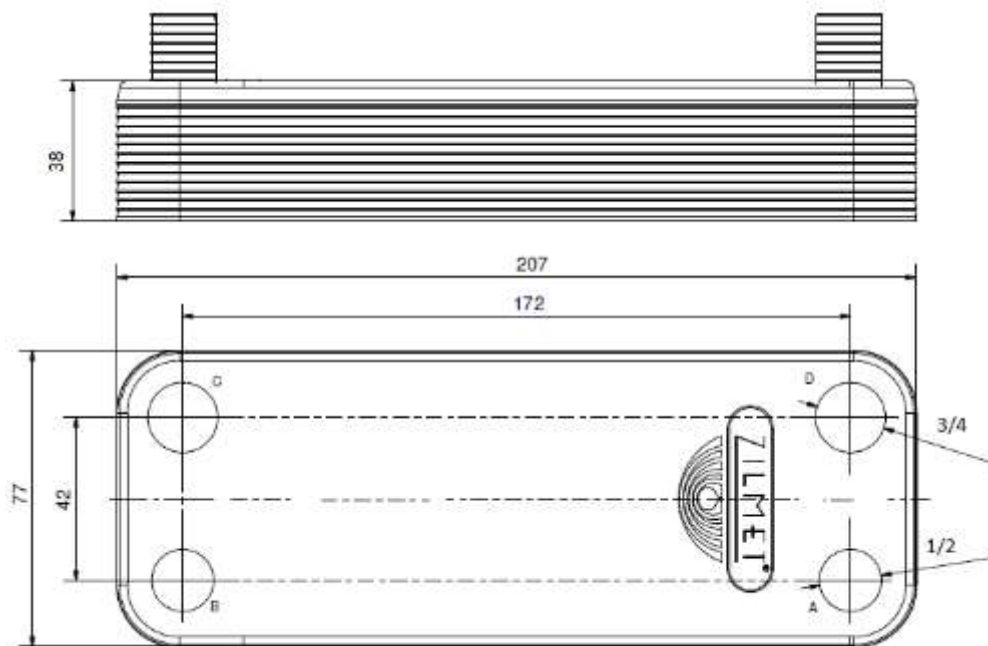
Εικόνα 6.4 : Κάτοψη και πρόσοψη του εξοπλισμού.

6.2 ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Από τους πίνακες των μηχανημάτων παρατηρούμε ραγδαία αύξηση στη κατανάλωση όσο αυξάνεται η εξωτερική θερμοκρασία. Σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να δώσει λύση ένας εναλλάκτης θερμότητας. Δηλαδή μετά από την έξοδο του συμπυκνωτή γίνεται η εγκατάσταση πλακοειδούς εναλλάκτη. Στη συγκεκριμένη εγκατάσταση υπάρχει ήδη πύργος ψύξης ο οποίος βρίσκεται σε μόνιμη λειτουργία.



Εικόνα 6.5: Πλακοειδής εναλλάκτης.



Εικόνα 6.6 : Κάτοψη και τομή του πλακοειδούς εναλλάκτη.



ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Πλακοειδής εναλλάκτης ZB 207 με 14 πλάκες.
Συνδέσεις με σπείρωμα ανοξείδωτου χάλυβα (πρωτεύον 2x3/4) +(δευτερεύον 2x1/2)

Μέγιστη πίεση λειτουργίας πρωτεύοντος : 3 bar
Μέγιστη πίεση λειτουργίας δευτερεύοντος : 8 bar
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας: -10 ° C / + 120 ° C

Πλάκα: ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ AISI 316 L
Εξαρτήματα Υλικό: ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ AISI 316
Τυποποιημένα εξαρτήματα: 2 x 3/4 & 2 x 1/2
Υλικό συγκόλλησης: Χαλκός 99,9%

Αριθμός πλακών : 14
Μήκος: 207 mm
Πλάτος: 77 mm
Κέντρα : 42 mm - 172 mm
Ύψος: 38 mm
Βάρος: 2,5 kg

Εδώ παρουσιάζεται η διάταξη του εξοπλισμού μας **πριν** και **μετά** την παρέμβαση με τον εναλλάκτη:

ΠΡΙΝ



Εικόνα 6.7: Ο εξοπλισμός που μελετήσαμε πριν την παρέμβαση.

ΜΕΤΑ



Εικόνα 6.8: Ο εξοπλισμός μας μετά την παρέμβαση.



6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

➤ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣ Η(KW)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣ Η(KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣ Η(KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛ ΩΣΗ(€)
MC-M9- ZB45KE- TFD	9.6	172.8	5184	903.52
MC-K9- ZB21KE- TFD	5.1	91.8	2754	480.00
ΣΥΝΟΛΟ	14.7	264.6	7938	1383.52

➤ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 33 ΒΑΘΜΟΥΣ

ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛ ΩΣΗ (KW)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩ ΣΗ(€)
MC-M9- ZB45KE- TFD	5.2	93.6	2808	489.41
MC-K9- ZB21KE- TFD	2.7	48.6	1458	254.12
ΣΥΝΟΛΟ	7.9	142.2	4266	743.53

➤ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΜΕ ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ 27 ΒΑΘΜΟΥΣ

ΤΥΠΟΣ	ΚΑΤΑΝΑΛ ΩΣΗ (KW)	ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (KWh)	ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩ ΣΗ(€)
MC-M9- ZB45KE- TFD	4.65	83.7	2511	437.64
MC-K9- ZB21KE- TFD	2.35	42.3	1269	221.18
ΣΥΝΟΛΟ	7	126	3780	658.82



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από αυτή τη πτυχιακή μπορούμε να συμπεράνουμε τα παρακάτω:

Πρέπει να γίνει μια καλή μελέτη των ψυκτικών φορτίων για να έχουμε την ψύξη που χρειάζεται κάθε θάλαμος. Η ανάλυση και ο σχεδιασμός του θαλάμου κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός για την τοποθέτηση και κατασκευή ενός θαλάμου. Επίσης, η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί σημαντικό κριτήριο για το σχεδιασμό της εγκατάστασης. Ο θάλαμος χρειάζεται να τοποθετείται με συγκεκριμένο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται τα φορτία ψύξης του χώρου.

Όσον αναφορά τη μεταβολή των ψυκτικών φορτίων σύμφωνα με τη θερμοκρασία είδαμε ότι για μια μεταβολή μόλις 6 βαθμών μπορούμε να επιτύχουμε σοβαρή εξοικονόμηση ενέργειας με πολύ μικρό κόστος παρεμβάσεων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική ένωση βιομηχανιών ψύχους, Νίκος Χαριτωνίδης. Βασικά σημεία σχεδιασμού και κατασκευής ψυκτικών χώρων.

Σπύρος Π. Αναστασιάδης. Υπολογισμός ψυκτικών μονάδων, Εφαρμογές ψύξης και συμπιεστές, 2001.

Σ. Χατζηδάκης. Ειδικά κεφάλαια ψύξης, 2003.

Κορωνάκη Ειρήνη. Σημειώσεις μαθήματος Ψύξη II Ε.Μ.Π.

Δημητράκη Π., Βελονάκης Ε.Γ., (2007). Ανασκόπηση: Η επιβίωση παθογόνων μικροοργανισμών σε συνθήκες κατάψυξης τροφίμων ως παράγοντας κινδύνου για την δημόσια υγεία. Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής

ΓΙΩΡΓΟΣ Κ. ΑΛΕΞΗΣ << Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΨΥΞΗΣ >> ISBN 978- 960-351-729-0 ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ"

Μιχάλης Κτενιαδάκης, Θωμάς Παπαδάκης, Παναγιώτης Αργυράκης <> ISBN 978-960-06-3168-5

Διαδικτυακές

<https://www.ashrae.org/>

https://www.daikin.eu/en_us/customers/software-downloads/daikin-psychometrics-diagramviewer.html

<https://www.alfacoolhellas.gr/products10.php?wh=1&lang=1&the1id=3&theid=3&open1=3&open2=>

https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/6166/1/02_chapter_8.pdf

<http://www.cryologic.gr/Contents.aspx?CatId=36#.YMobYeFR271>

http://library.tee.gr/digital/m1751_1800/m1790.pdf

<https://www.am-p.gr/el/panel-polyoyreuanhs>

<https://coldroom.theoprofil.com/shop/προϊοντα-ψυκτικων-θαλαμων/πανελ-ψυκτικων-θαλαμων/πλαγιοκαλυψης-15cm/πανελ-πλαγιοκαλυψης-παχους-15-cm-λαμαριν/>

<https://www.elektronika-sa.com.pl/tcline.php?line=HCSSC-ZB-2009>



<http://opsiktikos.gr/blog/2021/02/10/%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%80%CF%85%CE%BA%CE%BD%CF%89%CF%84%CE%AD%CF%82-%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82/>

<https://www.baltimoreaircoil.eu/en>

<https://www.frigohellas.gr/>

<https://www.sabroe.com/en/home/>

<http://www.cryologic.gr/>

<https://www.elastron.gr/gr/el/products/core-panels/cold-storage-rooms-core/>

https://www.elektronika-sa.com.pl/tcline.php?line=HCSSC-ZB-2009&fbclid=IwAR2a-7XDt7ESNF9xvZQ_nJK_HSjST7d_liCxYT-GfcvQ-zXmL_EROs8LGPA