



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΨΥΞΗΣ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ. ΔΡΑΚΑΤΟΥ**

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού
Πανεπιστημίου Πατρών

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:
Σ. ΤΣΙΒΙΛΗΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

**ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΨΥΞΗΣ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΝΙΚΟΛΑΟΥ Γ. ΔΡΑΚΑΤΟΥ**

Διπλωματούχου Μηχανολόγου Μηχανικού
Πανεπιστημίου Πατρών

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Σ. Τσιβιλής, Καθ. Ε.Μ.Π. Σχολή Χ.Μ.

Κ. Χαριτίδης, Καθ. Ε.Μ.Π. Σχολή Χ.Μ.

Δ. Μανωλάκος, Καθ. Ε.Μ.Π. Σχολή Μ.Μ.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματεύεται, προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης διατάξεων ψύξης καθώς και την πειραματική αποτίμηση και ενεργειακή αξιολόγηση των προτάσεων αυτών. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αναμφίβολα ο ταχύτερος, ο οικονομικότερος και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα καθώς και για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της χρήσης τους. Το σκεπτικό της εξοικονόμησης ενέργειας βασίζεται στην προσπάθεια για εξεύρεση τρόπων που θα μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και θα βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια, χωρίς να επηρεάζονται η απόδοση του εξοπλισμού και οι συνθήκες άνεσης των χρηστών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της ζήτησης ενέργειας και συνεπώς μείωση της κατανάλωσης καυσίμων. Για να εξοικονομηθεί όμως ενέργεια θα πρέπει να γίνει κατανοητή η σημασία της εξοικονόμησης ενέργειας και να καλλιεργηθεί περιβαλλοντική συνείδηση στους χρήστες της. Για να γίνει αυτό κατορθωτό επιβάλλεται η ορθή και συστηματική πληροφόρηση των πολιτών κάθε ηλικίας, με σκοπό την ευαισθητοποίηση τους σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και την αλλαγή του τρόπου συμπεριφοράς τους.

Στη μεταπτυχιακή αυτή εργασία πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις με στόχο την αξιολόγηση των προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης στις επιμέρους διατάξεις ψύξης. Οι μετρήσεις και οι πηγές καθιστούν σαφές ότι η ενεργειακή αναβάθμιση των διατάξεων ψύξης παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον, καθώς μπορούν να επιτευχθούν σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας με τους τρόπους ενεργειακής αναβάθμισης που προτείνονται στην εργασία αυτή. Αξίζει μάλιστα, να σημειώσουμε εδώ ότι οι προτάσεις ενεργειακής αναβάθμισης που πραγματεύεται η εργασία αυτή, δεν ξεπερνούν τα 7 έτη χρόνου απόσβεσης.

ABSTRACT

This report is about, energy upgrade recommendations of cooling devices and the experimental evaluation and energy assessment of these proposals. Energy saving is without doubt the quickest, cheapest and most effective way to reduce dependence on fossil fuels and reduce emissions of greenhouse gases in the atmosphere due to their use. The concept of energy savings is based on the effort to find ways that will reduce energy consumption and improve the energy efficiency of energy consuming equipment, without affecting the performance or the conditions of comfort. In this way a reduction is achieved in energy demand and therefore a reduce in fuel consumption. But in order to save energy one should understand the importance of saving energy and to cultivate environmental awareness to its users. To make this feasible, there must be correct and systematic information to citizens of all ages, in order to raise their awareness on energy saving and change their behavioral style.

In this report are included experimental measurements in order to evaluate the energy upgrading proposals on the individual cooling devices. Measurements and sources make it clear that the energy upgrading of cooling devices is particularly interesting, because these proposals can achieve significant energy savings rates. We must also mention, that the energy upgrade recommendations of this report, does not exceed seven years payback time.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΩΣΕΩΝ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΨΥΞΗΣ	18
2.1 Περιγραφή ψυκτικού κυκλώματος	18
2.2 Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας	20
2.3 Εξοπλισμός εμπορικής ψύξης	21
2.3.1 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ψύξης βάση εξοπλισμού	22
2.4 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας «Supermarket»	23
2.4.1 Διάρκεια ζωής, αξιοπιστία & χαρακτηριστικά συντήρησης Supermarket	24
2.5 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιώντας διαθέσιμες τεχνολογίες ανά εξοπλισμό ψύξης	25
2.6 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούν έρευνα και ανάπτυξη	26
2.7 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	28
3.1 Πειραματική διαδικασία & Όργανα μέτρησης	28
3.1 Μελέτη ενεργειακών αναβαθμίσεων	29
3.2 Μελέτη διατάξεων ενεργειακής αναβάθμισης	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ “SUPERMARKET”	31
4.1 Ψυκτικό σύστημα “Supermarket”	31
4.1.1 Γενική περιγραφή συστήματος ψύξης “supermarket”	31
4.1.2 Ψυγεία Βιτρίνες (Display – Cases)	33
4.1.3 Compressor Racks (Δίκτυο συμπιεστών μηχανοστασίου)	37
4.1.4 Συμπυκνωτές	38
4.1.5 Walk – Ins	39
4.2 Κατανάλωση ενέργειας “Supermarket”	39
4.2.1 Κατανάλωση Display – Cases	39
4.2.2 Κατανάλωση Compressor racks (Δίκτυο συμπιεστών)	41
4.2.3 Κατανάλωση Συμπυκνωτών	41

4.2.4	Κατανάλωση Walk-Ins	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ		44
5.1	Walk-in Ψυγεία και Καταψύκτες.....	44
5.1.1	Κατανάλωση Walk-Ins	49
5.1.2	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Walk-Ins	53
5.2	Εξοπλισμός Ψύξης Παροχής Υπηρεσιών Εστίασης	54
5.2.1	Κατανάλωση ενέργειας εξοπλισμού ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης	56
5.2.2	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση εξοπλισμού μαζικής εστίασης	57
5.3	Reach-ins.....	58
5.3.1	Reach-in καταψύκτες.....	58
5.3.2	Reach-in ψυγεία	59
5.3.3	Reach – In ψυγειοκαταψύκτες	61
5.3.4	Κατανάλωση Reach-ins.....	62
5.3.5	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Reach-ins	65
5.4	Beverage Merchandisers.....	65
5.4.1	Κατανάλωση ενέργειας Beverage Merchandisers	69
5.4.2	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Beverage Merchandisers	70
5.5	Μονάδες παραγωγής πάγου (Ice Machines).....	70
5.5.1	Κατανάλωση μονάδων παραγωγής πάγου	76
5.5.2	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση μονάδων παραγωγής πάγου	81
5.6	Αυτόματοι Πωλητές	82
5.6.1	Αυτόματοι πωλητές Πλήρους - ψύξης.....	83
5.6.2	Αυτόματοι πωλητές Ζώνης - ψύξης.....	84
5.6.3	Κατανάλωση ενέργειας αυτόματων πωλητών	85
5.6.4	Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση αυτόματων πωλητών	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ		88
6.1	Συμπιεστής.....	90
6.1.1	Συμπιεστές υψηλής απόδοσης.....	90
6.1.2	Συμπιεστής Μεταβλητής Ταχύτητας	92
6.1.3	Συμπιεστής Δύο Ταχυτήτων	93
6.2	Γραμμή Έγχυσης αερίου σε εφαρμογή μηχανικής υπόψυξης (Εφαρμογή μόνο σε κύκλωμα ψύξης Supermarket)	94
6.3	Ανεμιστήρες.....	94
6.3.1	Κινητήρες ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης ECM	97
6.3.2	Έλεγχος ανεμιστήρων εξατμιστή EFC	98
6.4	Πτερωτές ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης	99
6.5	Αντι-θαμβωτικά Συστήματα.....	100
6.5.1	Συστήματα Ελέγχου Αντι-θαμβωτικών Αντιστάσεων (Anti-Sweat Heat controls)	100
6.5.2	Αντιθαμβωτικό Σύστημα Θερμού Αερίου (Hot Gas Anti-Sweat).....	101
6.6	Συστήματα Ελέγχου	102
6.6.1	Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS)	102

6.6.2	Συστήματα Ελέγχου Υψηλής Πίεσης (μόνο σε walk-ins)	103
6.7	Κατανομή ψύξης (μόνο σε Supermarket)	104
6.8	Αισθητήρας Μίμησης Θερμοκρασίας Προϊόντων	105
6.9	Μηχανική ή Περιβαλλοντική Υπόψυξη (εφαρμογή σε walk-ins)	107
6.10	Απόψυξη	108
6.10.1	Έξυπνα Συστήματα Απόψυξης	108
6.11	Φώτα	109
6.11.1	Λαμπτήρες Υψηλής απόδοσης	110
6.11.2	LED	110
6.11.3	Αισθητήρας Κίνησης Ελέγχου Λειτουργίας Φώτων	111
6.12	Σύστημα εκτόνωσης	112
6.12.1	Τριχοειδής Σωλήνας	112
6.12.2	Βαλβίδες υψηλής απόδοσης (Εφαρμογή σε Supermarket)	112
6.12.2.1	Θερμοστατικές Βαλβίδες Εκτόνωσης (TXVs)	112
6.12.2.2	Ηλεκτρονικές Βαλβίδες Εκτόνωσης (EEVs)	113
6.13	Εναλλάκτες.....	113
6.13.1	Σχεδιασμός εξατμιστή και συμπυκνωτή.....	113
6.13.2	Ενίσχυση απόδοσης εναλλακτών με χρήση κινητήρων VFD -ECM	115
6.14	Μείωση θερμικού κύκλου εξατμιστή (εφαρμογή σε μηχανές παραγωγής πάγου)	115
6.15	Απόρριψη θερμότητας στον εξωτερικό χώρο (μόνο για καταψύκτες Walk-In)	116
6.16	Πόρτες.....	117
6.16.1	Τζάμι Χαμηλής Εκπομπής και αγωγιμότητας	117
6.16.2	«Παρέμβυσμα» Πόρτας.....	118
6.16.3	Αυτόματο κλείσιμο Πόρτας	118
6.17	Κουρτίνες	118
6.17.1	Αλουμινίου	119
6.17.2	Πλαστικές Διάφανες Κουρτίνες	119
6.18	Μόνωση.....	120
6.19	Τρόποι έμμεσης εξοικονόμησης ενέργειας.....	120
6.19.1	Σύστημα Αφύγρανσης	120
6.19.2	Συστήματα ανάκτησης θερμότητας	121
6.20	Απλές Συμβουλές Αποδοτικότερης Λειτουργίας Ψυγείων.....	121
6.21	Συστήματα ψύξης με αέριο.....	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ		124
7.1	Ψυκτικού συστήματος Supermarket	124
7.1.1	Display-Cases	124
7.1.2	Compressor racks	130
7.1.3	Συμπυκνωτές	132
7.1.4	Σύστημα ελέγχου Supermarket	132

7.1.5	Walk-Ins των Supermarket	134
7.1.6	Μέγιστη εξοικονόμηση με συνδυασμό τεχνολογιών σε Supermarket	134
7.1.7	Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης στα Supermarket	137
7.2	Αυτόνομα Walk-In ψυγεία και καταψύκτες.....	138
7.2.1	Walk – In ψυγεία	138
7.2.2	Walk – In καταψύκτες.....	141
7.2.3	Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Walk – ins	143
7.3	Εξοπλισμός ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης	145
7.3.1	Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στους εξοπλισμούς ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης.....	147
7.4	Reach-Ins.....	147
7.4.1	Reach-in ψυγείο	147
7.4.2	Reach-in καταψύκτης	150
7.4.3	Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Reach-ins	152
7.5	Beverage Merchandisers.....	152
7.5.1	Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Beverage Merchandisers	155
7.6	Μηχανές παραγωγής πάγου	155
7.6.1	Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των μηχανών παραγωγής πάγου	158
7.7	Αυτόματοι πωλητές	158
7.7.1	Αυτόματοι πωλητές, πλήρους ψύξης	158
7.7.2	Αυτόματοι πωλητές, ζώνης ψύξης	161
7.7.3	Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των αυτόματων πωλητών	163
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....		164
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		167

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Εύρος θερμοκρασιών εξατμιστή με βάση την εφαρμογή	33
Πίνακας 2: Κατανάλωση ενέργειας "Supermarket"	39
Πίνακας 3: Ανάλυση θερμικού φορτίου "Display - Case" Supermarket (Btu/hr).....	40
Πίνακας 4: Κατανάλωση ενέργειας τυπικών "Display - Cases" Supermarket	40
Πίνακας 5: Κατανάλωση ενέργειας συμπιεστών "Supermarket"*.....	41
Πίνακας 6: Κατανάλωση ενέργειας συμπυκνωτή "Supermarket"	42
Πίνακας 7: Κατανάλωση ενέργειας Walk-In ψυγείων σε "Supermarket".....	43
Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά τυπικού ψυγείου και καταψύκτη Walk-In	50
Πίνακας 9: Φορτίο ψύξης τυπικού Walk-In (Btu/hr).....	51
Πίνακας 10: Τυπικοί εναλλάκτες θερμότητας τυπικού Walk-In.....	52
Πίνακας 11: Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας "τυπικού ψυγείου Walk-In" προώθησης προϊόντων	52
Πίνακας 12: Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας "τυπικού καταψύκτη Walk-In", αποκλειστικά αποθήκευσης	53
Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά, τυπικών τραπεζών προετοιμασίας	55
Πίνακας 14: Περιγραφή συμπιεστή και τυπικές θερμοκρασίες "τυπικής τράπεζας προετοιμασίας".....	57
Πίνακας 15: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικής τράπεζας προετοιμασίας".....	57
Πίνακας 16: Περιγραφή τυπικής καμπίνας Reach-in καταψύκτη	59
Πίνακας 17: Περιγραφή τυπικής καμπίνας Reach-in ψυγείου	61
Πίνακας 18: Περιγραφή συμπιεστή και θερμοκρασιών λειτουργίας "τυπικού Reach-in καταψύκτη"	62
Πίνακας 19: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Reach-in καταψύκτη"	63
Πίνακας 20: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικού Reach-in καταψύκτη"	63
Πίνακας 21: Περιγραφή συμπιεστή και θερμοκρασιών λειτουργίας "τυπικού Reach-in ψυγείου"	64
Πίνακας 22: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Reach-In ψυγείου"	64
Πίνακας 23: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικού Reach-in" ψυγείου.....	65
Πίνακας 24: Φυσικά χαρακτηριστικά "τυπικού Beverage Merchandiser".....	68
Πίνακας 25: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικής καμπίνας Beverage Merchandiser"	69
Πίνακας 26: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Beverage Merchandiser"	70
Πίνακας 27: Τυπικοί εξοπλισμοί μηχανών παραγωγής πάγου (ice-machines).....	71

Πίνακας 28: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τυπικών μονάδων παραγωγής πάγου, κατά κατηγορία.....	76
Πίνακας 29: Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά εξάρτημα "τυπικής μονάδας παραγωγής πάγου"*.....	80
Πίνακας 30: Φυσικά χαρακτηριστικά καμπίνας "τυπικού αυτόματου πωλητή Πλήρους - ψύξης".....	83
Πίνακας 31: Φυσικά χαρακτηριστικά "τυπικού αυτόματου πωλητή Ζώνης - ψύξης".....	85
Πίνακας 32: Χαρακτηριστικά συμπίεστη και θερμοκρασίες "τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους & Ζώνης - ψύξης".....	85
Πίνακας 33: Ανάλυση ψυκτικού φορτίου "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks)*.....	86
Πίνακας 34: Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks), Πλήρους ψύξης".....	86
Πίνακας 35: Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks) Ζώνης - ψύξης".....	87
Πίνακας 36: Τεχνολογίες ενεργειακής αναβάθμισης επαγγελματικής ψύξης ανά κατηγορία εξοπλισμού.....	89
Πίνακας 37: Τυπικές αποδόσεις κινητήρων ανεμιστήρων.....	97
Πίνακας 38: Ενεργειακή ανάλυση ανοιχτού τύπου Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket.....	124
Πίνακας 39: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Χαμηλής θερμοκρασίας, Supermarket.....	126
Πίνακας 40: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket.....	128
Πίνακας 41: Ενεργειακή ανάλυση συμπίεστων μηχανοστασίου "Compressor Racks", Supermarket.....	130
Πίνακας 42: Ενεργειακή ανάλυση συμπυκνωτών, Supermarket.....	132
Πίνακας 43: Ενεργειακή ανάλυση συστήματος ελέγχου Supermarket.....	132
Πίνακας 44: Συνδυασμός τεχνολογιών μέγιστης εξοικονόμησης Supermarket.....	135
Πίνακας 45: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-In ψυγείων.....	139
Πίνακας 46: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in καταψυκτών.....	141
Πίνακας 47: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης.....	145
Πίνακας 48: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων.....	148
Πίνακας 49: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών.....	150
Πίνακας 50: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks" (Beverage Merchandisers).....	153
Πίνακας 51: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγου "ice machines".....	156
Πίνακας 52: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-ψύξης....	159
Πίνακας 53: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης - Ψύξης.....	161

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Τυπικό ψυκτικό κύκλωμα.....	19
Σχήμα 2: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας.....	20
Σχήμα 3: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εμπορικών κτηρίων.....	21
Σχήμα 4: Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας επαγγελματικής ψύξης βάση εξοπλισμού	23
Σχήμα 5: Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τυπικού Supermarket	23
Σχήμα 6: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας συστήματος ψύξης, τυπικού Supermarket.....	24
Σχήμα 7: Ενδεικτικό δυναμικό ετήσιας εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας εξοπλισμών επαγγελματικής ψύξης, βάση των διαθέσιμων τεχνολογιών	26
Σχήμα 8: Τυπική διάταξη Supermarket	32
Σχήμα 9: Ψυκτικός κύκλος Supermarket	33
Σχήμα 10: Κατακόρυφη ανοιχτού τύπου πολυ-επίπεδη καμπίνα γαλακτοκομικών	34
Σχήμα 11: Κατακόρυφη κλειστή με γυάλινη πόρτα πολύ-επίπεδη καμπίνα, κατεψυγμένων προϊόντων	35
Σχήμα 12: Ημι-κατακόρυφη ανοιχτού τύπου πολυ-επίπεδη καμπίνα κρεάτων.....	35
Σχήμα 13: Καμπίνα "open island" κατεψυγμένων προϊόντων.....	36
Σχήμα 14: Δίκτυο συμπιεστών Supermarket (Compressor Rack)	37
Σχήμα 15: Walk-in ψυγείο εμπορίας	45
Σχήμα 16: Walk-in καταψύκτης αποκλειστικά αποθήκευσης.....	45
Σχήμα 17: Αυτόνομο Walk-in με επίτοιχη μονάδα συμπύκνωσης (τυπικό σε εστιατόρια)	46
Σχήμα 18: Αυτόνομο Walk-in με τη μονάδα συμπύκνωσης στην οροφή (τυπικό σε εστιατόρια).....	46
Σχήμα 19: Αυτόνομο Walk-In ψυγείο εμπορίας προϊόντων (τυπικό σε παντοπωλεία)..	47
Σχήμα 20: Τυπική μονάδα συμπύκνωσης	47
Σχήμα 21: Τυπική μονάδα ψύξης	48
Σχήμα 22: Απεικόνιση Walk - in διαιρούμενου τύπου	48
Σχήμα 23: Τράπεζα μπουφέ	54
Σχήμα 24: Τράπεζα εργασίας	54
Σχήμα 25: Τράπεζα προετοιμασίας.....	54
Σχήμα 26: Διάγραμμα κατανάλωσης ενέργειας vs χωρητικότητα, ψυγείων παροχής υπηρεσιών εστίασης.....	56
Σχήμα 27: Καταψύκτης Reach-in "συμπαγούς πόρτας"	59
Σχήμα 28: Reach I in 2-πορτο με "συμπαγείς πόρτες"	59
Σχήμα 29: I-πορτο με τζάμι	60
Σχήμα 30: Reach-in 3-πορτο με "συμπαγείς πόρτες".....	60

Σχήμα 31: 2-πορτος ψυγειοκαταψύκτης <i>Reach-in</i> "με συμπαγείς πόρτες"	62
Σχήμα 32: <i>Beverage Merchandiser</i> ανοιχτού τύπου	66
Σχήμα 33: <i>Beverage Merchandiser</i> 1-πορτο με τζάμι	66
Σχήμα 34: Κατανομή εξοπλισμού <i>Beverage Merchandisers</i> με βάση τις πόρτες.....	66
Σχήμα 35: Τυπικό <i>Beverage Merchandiser</i>	67
Σχήμα 36: Τύποι Μηχανών παραγωγής πάγου	71
Σχήμα 37: Είδη παραγόμενου πάγου, κύβος, νιφάδα, ψήγμα.....	71
Σχήμα 38: Κατανάλωση ενέργειας vs Ρυθμός παραγωγής,.....	77
Σχήμα 39: Κατανάλωση νερού vs Ρυθμός παραγωγής, <i>ice-machines</i>	78
Σχήμα 40: Κατανάλωση νερού υδρόψυκτου συμπυκνωτή vs Ρυθμός παραγωγής, <i>ice-machines</i>	79
Σχήμα 41: Κατανάλωση ενέργειας κύκλου ψύξης, <i>ice-machines</i>	80
Σχήμα 42: Ψυγείο - Αυτόματος πωλητής (Πλήρους ψύξης)	83
Σχήμα 43: Ψυγείο - Αυτόματος πωλητής (ψύξης ζώνης)	84
Σχήμα 44: Γραμμή έγχυσης αερίου σε μηχανική υπόψυξη (εφαρμογή σε <i>Supermarket</i>)	94
Σχήμα 45: Υδρόψυκτο σύστημα κατανομής ψύξης (εφαρμογή σε <i>Supermarket</i>)	105
Σχήμα 46: Ενεργειακή ανάλυση ανοιχτού τύπου <i>Display-Cases</i> Μέσης Θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	125
Σχήμα 47: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι <i>Display-Cases</i> Χαμηλής θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	127
Σχήμα 48: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι <i>Display-Cases</i> Μέσης θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	129
Σχήμα 49: Ενεργειακή ανάλυση συμπιεστών μηχανοστασίου " <i>Compressor Racks</i> ", <i>Supermarket</i> , a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	131
Σχήμα 50: Ενεργειακή ανάλυση συμπυκνωτών, συμπιεστών και <i>Case controls</i> - <i>EEVs</i> <i>Supermarket</i> , a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	133
Σχήμα 51: Ενεργειακή ανάλυση συνδυασμού τεχνολογιών μέγιστης εξοικονόμησης <i>Supermarket</i> , a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	136
Σχήμα 52: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων <i>Walk-In</i> ψυγείων, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	140
Σχήμα 53: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων <i>Walk-in</i> καταψυκτών, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	142
Σχήμα 54: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	146

Σχήμα 55: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	149
Σχήμα 56: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	151
Σχήμα 57: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks" (Beverage Merchandisers), a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %.....	154
Σχήμα 58: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγου "ice machines", a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	157
Σχήμα 59: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-Ψύξης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	160
Σχήμα 60: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης - Ψύξης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %	162

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΝ

<i>Εξίσωση 1: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Συμπιεστή Υψηλής Απόδοσης, HEC ..</i>	<i>92</i>
<i>Εξίσωση 2: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Συμπυκνωτή ECM</i>	<i>96</i>
<i>Εξίσωση 3: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Συμπυκνωτή PSC.....</i>	<i>96</i>
<i>Εξίσωση 4: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Εξατμιστή ECM.....</i>	<i>96</i>
<i>Εξίσωση 5: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας, Συστήματος Ελέγχου Ανεμιστήρα Εξατμιστή EFC.....</i>	<i>99</i>
<i>Εξίσωση 6: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Πτερωτής Ανεμιστήρα Υψηλής Απόδοσης.....</i>	<i>100</i>
<i>Εξίσωση 7: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Ελέγχου Αντι-θαμβωτικών Αντιστάσεων ASHC</i>	<i>101</i>
<i>Εξίσωση 8: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Αντι-θαμβωτικών Συστημάτων Θερμού Αερίου HGAS.....</i>	<i>101</i>
<i>Εξίσωση 9: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας EMS.....</i>	<i>103</i>
<i>Εξίσωση 10: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Ελέγχου Υψηλής πίεσης FHP (εφαρμογή σε Walk-ins).....</i>	<i>104</i>
<i>Εξίσωση 11: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Περιβαλλοντικής Υπόψυξης ASC (εφαρμογή σε Walk-ins)</i>	<i>108</i>
<i>Εξίσωση 12: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Απόψυξης Θερμού Αερίου HGD....</i>	<i>109</i>
<i>Εξίσωση 13: Εξοικονόμηση ενέργειας Λαμπτήρων Φθορισμού Υψηλής Απόδοσης HEF</i>	<i>111</i>
<i>Εξίσωση 14: Εξοικονόμηση ενέργειας Δίοδων Εκπομπής Φωτός LED.....</i>	<i>111</i>
<i>Εξίσωση 15: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Μείωσης θερμικών κύκλων εξατμιστή (εφαρμογή σε ice-machines).....</i>	<i>116</i>
<i>Εξίσωση 16: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Απόρριψης Θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον, αυτόνομων Walk-in.....</i>	<i>116</i>
<i>Εξίσωση 17: Εξίσωση εξοικονόμησης ενέργειας Πάχους Μόνωσης.....</i>	<i>120</i>

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ενεργειακό πρόβλημα είναι σήμερα ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα της παγκόσμιας κοινότητας. Η ενέργεια είναι ένα αγαθό που εξυπηρετεί κοινωνικές και αναπτυξιακές ανάγκες, παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενώ οι επιπτώσεις από τη χρήση της στο περιβάλλον είναι καθοριστικές. Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις, τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και λιθάνθρακα επαρκούν για την κάλυψη αναγκών περίπου 40, 70 και 200 ετών αντιστοίχως. Τόσο οι επιπτώσεις της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και της εξάντλησης των φυσικών πόρων, όσο και η πολυπλοκότητα των ζητημάτων που συνδέονται με το περιβάλλον και την ανάπτυξη, δεν είναι νέα θέματα.

Σήμερα μάλιστα, η προστασία του περιβάλλοντος και η βιώσιμη ανάπτυξη (ανάπτυξη που πραγματοποιείται με την παράλληλη και ισότιμη προώθηση της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος) αποτελούν πλέον διαπιστωμένες αναγκαιότητες και προτεραιότητες της διεθνούς κοινότητας. Υπό το βάρος και της οικονομικής κρίσης αναζητούνται διεθνώς πολιτικές αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και μετακίνησης από την «εποχή του άνθρακα» σε μια σύγχρονη ενεργειακή επανάσταση. Σε παγκόσμια κλίμακα, η εξέλιξη της τεχνολογίας, που σχετίζεται με τις ενεργειακές επιλογές, η χρηματοδότηση στον τομέα της ενέργειας και τις αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, αποτελούν τα σημαντικότερα σημεία, που καθορίζουν της ενεργειακές εξελίξεις.

Η εργασία αυτή γίνεται στα πλαίσια της μελέτης της κατανάλωσης του εξοπλισμού επαγγελματικής ψύξης και αξιολογεί τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας διαφόρων τεχνολογιών και μέτρων ενεργειακής απόδοσης που μπορούν να εφαρμοστούν στις εν λόγω συσκευές. Οι συσκευές και τα συστήματα που περιλαμβάνονται στην παρούσα ανάλυση, αποτελούν όλες τις βασικές κατηγορίες επαγγελματικού εξοπλισμού ψύξης.

Καθότι τα ψυγεία σήμερα, καταναλώνουν ήδη ένα σημαντικό ποσό ενέργειας, τα μη αποδοτικά ψυγεία αυξάνουν δραματικά το κόστος λειτουργίας τους. Με ανάλυση και αξιολόγηση, είναι δυνατή η ρύθμιση και τροποποίησή τους, προκειμένου να αναβαθμιστούν ενεργειακά, να εξασφαλισθεί η αξιοπιστία τους και να βελτιωθεί παράλληλα η απόδοσή τους. Η ενεργειακή αναβάθμισή τους μειώνει, τόσο το κόστος λειτουργίας τους άμεσα, λόγω μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, όσο και έμμεσα, λόγω της μικρότερης καταπόνησης των επιμέρους μηχανισμών τους, γεγονός που συνεπάγεται την αύξηση της διάρκειας ζωής τους και τη μείωση των εξόδων συντήρησης. Η αναβάθμισή τους, παράλληλα συνδράμει στην καλύτερη διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών στο εσωτερικό ενός ψυγείου, καθώς και στη βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντος χώρου στον οποίο βρίσκεται, λόγω μείωσης του θορύβου.

Ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνουν τα ψυγεία και οι καταψύκτες, μπορεί επομένως σήμερα να εξοικονομηθεί, με μετατροπές είτε στα νέα ψυγεία είτε

στα ήδη υπάρχοντα. Τόσο η τροποποίηση των επιμέρους τμημάτων της κατασκευής του ψυγείου, όσο και η τροποποίηση των ηλεκτρικών εξαρτημάτων του, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση σύγχρονων συσκευών μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης, μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά προς την κατεύθυνση αυτή. Η εξοικονόμηση ενέργειας και ο χρόνος απόσβεσης της αναβάθμισης των ψυγείων είναι καθοριστικοί παράγοντες για την πραγμάτωση ή μη αυτής. Τα ψυγεία και οι καταψύκτες είναι από τις πιο διαδεδομένες ηλεκτρικές συσκευές παγκοσμίως, καθώς καλύπτουν μία από τις βασικές ανάγκες, που είναι η αποθήκευση και η ψύξη των τροφών, με στόχο την αύξηση της διάρκειας ζωής τους, ενώ συμβάλουν και στη διατήρηση τροφίμων-προϊόντων στην επιθυμητή θερμοκρασία προς άμεση κατανάλωση. Η αναγκαιότητα της χρήσης τους οδήγησε στην ραγδαία εξάπλωσή τους κυρίως στο βιομηχανοποιημένο αλλά και σε όλο τον σύγχρονο κόσμο [1,2,3].

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των ηλεκτρικών μεγεθών – κατανάλωσης ενέργειας. Οι μετρήσεις των ψυγείων, έγιναν μέσα σε ειδικά διαμορφωμένους θαλάμους, με δυνατότητα διατήρησης με μεγάλη ακρίβεια, σταθερών συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας, εξασφαλίζοντας τη λήψη αξιόπιστων μετρήσεων. Τα ψυγεία τοποθετούνταν σε συγκεκριμένη απόσταση από το τοίχωμα του θαλάμου, με βάση της οδηγίες του κατασκευαστή και σε συγκεκριμένη θέση στο θάλαμο. Για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας μέσα στο θάλαμο χρησιμοποιήθηκαν τρία θερμοστοιχεία και ένα υγρασιόμετρο σε καθορισμένες θέσεις μέσα στο θάλαμο βάση προδιαγραφών. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν μέσω του ηλεκτρονικού πολύμετρου ενώ οι συνθήκες στο θάλαμο καθορίζονταν από αξιόπιστο σύστημα αυτοματισμού. Αξίζει να σημειώσουμε ότι το σύστημα παρείχε δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και χειρισμού, δίνοντας τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης στο σύστημα όταν αυτό καθίστατο αναγκαίο.

Η εργασία αυτή τεκμηριώνει την κατανάλωση ενέργειας των διατάξεων επαγγελματικού εξοπλισμού ψύξης και αξιολογεί τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας των διαφόρων τεχνολογιών και μέτρων ενεργειακής απόδοσης που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στις εν λόγω συσκευές. Ο εξοπλισμός και τα συστήματα που εξετάζονται στην παρούσα ανάλυση περιλαμβάνει όλες τις μεγάλες κατηγορίες εμπορικού εξοπλισμού ψύξης, και συγκεκριμένα :

- Σύστημα ψύξης Supermarket
- Αυτόνομα ψυγεία παροχής υπηρεσιών εστίασης (τράπεζες προετοιμασίες, μπουφέ, κ.α.)
- Αυτόνομα ψυγεία “soft drinks” (αναψυκτικά-χυμοί-μπύρες)
- Αυτόνομα ψυγεία και καταψύκτες Reach-in
- Αυτόνομες μηχανές παραγωγής πάγου
- Walk-in ψυγεία και καταψύκτες με ειδικά συστήματα ψύξης (π.χ. αυτά που δεν ψύχονται από τα συστήματα ψύξης των supermarket)

Η μεταπτυχιακή εργασία αυτή δεν περιλαμβάνει τα είδη εξοπλισμού που δεν καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας σε εθνικό επίπεδο, όπως είναι οι ψύκτες πόσιμου νερού και τα αυτόνομα ψυγεία εμπορίας πέραν τον «αναψυκτικών» (όπως πακεταρισμένου πάγου και παγωτών). Περαιτέρω, ενώ μπορεί να

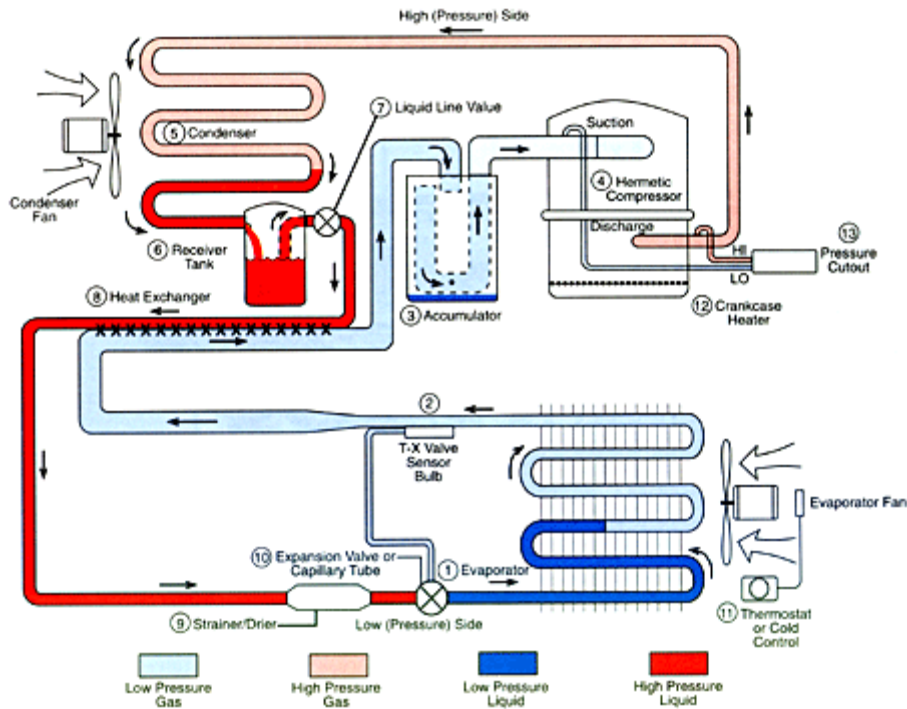
καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας, τα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται σε αποθήκες διανομής τροφίμων, θεωρούνται συστήματα βιομηχανικής ψύξης και ως εκ τούτου, ήταν πέραν του πεδίου της παρούσας μελέτης [4].

Αναλυτικά, στη συνέχεια της παρούσας εργασίας, το κεφάλαιο δύο, αναφέρεται στην κατανομή της κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας και στην περαιτέρω κατανομή αυτής με γνώμονα την κατανάλωση ενέργειας ψύξης. Το κεφάλαιο 3 περιγράφει την πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε. Το κεφάλαιο 4 περιγράφει το κύκλωμα και τον εξοπλισμό τους συστήματος ψύξης ενός Supermarket, ενώ το κεφάλαιο 5 περιγράφει τα αυτόνομα συστήματα επαγγελματικής ψύξης. Το κεφάλαιο 6 περιγράφει τους τρόπους ενεργειακής αναβάθμισης και το κεφάλαιο 7 περιλαμβάνει την ενεργειακή ανάλυση όλων των παραπάνω διατάξεων ψύξης σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας. Το κεφάλαιο 8 αναφέρει τα γενικά συμπεράσματα της εργασίας αυτής και στο τέλος της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας παρατίθεται η βιβλιογραφία.

2 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΨΥΞΗΣ

2.1 Περιγραφή ψυκτικού κυκλώματος

Η αρχή λειτουργίας όλων των ψυγείων και καταψυκτών είναι η ίδια. Η ψύξη επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία του ψυκτικού στο κλειστό ψυκτικό κύκλωμα, την εξάτμιση, τη συμπίεση και τη συμπύκνωση αυτού. Η εξάτμιση λαμβάνει χώρα σε χαμηλή θερμοκρασία και χαμηλή πίεση, ενώ η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα σε υψηλή θερμοκρασία και υψηλή πίεση. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η μεταφορά θερμότητας από ένα χώρο χαμηλής θερμοκρασίας, όπως είναι η καμπίνα του ψυγείου, σε ένα χώρο υψηλής θερμοκρασίας, όπως είναι το εξωτερικό περιβάλλον του ψυγείου. Στο σχήμα 1 που ακολουθεί, απεικονίζεται η σύνθεση ενός τυπικού κυκλώματος ψύξης. Θα περιγράψουμε τον ψυκτικό κύκλο ξεκινώντας από την είσοδο στον εξατμιστή (1), όπου το χαμηλής πίεσης ψυκτικό υγρό εκτονώνεται, απορροφά θερμότητα και μετατρέπεται σε χαμηλής πίεσης αέριο στην έξοδο του εξατμιστή (2). Ο συμπιεστής (4) αντλεί το αέριο αυτό από τον εξατμιστή, μέσω του συσσωρευτή (3), αυξάνει την πίεσή του και τροφοδοτεί το υψηλής πίεσης αέριο πλέον στο συμπυκνωτή (5). Ο συσσωρευτής είναι σχεδιασμένος για να προστατεύει το συμπιεστή, συγκρατώντας και μη επιτρέποντας σε σταγόνες υγρού ψυκτικού, που δεν πρόλαβαν να εξατμιστούν στον εξατμιστή, να εισέλθουν απευθείας στο συμπιεστή. Ένας συσσωρευτής πρέπει να βρίσκεται σε όλα τα συστήματα που οι συνθήκες φορτίου ή οι κύκλοι συμπίεσης μεταβάλλονται. Στο συμπυκνωτή, αποβάλλεται θερμότητα από το αέριο, το οποίο συμπυκνώνεται και μετατρέπεται σε υγρό υψηλής πίεσης. Σε ορισμένα συστήματα, το υγρό υψηλής πίεσης, διοχετεύεται από το συμπυκνωτή σε ένα συλλέκτη υγρού (6). Σε άλλα συστήματα, τόσο ο συλλέκτης υγρού, όσο και η βαλβίδα της γραμμής υγρού (7) παραλείπονται. Ο εναλλάκτης θερμότητας (8) ανάμεσα στη γραμμή αναρρόφησης του συμπιεστή και τη γραμμή υγρού ψυκτικού, είναι επίσης πιθανός στοχεύοντας στη βελτίωση της απόδοσης του ψυκτικού κυκλώματος.



Σχήμα 1: Τυπικό ψυκτικό κύκλωμα

Ανάμεσα στο συμπυκνωτή και τον εξατμιστή, παρεμβάλλεται μία βαλβίδα εκτόνωσης (10) ή αντί αυτού ένας τριχοειδής σωλήνας. Αμέσως πριν από αυτή βρίσκεται ένας ξηραντής (9), ο οποίος συγκρατεί την υγρασία και οποιαδήποτε ακαθαρσία ίσως υπάρχει στο κύκλωμα, αποτρέποντας ενδεχόμενο βούλωμα της βαλβίδας ή του τριχοειδούς και προστατεύοντας παράλληλα το κύκλωμα από ενδεχόμενη φθορά. Η ροή του ψυκτικού υγρού, ελέγχεται από τη διαφορά πίεσης κατά μήκος της βαλβίδας εκτόνωσης ή στην περίπτωση της βαλβίδας θερμικής διαστολής, από τη θερμοκρασία του υπέρθερμου αερίου (SH, Super heat). Η ροή του ψυκτικού στον εξατμιστή σε κάθε περίπτωση, υπό φυσιολογικές συνθήκες, αυξάνεται καθώς το φορτίο στον εξατμιστή αυξάνεται.

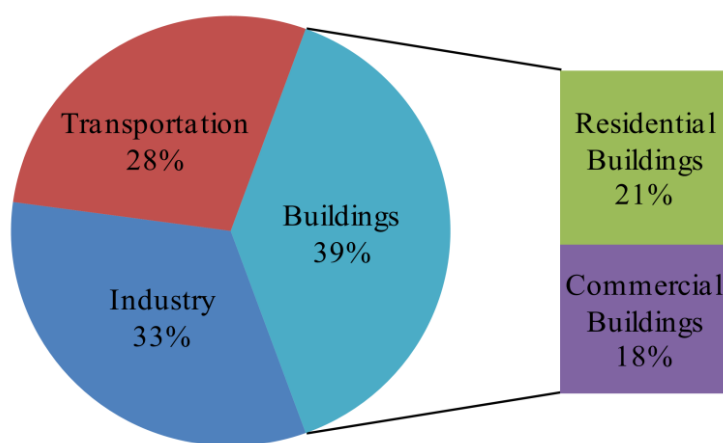
Καθώς το υψηλής πίεσης ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή, πέφτει σε πολύ χαμηλότερη πίεση λόγω της αναρρόφησης του συμπιεστή και λόγω της πτώσης πίεσης κατά μήκος της συσκευής εκτόνωσης. Με αυτόν τον τρόπο, το ψυκτικό υγρό εκτονώνεται και εξατμίζεται. Το υγρό ψυκτικό απορροφά θερμότητα από τον αέρα που περνά γύρω από τον εξατμιστή και εξατμίζεται. Τελικά, η επιθυμητή θερμοκρασία αέρα επιτυγχάνεται και ο θερμοστάτης (11), ανοίγει το ηλεκτρικό κύκλωμα του συμπιεστή, σταματώντας τη λειτουργία του. Στη συνέχεια, καθώς η θερμοκρασία του αέρα στον εξατμιστή αυξάνεται, ο θερμοστάτης κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα του συμπιεστή, θέτοντάς τον πάλι σε λειτουργία. Να συμπληρώσουμε, ότι εκτός από το συσσωρευτή, σε πολλά συστήματα περιλαμβάνεται και μία αντίσταση (12) στο θάλαμο του συμπιεστή η οποία αποτρέπει τη συσσώρευση ψυκτικού στο θάλαμο του συμπιεστή κατά τη διάρκεια μη

λειτουργίας του, μη επιτρέποντας την ύπαρξη σταγόνων ψυκτικού ή τη συσσώρευση λαδιού λιπάνσεως.

Επιπλέον προστασία παρέχεται στο συμπιεστή και στο κύκλωμα από το σύστημα ελέγχου υψηλής και χαμηλής πίεσης (13). Το σύστημα αυτό είναι ρυθμισμένο ώστε να σταματά το συμπιεστή σε περίπτωση που η πίεση του κυκλώματος ανέβει πάνω ή πέσει κάτω από τα επιτρεπτά όρια λειτουργίας. Άλλα συστήματα που δεν περιλαμβάνονται στο βασικό κύκλωμα και μπορεί να είναι μέρος του συστήματος είναι: ρυθμιστές πίεσης στον εξαμιστή, ηλεκτρικές σωληνοειδείς βαλβίδες, ρυθμιστές πίεσης στη γραμμή αναρρόφησης, ρυθμιστές πίεσης στο συμπυκνωτή, ελεγκτές ψυκτικού είτε στη κύκλωμα χαμηλής πίεσης (low side) ή κύκλωμα υψηλής πίεσης (high side), διαχωριστές λαδιού κ.α. Επειδή όλα τα συστήματα δεν είναι ίδια, είναι εξαιρετικά σημαντικό να αναλυθεί κάθε σύστημα ξεχωριστά και να κατανοηθεί η προβλεπόμενη λειτουργία κάθε μέρους του ψυκτικού κυκλώματος, προτού επιχειρήσει κάποιος, να προσδιορίσει την αιτία κάποιας δυσλειτουργίας ή βλάβης στο σύστημα [1,2,6].

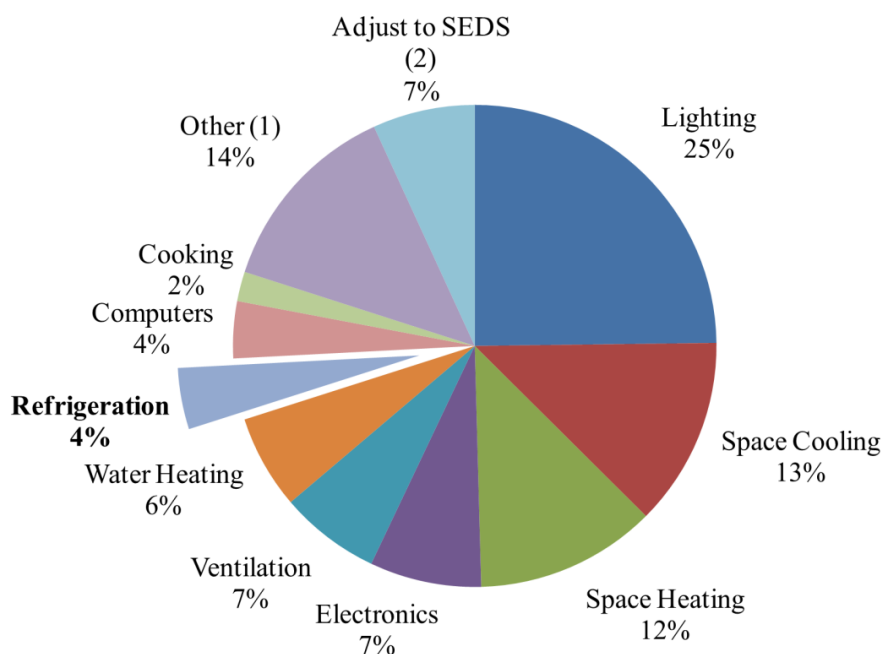
2.2 Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας

Τα εμπορικά κτήρια, καταναλώνουν περίπου το 18% της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας όπως φαίνεται στο σχήμα 2, ενώ στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η κατανομή της ετήσιας κατανάλωσης των εμπορικών κτηρίων. Η εμπορική ψύξη καταλαμβάνει το 4% της συνολικής ετήσιας πρωτογενούς κατανάλωσης, ακολουθώντας τις καταναλώσεις φωτισμού, ψύξης-θέρμανσης χώρων, των ηλεκτρονικών συσκευών, του εξαερισμού και της θέρμανσης του νερού χρήσης. Ωστόσο υπάρχουν και παλιότερες εκτιμήσεις που προτείνουν το ποσοστό της επαγγελματικής ψύξης σε επίπεδο πάνω από 6% της πρωτογενούς ενέργειας χρήσης, γεγονός που δημιουργεί μια ασάφεια στον επακριβή προσδιορισμό του ποσοστού αυτού [5].



Σχήμα 2: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας

Source: DOE 2008a



Σχήμα 3: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας εμπορικών κτηρίων

Source: DOE 2008a

(1) Περιλαμβάνει εξοπλισμό εξυπηρέτησης, ATM, τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό, ιατρικό εξοπλισμό, αντλίες, ηλεκτρικές γεννήτριες έκτακτης ανάγκης, συνδυασμένη παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας σε εμπορικά κτίρια, και κατασκευές που έχουν επιτελεσθεί σε εμπορικά κτίρια.

(2) Αντιπροσωπεύει την ενέργεια που αποδίδεται στον τομέα των εμπορικών κτιρίων, αλλά όχι απευθείας σε συγκεκριμένες τελικές χρήσεις και χρησιμοποιείται για την ανακούφιση των διαφορών μεταξύ των πηγών των δεδομένων.

2.3 Εξοπλισμός εμπορικής ψύξης

Ενώ ο τομέας της εμπορικής ψύξης, περιλαμβάνει όλους τους τύπους εξοπλισμού ψύξης που χρησιμοποιούνται στα εμπορικά κτήρια, το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού αυτού, σχετίζεται με τη συντήρηση τροφίμων. Η συντήρηση των τροφίμων έχει καταστεί απαραίτητη για την ευημερία μας, καθώς μας δίνει 24ωρη πρόσβαση όλο το χρόνο σε μια ποικιλία από φρέσκα τρόφιμα και «ποτά». Η συντήρηση των τροφίμων είναι απαραίτητη, τόσο για τις πωλήσεις των τροφίμων, (κυρίως σε supermarket και καταστήματα ψιλικών) όσο και για την παροχή υπηρεσιών εστίασης (κυρίως σε εστιατόρια και καφετέριες). Οι αυτόματοι πωλητές αναψυκτικών και τροφίμων έχουν επίσης εξελιχθεί σε μια σημαντική εφαρμογή της εμπορικής ψύξης, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται ευρέως, οι μηχανές παραγωγής πάγου και οι ψύκτες πόσιμου νερού.

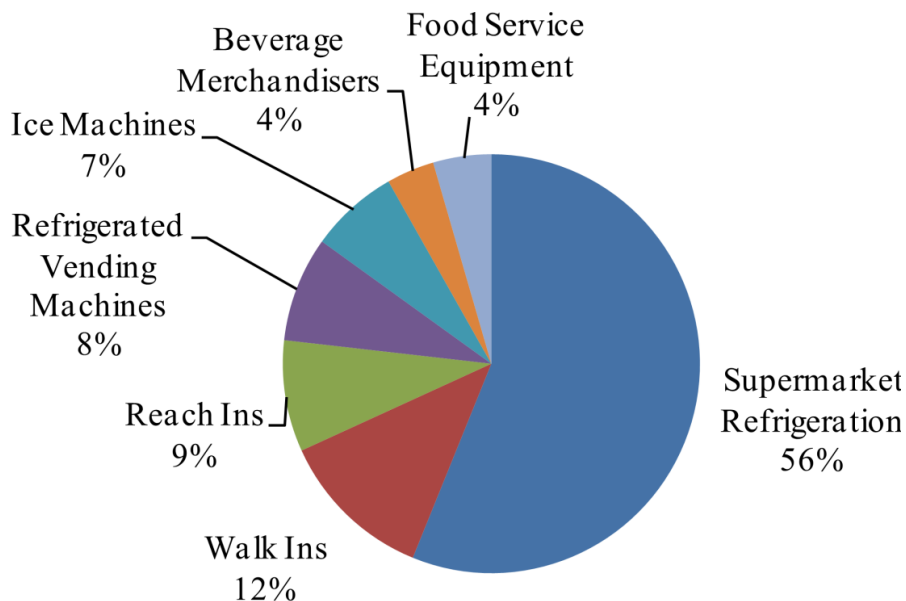
Ένας πλήθος διαφορετικού τύπου εξοπλισμών, χρησιμοποιείται στις διάφορες εφαρμογές τις εμπορικής ψύξης, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό του εξοπλισμού. Για την κατανόηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας με τη χρήση αποδοτικότερων τεχνολογιών στον εξοπλισμό εμπορικής χρήσης, θα αξιολογήσουμε τους πιο σημαντικούς τύπους εξοπλισμού εμπορικής ψύξης.

Παρακάτω παραθέτονται οι επτά αντιπροσωπευτικοί τύποι εμπορικού εξοπλισμού ψύξης:

- Ψυκτικά συστήματα των “Supermarket” (περιλαμβάνουν display cases, compressor racks, συμπυκνωτές και walk – in ψυγεία και καταψύκτες)
- Walk – in ψυγεία και καταψύκτες
- Ψυκτικός εξοπλισμός προετοιμασίας και παροχής υπηρεσιών εστίασης
- Reach – in ψυγεία και καταψύκτες
- Ψυγεία ποτών – αναψυκτικών (soft drinks)
- Μηχανές παραγωγής πάγου
- Ψυγεία αυτόματοι πωλητές

2.3.1 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας ψύξης βάση εξοπλισμού

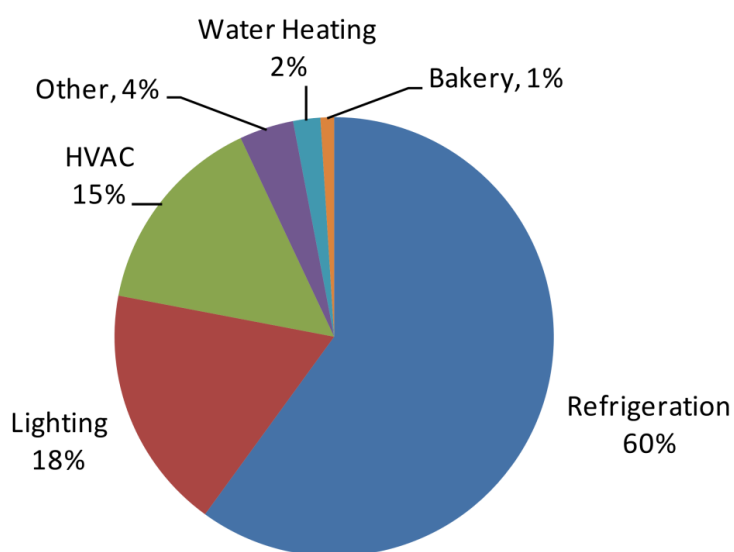
Το σχήμα 4 δείχνει μια εκτιμώμενη κατανομή της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των επτά παραπάνω τύπων εξοπλισμού. Τα συστήματα ψύξης σούπερ μάρκετ χρησιμοποιούν περίπου το 56% της συνολικής ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα εμπορικά συστήματα ψύξης. Τα Walk-in ψυγεία και οι καταψύκτες, που χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποθήκευση τροφίμων στη βιομηχανία υπηρεσιών τροφίμων, είναι η επόμενη μεγαλύτερη κατηγορία κατανάλωσης ενέργειας με 12%.



Σχήμα 4: Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας επαγγελματικής ψύξης βάση εξοπλισμού

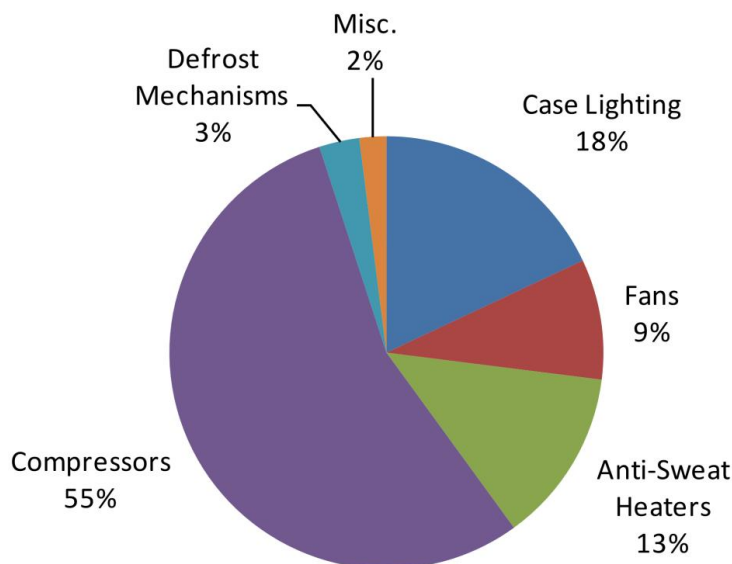
2.4 Κατανομή κατανάλωσης ενέργειας «Supermarket»

Η τυπική ανάλυση της κατανάλωσης των συστημάτων του “Supermarket” φαίνεται στο σχήμα 5. Η ψύξη αντιπροσωπεύει το 60% της ενέργειας χρήσης του supermarket. Ωστόσο κάποιες πηγές (Lazzarin 2008) αναφέρουν χαμηλότερα επίπεδα (30%-50%).



Σχήμα 5: Κατανομή ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τυπικού Supermarket

Στο σχήμα 6 φαίνεται η τυπική κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας ψύξης που καταναλώνεται από τα συστήματα ψύξης.



Σχήμα 6: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας συστήματος ψύξης, τυπικού Supermarket

2.4.1 Διάρκεια ζωής, αξιοπιστία & χαρακτηριστικά συντήρησης Supermarket

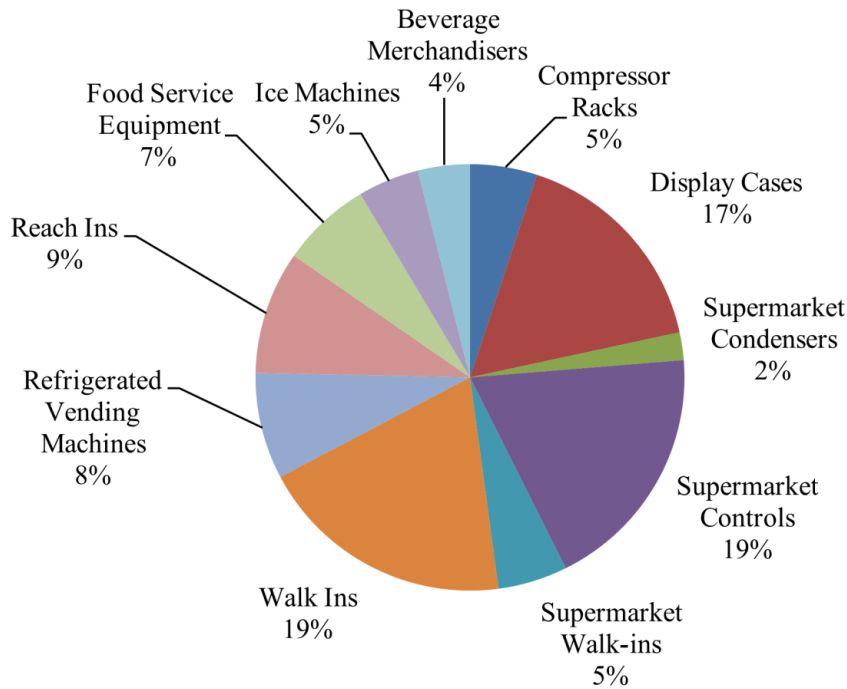
Σύμφωνα με τους εμπειρογνώμονες του κλάδου, ο τυπικός χρόνος ζωής του εξοπλισμού ψύξης που χρησιμοποιείται σε μεγάλα παντοπωλεία και επιχειρήσεις λιανικής πώλησης είναι 10 χρόνια, ενώ η διάρκεια ζωής 15 ετών είναι περισσότερο κατάλληλη για τον εξοπλισμό ψύξης που χρησιμοποιείται σε μικρά παντοπωλεία ή καταστήματα ψυλίων. Οι συμπιεστές συστήματος των supermarket έχουν αναμενόμενη διάρκεια ζωής τα 10 χρόνια. Οι συμπιεστές που βρίσκονται σε «ράφι» αντικαθίστανται συνήθως ξεχωριστά και έχουν τυπική διάρκεια ζωής 12-15 χρόνια. Η τυπική διάρκεια ζωής των αερόψυκτων συμπυκνωτών είναι το πολύ 10 χρόνια. Τα ψυγεία display cases έχουν μια εκτιμώμενη λειτουργική διάρκεια ζωής έως και 15 χρόνια, αλλά συνήθως αντικαθίστανται για λόγους αισθητικής πριν το τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Τα ψυγεία display cases συχνά αντικαθίστανται μόνο όταν τα καταστήματα ανακαινίζονται. Οι ανακαινίσεις λαμβάνουν χώρα κάθε 6-10 χρόνια, ωστόσο δεν αντικαθίσταται όλος ο εξοπλισμός σε κάθε ανακαίνιση αλλά μέρος αυτού. Τα συστήματα αναμένεται να λειτουργούν αξιόπιστα εάν τοποθετούνται και συντηρούνται σωστά. Το δυναμικό δαπανηρών απωλειών των τροφίμων λόγω αποτυχίας ψύξης, έχει οδηγήσει σε ένα υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας για όλα τα εξαρτήματα του συστήματος ψύξης. Τα εμπορεύματα των ψυγείων εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν περίπου το 45% των πωλήσεων των supermarket.

Η συντήρηση του συστήματος ψύξης περιλαμβάνει:

- Καθαρισμός εξατμιστών, δοχείων αποχέτευσης, ανεμιστήρων και οθονών
- Λίπανση κινητήρων
- Επιθεώρηση παρεμβύσματος πόρτας
- Λίπανση μεντεσέδων
- Καθαρισμός συμπυκνωτών
- Έλεγχος πλήρωσης ψυκτικού
- Έλεγχος λίπανσης συμπιεστή, λαδιού και φίλτρου
- Έλεγχος πάνελ εκκίνησης και ελεγκτών
- Έλεγχος συστημάτων απόψυξης

2.5 Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας χρησιμοποιώντας διαθέσιμες τεχνολογίες ανά εξοπλισμό ψύξης

Οι τεχνολογίες και τα εξαρτήματα που λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση αυτή θα μπορούσαν να υλοποιηθούν, με χρονική διάρκεια απόσβεσης έως 7 έτη. Υψηλής απόδοσης κινητήρες ανεμιστήρων και συμπιεστές καθώς και άλλα εξαρτήματα που θα αναλύσουμε παρακάτω μπορούν να βρουν εφαρμογή σε πολλά είδη εξοπλισμού. Όπως φαίνεται στο σχήμα 7 τα ψυκτικά συστήματα των “supermarket” αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, που ακολουθείται από τα ψυγεία και τους καταψύκτες Walk -ins καθώς και τους αυτόματους πωλητές. Σχεδόν όλη η εξοικονόμηση ενέργειας των “Supermarket” και έως 80% των ειδικών συστημάτων ψύξης, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση καλύτερων ελεγκτών, βελτιωμένων κινητήρων ανεμιστήρων, συμπιεστών υψηλής απόδοσης, φώτων υψηλής απόδοσης και προηγμένες τεχνολογίες στις πόρτες.



Σχήμα 7: Ενδεικτικό δυναμικό ετήσιας εξοικονόμησης πρωτογενούς ενέργειας εξοπλισμών επαγγελματικής ψύξης, βάση των διαθέσιμων τεχνολογιών

2.6 Δυνατότητες εξοικονόμηση ενέργειας που απαιτούν έρευνα και ανάπτυξη

Υπάρχουν επίσης τεχνολογίες υπό ανάπτυξη ή έρευνα, οι οποίες δεν είναι ακόμη διαθέσιμες στο εμπόριο, αλλά έχουν τη δυναμική για σημαντική πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας. Συγχρόνως τεχνολογίες όπως, η δίοδος εκπομπής φωτός (LED) και τα υψηλής απόδοσης πτερύγια ανεμιστήρα, έχουν ήδη εισέλθει στην αγορά και αναμένεται να έχουν ακόμα πιο ανταγωνιστικές τιμές, για την εξασφάλιση της ευρείας υιοθέτησής τους.

Μια σειρά από τεχνολογίες υψηλότερου ρίσκου εξακολουθούν να διερευνώνται από εταιρείες και πανεπιστήμια. Εναλλακτικά συστήματα ψύξης, όπως *θερμο-ηλεκτρική, θερμο-ακουστική και μαγνητική ψύξη* έχουν θεωρητικά τη δυνατότητα να εξοικονομήσουν έως και 30% της ενέργειας χρήσης του συστήματος, αλλά απαιτούνται σημαντικές καινοτομίες σε τομείς όπως τα υλικά, προτού μπορέσουν να ανταγωνιστούν οικονομικά τα συμβατικά συστήματα ψύξης «αερίου-συμπύεσης». Πάνελ μόνωσης κενού, έχουν επίσης τη δυναμική να προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αφότου επιλυθούν τα θέματα κόστους και απόδοσης.

2.7 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας

Σημαντικά εμπόδια στην εμπορική βιομηχανική ψύξη, καθιστούν τη διάδοση της επιλογής των εφαρμογών υψηλής απόδοσης δύσκολη. Οι αγοραστές του εξοπλισμού βρίσκονται υπό την πίεση να κρατήσουν εκ των προτέρων χαμηλό κόστος, υψηλή αξιοπιστία και μεγιστοποίηση του χώρου ψύξης. Σε ορισμένα τμήματα, όπως στους αυτόματους πωλητές και στα ψυγεία ποτών-αναψυκτικών η διάσπαση των κινήτρων αποτελεί τρομερό εμπόδιο. Ο εξοπλισμός είναι συχνά καθορισμένος και παρέχεται δωρεάν στον πελάτη από την εταιρεία κατασκευής μπουκαλιών, ψυγείων, ποτών, αυτόματων πωλητών, προϊόντων, χωρίς ο κατασκευαστής να πληρώνει το λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος, έχοντας έτσι μικρό κίνητρο για τον καθορισμό εξοπλισμού υψηλής απόδοσης. Επιπλέον, σε πολλά τμήματα, υπάρχει περιορισμένη ενημέρωση του δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας, παρόλο που το δυναμικό αυτό αυξάνεται με το αυξανόμενο κόστος της ενέργειας.

Στις αλυσίδες σούπερ μάρκετ, το ενεργειακό κόστος είναι ένα σημαντικό μέρος του λειτουργικού τους κόστους και έχουν πρόσβαση σε τεχνολογικούς πόρους που τους επιτρέπουν να αξιολογούν τις νέες τεχνολογίες.

3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.1 Πειραματική διαδικασία & Όργανα μέτρησης

Στα πλαίσια των προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης διατάξεων ψύξης και της αποτίμησης – ενεργειακής αξιολόγησης των προτάσεων αυτών, έγιναν μετρήσεις των ηλεκτρικών μεγεθών - κατανάλωσης ενέργειας. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε ειδικά διαμορφωμένους θαλάμους με δυνατότητα διατήρησης εξαιρετικά σταθερών συνθηκών τόσο θερμοκρασίας όσο και υγρασίας, ενώ παράλληλα η ταχύτητα ροής του ρεύματος αέρα στο θάλαμο ήταν εξαιρετικά χαμηλή, εντός των προδιαγραφών, καθιστώντας την επιρροή στα πειραματικά αποτελέσματα αμελητέα. Για τη δημιουργία και διατήρηση των επιθυμητών συνθηκών χρησιμοποιήθηκαν «ψύκτες» (chillers), ηλεκτρικές αντιστάσεις, σύστημα ελέγχου διαφράγματος αέρα καθώς και υγραντήρες. Το κύκλωμα λειτουργούσε με σύστημα αυτομάτου ελέγχου, υψηλής ακρίβειας και εξαιρετικής σταθεροποίησης τόσο της υγρασίας όσο και της θερμοκρασίας του θαλάμου. Παράλληλα έδινε στο χρήστη τη δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης – ρύθμισης, για άμεση επέμβαση όταν αυτό καθίστατο αναγκαίο.

Τα ψυγεία τοποθετούνταν στο θάλαμο σε συγκεκριμένη απόσταση, από τον πίσω τοίχο του θαλάμου, με βάση τις οδηγίες του κατασκευαστή και στη μέση του θαλάμου. Για τη διασφάλιση, των επιθυμητών συνθηκών περιβάλλοντος, στη συγκεκριμένη θέση του ψυγείου μέσα στο θάλαμο, χρησιμοποιήθηκαν επιπρόσθετα μετρητικά συστήματα, πέραν αυτών του συστήματος αυτομάτου ελέγχου. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρία θερμοστοιχεία, τα οποία τοποθετήθηκαν ένα σε κάθε πλευρά του ψυγείου και σε απόσταση ενός μέτρου (αριστερά, δεξιά και μπροστά), στο μέσον του μήκους κάθε πλευράς και σε απόσταση από το έδαφος ίση με το μισό του ύψους του ψυγείου. Η μέτρηση - παρακολούθηση της πραγματικής θερμοκρασίας, λαμβανόταν από το μέσο όρο των τριών αυτών θερμοστοιχείων για τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια και με βάση τη θερμοκρασία αυτή γινόταν η οποιαδήποτε επέμβαση διόρθωσης της θερμοκρασίας του θαλάμου (offset) όταν αυτό απαιτείτο. Να σημειώσουμε ότι ο θάλαμος επιτυγχάνει ομοιομορφία συνθηκών, μη δημιουργώντας ανομοιομορφία στα φορτία του ψυγείου και εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό αξιοπιστία στα αποτελέσματα.

Ομοίως, στην θέση που βρίσκεται το μπροστινό θερμοστοιχείο, τοποθετήθηκε και υγρασιόμετρο για τη συνεχή μέτρηση - παρακολούθηση και διατήρηση της υγρασίας στα επιθυμητά επίπεδα κάθε φορά, δίνοντας τη δυνατότητα επέμβασης και διόρθωσης της υγρασίας του θαλάμου (offset) όποτε αυτό απαιτείτο. Παράλληλα, καθ' όλη την πειραματική διαδικασία δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι για τους σκοπούς της εργασίας αυτής, χρησιμοποιήθηκαν επίσης, ανεμόμετρο, φωτόμετρο και ηχώμετρο (οι μετρήσεις έγιναν σε ειδικά διαμορφωμένο θάλαμο ηχομονωμένο και σε χρονικές περιόδους ελαχιστοποίησης εξωτερικών θορύβων). Πρέπει να επισημάνουμε επίσης,

ότι τα θερμοστοιχεία, το υγρασιόμετρο, το πολύ-μετρο το οποίο παρακολουθούσε-κατέγραφε, όλες τις τιμές, τόσο ηλεκτρικές όσο και περιβάλλοντος, καθώς και όλα τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν βαθμονομημένα, εξασφαλίζοντας τη μέγιστη ακρίβεια των μετρήσεων.

3.1 Μελέτη ενεργειακών αναβαθμίσεων

Στην εργασία αυτή αναλυτικά μελετήθηκαν οι ενεργειακές αναβαθμίσεις που έχουν ήδη θέση στην αγορά και δε βρίσκονται σε πειραματικό επίπεδο και αφορούν:

- Συμπιεστές
- Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή & συμπυκνωτή
- Πτερωτές ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης
- Αντι-θαμβωτικά συστήματα
- Συστήματα διαχείρισης ενέργειας
- Αισθητήρες μίμησης θερμοκρασίας προϊόντων
- Συστήματα ελέγχου απόψυξης
- Μηχανική ή Περιβαλλοντική υπόψυξη
- Φώτα
- Συστήματα εκτόνωσης
- Εναλλάκτες
- Πόρτες - Κουρτίνες
- Μόνωση
- Ψυκτικό κύκλωμα
- Έμμεσους τρόπους εξοικονόμησης

3.2 Μελέτη διατάξεων ενεργειακής αναβάθμισης

Οι διατάξεις στις οποίες μελετήθηκαν οι τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης είναι:

- Σύστημα ψύξης Supermarket

και αυτόνομα συστήματα ψύξης

- Walk-in ψυγεία και καταψύκτες
- Εξοπλισμοί ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης
- Reach-in ψυγεία – καταψύκτες – ψυγειοκαταψύκτες
- Ψυγεία εμπορίας αναψυκτικών (soft drinks)
- Μηχανές παραγωγής πάγου
- Ψυγεία – αυτόματοι πωλητές

Τέλος, για τους σκοπούς της εργασίας αυτής και την ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας, έγιναν μετρήσεις σε ψυγεία εμπορίας αναψυκτικών, ψυγεία Reach-in και σε ψυγεία αυτόματους πωλητές, ενώ στα συστήματα που δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων, ο υπολογισμός εξοικονόμησης ενέργειας έγινε βάση των πληροφοριών της βιβλιογραφίας που αναφέρεται στο τελευταίο κεφάλαιο της μεταπτυχιακής εργασίας, σε συνδυασμό με τις σχετικές εξισώσεις εξοικονόμησης ενέργειας κάθε τεχνολογίας ενεργειακής αναβάθμισης, όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο 6.

4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΨΥΞΗΣ

“SUPERMARKET”

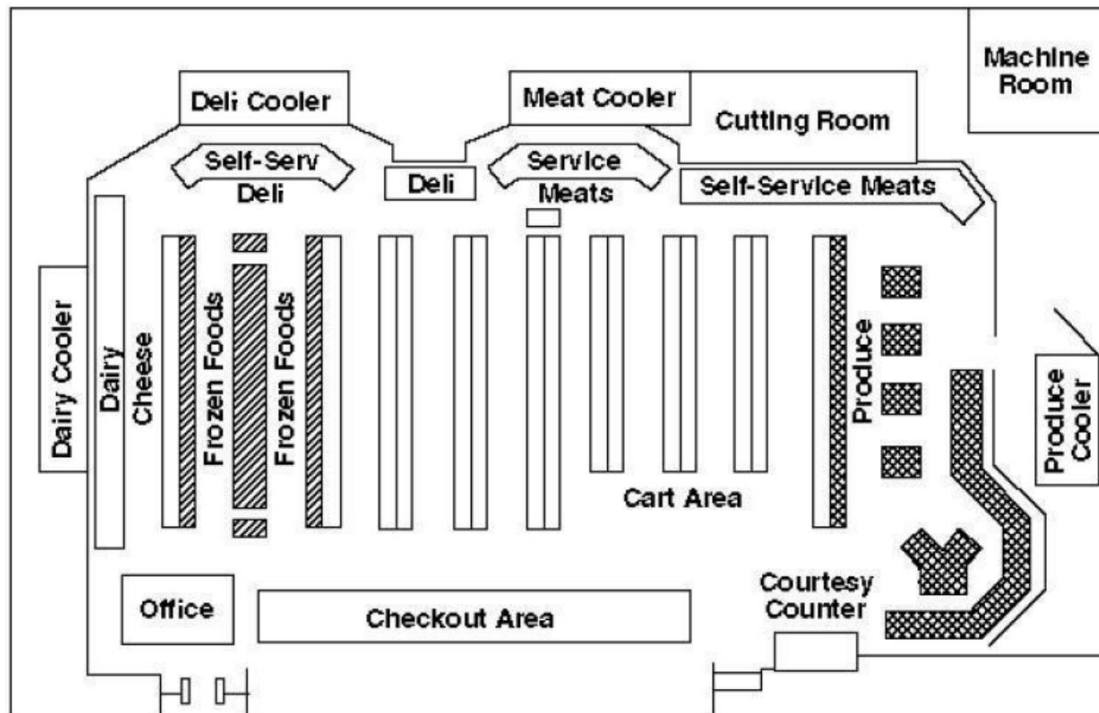
Ο εξοπλισμός ψύξης μπορεί να ταξινομηθεί σε 2 κατηγορίες. Σε «split» (διαιρούμενου) τύπου συστήματα ψύξης και σε «αυτόνομα». Τα διαιρούμενου τύπου συστήματα ψύξης, έχουν τη μονάδα του συμπυκνωτή απομακρυσμένη, συνήθως στην ταράτσα, που της επιτρέπει την ανταλλαγή θερμότητας με τον εξωτερικό αέρα. Τα αυτόνομα συστήματα, έχουν όλα τα μέρη του ψυκτικού κύκλου, συμπεριλαμβανομένου του συμπυκνωτή σε ένα ενιαίο πακέτο. Το σύστημα ψύξης των supermarket δεν είναι αυτόνομο και θα το περιγράψουμε στη συνέχεια. Ωστόσο δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι στο χώρο ενός supermarket περιλαμβάνονται και ορισμένες αυτόνομες μονάδες ψύξης (όπως π.χ. beverage merchandisers)

4.1 Ψυκτικό σύστημα “Supermarket”

Τα supermarket, έχουν γίνει αρκετά πιο πολύπλοκα τα τελευταία χρόνια, καθώς έχουν αυξήσει τις πωλήσεις τους σε ειδικούς τομείς όπως είναι τα «ντελικάτέσεν» και το αρτοποιείο. Πολλά πολυκαταστήματα πωλούν μια ποικιλία, μη εδωδιμων προϊόντων, όπως ατομικής υγιεινής, προϊόντα χαρτιού, καθαριστικά, λουλούδια κ.α. Παράλληλα τα πολυκαταστήματα περιλαμβάνουν πλέον και υπηρεσίες τροφίμων (έτοιμα γεύματα), που αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους αναπτυσσόμενους τομείς, παροχής υπηρεσιών εστίασης.

4.1.1 Γενική περιγραφή συστήματος ψύξης “supermarket”

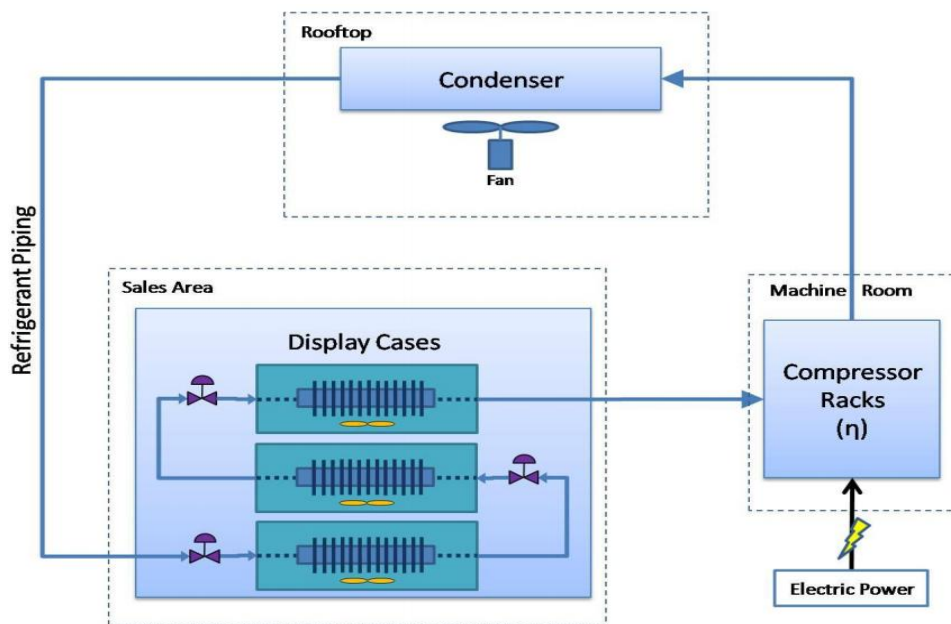
Ο σκοπός του συστήματος ψύξης του πολυκαταστήματος είναι η διατήρηση των εμπορευμάτων – τροφίμων. Τα υπό ψύξη τρόφιμα, αποθηκεύονται σε walk –in ψυγεία και καταψύκτες, πριν τη μεταφορά τους στις (καμπίνες ψύξης) display – cases, προς λιανική πώληση, στις οποίες έχουν πρόσβαση οι πελάτες του πολυκαταστήματος. Το σχεδιάγραμμα ενός τυπικού πολυκαταστήματος φαίνεται στο σχήμα 8. Τα “display –cases” γενικά βρίσκονται στην περιφέρεια του καταστήματος, κοντά στα ψυγεία “walk-in” που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των τροφίμων.



Σχήμα 8: Τυπική διάταξη Supermarket

Τα χαρακτηριστικά του supermarket που πραγματεύεται η μεταπτυχιακή εργασία αυτή, είναι: 2970m² εμβαδόν περιοχής πώλησης (συνολικό εμβαδό 4230m²), 60 Display-Cases (τα μισά εκ των οποίων είναι χαμηλής και πολύ χαμηλής θερμοκρασίας), 4 “ράφια» scroll συμπιεστών συνολικής ισχύος 200 hp (2 μέσης και 2 χαμηλής θερμοκρασίας) και 4 συμπυκνωτές συνολικής απόδοσης 1,520Btu (2 μέσης και 2 χαμηλής θερμοκρασίας). Μάλιστα να επισημάνουμε ότι το εν λόγω supermarket θεωρείται ότι δουλεύει 24 ώρες. Δεδομένου ότι ο εξοπλισμός ψύξης λειτουργεί 24 ώρα / ημέρα , ανεξάρτητα από τις ώρες καταστημάτων, επιβαρύνεται το σύστημα με πρόσθετα φορτία λόγω «pull-down» των προϊόντων και λόγω περισσότερων ανοιγμάτων των θυρών (υποθέτοντας υψηλότερους όγκους πωλήσεων) .

Ένα τυπικό πολυκατάστημα, χρησιμοποιεί σύστημα ψύξης άμεσης εκτόνωσης όπως φαίνεται στο σχήμα 9. Σε ένα τέτοιο σύστημα, το ψυκτικό ταξιδεύει από τους συμπιεστές στο μηχανοστάσιο, στη μονάδα συμπύκνωσης (συχνά στην ταράτσα), όπου η θερμότητα μεταφέρεται από το ψυκτικό μέσο προς τον εξωτερικό αέρα, εν συνεχεία μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων ψυκτικού ταξιδεύει προς τις βαλβίδες εκτόνωσης και τους εξατμιστές, που βρίσκονται στα display – cases στο χώρο πώλησης (όπου θερμότητα αποβάλλεται από το εσωτερικό των καμπίνων, στο ψυκτικό) και στη συνέχεια επιστρέφει στους συμπιεστές. Το δίκτυο σωληνώσεων του πολυκαταστήματος είναι μεγάλο, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ψυκτικού (τυπικά 1300 με 2500lbs). Ως εκ τούτου, ενδεχόμενες διαρροές πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά για την αποφυγή υπερβολικών δαπανών λόγω απώλειας ψυκτικού [7,8,9].



Σχήμα 9: Ψυκτικός κύκλος Supermarket

4.1.2 Ψυγεία Βιτρίνες (Display – Cases)

Σκοπός τους είναι να παρουσιάζουν τα τρόφιμα ελκυστικά, προς αγορά από τους πελάτες. Διαφέρουν, ανάλογα με τη θερμοκρασία και τον προσανατολισμό, προκειμένου να εμφανίζουν κατάλληλα, όλο το φάσμα των νωπών προϊόντων που πωλούνται σε ένα πολυκατάστημα. Το εύρος θερμοκρασιών του εξατμιστή και οι αντίστοιχες εφαρμογές τους, φαίνονται στον πίνακα 1 [4,10].

Πίνακας 1: Εύρος θερμοκρασιών εξατμιστή με βάση την εφαρμογή

	Εύρος θερμοκρασιών	Εφαρμογές
Υψηλή θερμοκρασία	1.5°C και πάνω	Παραγωγή, Λουλούδια
Μέση θερμοκρασία	-12°C έως -9.5°C	Κρέατα, Θαλασσινά
	-9.5°C έως -4°C	Γαλακτοκομικά, Παραγωγή, Μπύρες / Χυμοί, Walk –in ψυγεία (κρέας)
	-4°C έως 1.5°C	Walk-in ψυγεία (γαλακτοκομικά, παραγωγή), Χώροι προετοιμασίας
Χαμηλή θερμοκρασία	-31.5°C έως -26°C	Παγωμένα Τρόφιμα
Πολύ χαμηλή θερμοκρασία	-37°C έως -31.5°C	Παγωτά, Κατεψυγμένα Προϊόντα Αρτοποιίας

Η επιτυχία για των display – cases είναι να μεγιστοποιήσουν τις πωλήσεις χωρίς να θυσιάσουν τη συντήρηση τροφίμων. Σήμερα χρησιμοποιείται πληθώρα διαμορφώσεων, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του πλήθους των κατεψυγμένων προϊόντων που πωλούνται στα supermarket. Ανοιχτού τύπου display – cases χρησιμοποιούνται όταν καθίσταται δυνατό, με σκοπό να καταστήσουν τα προϊόντα πιο προσιτά στους πελάτες. Σε αντίθετη περίπτωση, χρησιμοποιούνται γυάλινες πόρτες, οι οποίες εμποδίζουν αποτελεσματικότερα την είσοδο της θερμότητας στην καμπίνα, αλλά από την άλλη πλευρά απαιτείται πλέον ο πελάτης να ανοίξει την πόρτα, για να έχει πρόσβαση στο προϊόν. Οι πιο κοινοί τύποι display – cases είναι:

- Ανοιχτό πολύ-επίπεδο (σχήμα 10)
- Πρόσβασης (reach-in) με γυάλινη πόρτα (σχήμα 11)
- Για κρέατα/θαλασσινά/ντελικάτεσεν (σχήμα 12)
- Καταψύκτης Coffin/Open – Island (σχήμα 13)



Σχήμα 10: Κατακόρυφη ανοιχτού τύπου πολυ-επίπεδη καμπίνα γαλακτοκομικών



Σχήμα 11: Κατακόρυφη κλειστή με γυάλινη πόρτα πολύ-επίπεδη καμπίνα, κατεψυγμένων προϊόντων



Σχήμα 12: Ημι-κατακόρυφη ανοιχτού τύπου πολυ-επίπεδη καμπίνα κρεάτων



Σχήμα 13: Καμπίνα "open island" κατεψυγμένων προϊόντων

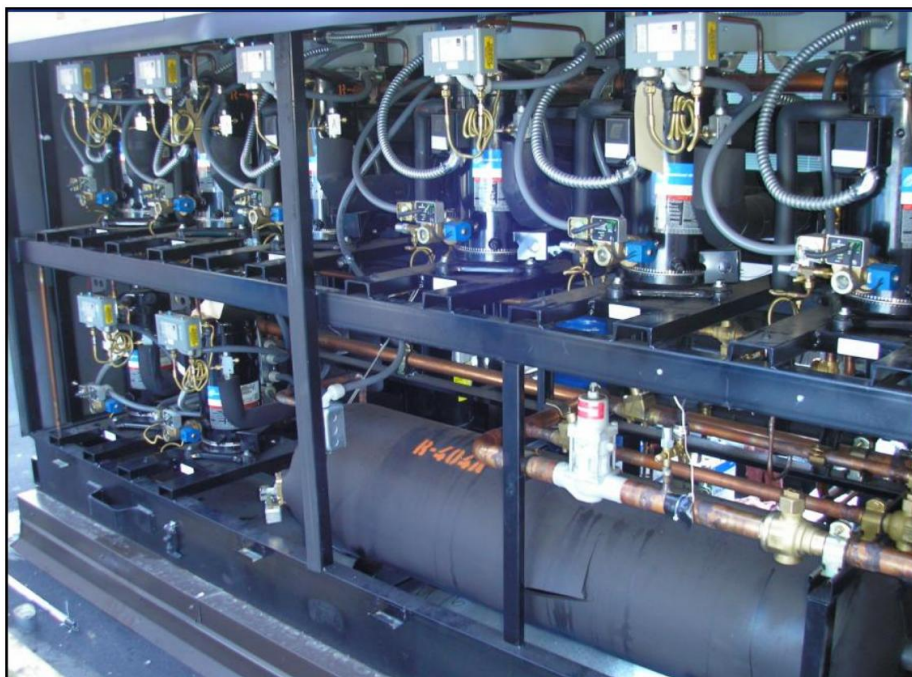
Κάθε «display – case» περιλαμβάνει μία βαλβίδα εκτόνωσης και έναν ή περισσότερους εξατμιστές για την ψύξη της καμπίνας, ενώ οι ανεμιστήρες του εξατμιστή, εξασφαλίζουν την κυκλοφορία του αέρα. Στα ανοικτού τύπου «display – cases», εκτός από τον κρύο αέρα που κυκλοφορεί στο εσωτερικό της καμπίνας, διοχετεύεται (blown) αέρας επίσης πάνω από το ανοιχτό τμήμα της καμπίνας. Ο αέρας αυτός δημιουργεί μια «κουρτίνα» αέρα που αποτελεί σύνορο μεταξύ του ψυχρού αέρα της καμπίνας και τους θερμότερου αέρα του χώρου του καταστήματος. Με τον τρόπο αυτό ο ψυχρός αέρας που κυκλοφορεί στην καμπίνα δεν σκορπά – φεύγει ελεύθερα, έξω από την καμπίνα μειώνοντας σημαντικά τις απώλειες. Στις περισσότερες καμπίνες, απαιτούνται πολλαπλοί ανεμιστήρες.

Οι εξατμιστές χαμηλών θερμοκρασιών και μερικοί εξατμιστές μέσης θερμοκρασίας απαιτούν περιοδική απόψυξη για την αφαίρεση του πάγου που συμπυκνώνεται και σχηματίζεται στην επιφάνεια του εξατμιστή. Ο πάγος μειώνει την απόδοση ψύξης, αυξάνοντας τη θερμική αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας από τον εναλλάκτη στον αέρα και εμποδίζοντας τη ροή του αέρα. Η απόψυξη επιτυγχάνεται γενικά, με ηλεκτρική απόψυξη ή απόψυξη θερμού αερίου. Η ηλεκτρική απόψυξη, πραγματοποιείται με θέρμανση ηλεκτρικής αντίστασης σπείρα απόψυξης, που είναι ενσωματωμένη στη σπείρα του εξατμιστή. Η απόψυξη θερμού αερίου, πραγματοποιείται με σωληνώσεις και βαλβίδες που κατευθύνουν, το θερμό αέριο που εξέρχεται από το συμπιεστή, προς τον εξατμιστή. Μερικές καμπίνες μέσω των θερμοκρασιών, μπορούν να κάνουν απόψυξη κατά τη διάρκεια του «off» κύκλου επιτρέποντας απλά στη θερμοκρασία του εξατμιστή να ανέλθει στη θερμοκρασία της καμπίνας, δουλεύοντας απλώς οι ανεμιστήρες του εξατμιστή ή μη, χωρίς ενεργή θέρμανση του εξατμιστή.

Η μόνωση της καμπίνας έχει πάχος συνήθως 1 ½ με 2 ίντσες (1in = 2.54cm), με τιμές μόνωσης από R-12 έως R-18. Μερικές καμπίνες πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, μπορεί να έχουν πάχος μόνωσης έως 2 ½ in. Οι καμπίνες με γυάλινες πόρτες συνήθως είναι εφοδιασμένες με τουλάχιστον διπλό τζάμι. Οι αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις χρησιμοποιούνται για να αποτραπεί η συμπύκνωση των υδρατμών του εξωτερικού αέρα, στην εξωτερική επιφάνεια του τζαμιού. Οι πιο αποδοτικές πόρτες σήμερα, χρησιμοποιούν γυαλί τριπλού υαλοπίνακα, με μονωτικά αέρια εγκιβωτισμένα μεταξύ των υαλοπινάκων και δεν απαιτούν θερμαντήρες του τζαμιού. Να επισημάνουμε επίσης ότι, οι καμπίνες είναι γενικά εφοδιασμένες με φώτα για τον κατάλληλο φωτισμό των προϊόντων και οι σωληνώσεις ψυκτικού, υψηλής πίεσης και γραμμής αναρρόφησης, πρέπει να είναι συνδεδεμένες στην καμπίνα. Επιπλέον συνδεσμολογίες αποτελούν, η ηλεκτρική παροχή και οι γραμμές αποχέτευσης.

4.1.3 Compressor Racks (Δίκτυο συμπιεστών μηχανοστασίου)

Τα “compressor racks” είναι διαμορφώσεις, παράλληλα συνδεδεμένων συμπιεστών, που βρίσκονται στο μηχανοστάσιο ξεχωριστά από το χώρο των πωλήσεων και κατά κύριο λόγο, απαντώνται σε πολυκαταστήματα. Τυπικά ένα πολυκατάστημα θα έχει 10 με 20 συμπιεστές τοποθετημένους σε ράφια (3 με 5 ανά ράφι). Ένα τυπικό ράφι αποτελείται από τους συμπιεστές, τις σωληνώσεις, τους ηλεκτρονικούς ελεγκτές και τη μόνωση. Η ενσωμάτωση του ραφιού συμπιεστών στο ψυκτικό σύστημα του πολυκαταστήματος, απαιτεί ένα εκτεταμένο δίκτυο σωληνώσεων.



Σχήμα 14: Δίκτυο συμπιεστών Supermarket (Compressor Rack)

Τα περισσότερα σούπερ μάρκετ χρησιμοποιούν πολλαπλά ράφια συμπιεστών , δύο ράφια μέσης θερμοκρασίας και δύο ράφια χαμηλή θερμοκρασία , με περίπου 200hr συνολική ισχύ συμπιεστή . Η χρήση ενός ραφίου πολλαπλών συμπιεστών έχει αρκετά πλεονεκτήματα συγκρινόμενη με μια αυτόνομη μονάδα. Οι ενσωματωμένοι και ολοκληρωμένοι ελεγκτές σε ένα σύστημα επιτρέπουν ειδικό χειρισμό της απόδοσης και των κύκλων φόρτισης. Η μερική φόρτιση διανέμει το απαραίτητο φορτίο διαμέσου του συστήματος, αποτρέποντας την υπερφόρτωση μιας αυτόνομης μονάδας. Με τη δυνατότητα αυτή που παρέχεται, προσαρμογής της απόδοσης συμπίεσης, αυξάνεται τόσο η διάρκεια ζωής των υλικών, όσο και η συνολική απόδοση. Οι κύκλοι λειτουργίας προσαρμόζονται αναλόγως με τις αναγκαίες απαιτήσεις φορτίου, μειώνοντας οποιαδήποτε επιπλέον κατανάλωση ενέργειας. Ένα ράφι μπορεί να περιέχει συμπιεστές διαφορετικών αποδόσεων, σε μία διαμόρφωση που ονομάζεται ακανόνιστα παράλληλη, που είναι και η πιο διαδεδομένη. Με την ενσωμάτωση συμπιεστών που έχουν διαφορετικές αποδόσεις ψύξης, ένα μεγαλύτερο φάσμα φορτίων μπορεί να εξυπηρετείται αποτελεσματικότερα από ό, τι εάν όλοι οι συμπιεστές ήταν ίσης απόδοσης.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι, διαθέσιμων συμπιεστών:

- Παλινδρομικοί: αξιόπιστοι και αποτελεσματικοί, οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι συμπιεστές
- Scroll: συμπίεσης που επιτρέπουν υψηλή απόδοση, έχουν χαμηλό βάρος, ελάχιστη απώλεια ψυκτικού. Το μερίδιό τους στην αγορά είναι μέτριο αλλά αυξάνεται.
- Screw: αξιόπιστοι και ιδανικοί συμπιεστές για μεταβλητή ταχύτητα και απόδοση σε μερικά φορτία. Κατέχουν πολύ μικρό μερίδιο στην αγορά.

4.1.4 Συμπυκνωτές

Ένα τυπικό σούπερ μάρκετ χρησιμοποιεί ένα σύνολο συμπυκνωτών τοποθετημένους στην ταράτσα, για την αποβολή της θερμότητας των ψυγείων και των καταψυκτών στο εξωτερικό περιβάλλον. Η τυπική απόδοση ενός συνόλου συμπυκνωτών, είναι 1.520MBtu, αποτελούμενη από 2 συμπυκνωτές χαμηλών θερμοκρασιών ($THR_L=240\text{MBtu/hr}$, θερμοκρασία αναρρόφησης = -32°C , θερμοκρασία συμπύκνωσης 43°C) και 2 συμπυκνωτές μέσης θερμοκρασίας ($THR_M=520\text{MBtu/hr}$, θερμοκρασία αναρρόφησης = -9°C , θερμοκρασία συμπύκνωσης 46°C). (όπου $TRH=$ συνολική αποβαλλόμενη θερμότητα) (EIA2008).

4.1.5 Walk – Ins

Τα Walk-ins βρίσκονται γύρω από την περιφέρεια της περιοχής πωλήσεων, για την προσωρινή αποθήκευση των τροφίμων. Για να καταστεί δυνατή η πιο αποτελεσματική ανανέωση των αποθεμάτων των ψυγείων-βιτρινών, κάθε walk-in καμπίνα τείνει να αποθηκεύει τα τρόφιμα του πλησιέστερου τμήματος ψυγείων-βιτρίνας. Οι τυπικές κατηγορίες αυτών, περιλαμβάνουν γαλακτοκομικά, ντελικάτσες, κρέατα και κατεψυγμένα τρόφιμα.

4.2 Κατανάλωση ενέργειας “Supermarket”

Στον πίνακα 2, φαίνεται η εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας σε ένα “supermarket”, βάση της κατανάλωσης ενέργειας των επιμέρους τμημάτων του, που περιλαμβάνει, τα ψυγεία βιτρίνες, τα ράφια συμπιεστών, τους συμπυκνωτές και τα ψυγεία walk-ins.

Πίνακας 2: Κατανάλωση ενέργειας "Supermarket"

	Ενδεικτική καταγραφή καταστήματος	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας
Display –Cases	60	587.000	31%
Compressor Racks	1	1.023.000	54%
Συμπυκνωτές	1	138.000	7%
Walk - Ins	7	140.000	8%
Σύνολο		1.888.000	100%

Πηγή DOE 2009a

4.2.1 Κατανάλωση Display – Cases

Ο Πίνακας 3, δείχνει την ανάλυση του θερμικού φορτίου υπό σταθεροποιημένες συνθήκες κατακόρυφου τύπου ψυγείων βιτρίνας, μέσω των θερμοκρασιών με γυάλινη πόρτα, χαμηλών θερμοκρασιών με γυάλινη πόρτα και μέσω των θερμοκρασιών ανοιχτού τύπου.

Πίνακας 3: Ανάλυση θερμικού φορτίου "Display - Case" Supermarket (Btu/hr)

Εξάρτημα	Κατακόρυφο Μέσης θερμοκρασίας με Γυάλινη πόρτα	Κατακόρυφο Χαμηλής θερμοκρασίας με Γυάλινη πόρτα	Κατακόρυφο Μέσης θερμοκρασίας Ανοιχτό
Ανεμιστήρας εξατμιστή	512	491	920
Φώτα	1.188	1.188	1.700
Απόψυξη	n/a	677	n/a
Αντι - θαμβωτικό	1.195	2.391	n/a
Διείσδυση ανεπιθύμητου αέρα	524	865	16.070
Μετάδοση θερμότητας με αγωγή	631	915	590
Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία	1.456	2.756	1.450
Σύνολο	5.507	9.283	20.730

Πηγή DOE 2009a

Πίνακας 4: Κατανάλωση ενέργειας τυπικών "Display - Cases" Supermarket

Τύπος Display Case ¹	Εξάρτημα	Κατανάλωση ενέργειας / Μονάδα (W)	Κύκλοι λειτουργίας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Μέσης θερμοκρασίας με γυάλινες πόρτες	Φώτα ²	348	100	3.049	35%
	Ανεμιστήρες ³ εξατμιστή	150	96	1.259	15%
	Αντι- θαμβωτικές αντιστάσεις	500	100	4.380	50%
	Σύνολο	-	-	8.688	100%
Χαμηλής θερμοκρασίας με γυάλινες πόρτες	Φώτα ²	348	100%	3.048	21%
	Ανεμιστήρες ³ εξατμιστή	150	96%	1.259	8%
	Απόψυξη	5000	4%	1.825	12%
	Αντι- θαμβωτικές αντιστάσεις	1000	100%	8.760	59%
	Σύνολο	-	-	14.893	100%
Μέσης θερμοκρασίας χωρίς πόρτες	Φώτα ⁴	641.6	100%	5.620	70%
	Ανεμιστήρες ⁵ εξατμιστή	270	100%	2.365	30%
	Σύνολο	-	-	7.986	100

Πηγή: DOE2009a

1. Όλες οι καμπίνες είναι κατακόρυφες
2. 6 Λαμπτήρες στα 58Watt η κάθε μία, 6 ballasts
3. Πέντε ανεμιστήρες εξατμιστή στα 6-Watt
4. 12 λαμπτήρες στο εσωτερικό της καμπίνας, 9 λαμπτήρες εξωτερικά της καμπίνας, 7 ballasts (30W/λάμπα, 1.4W/ballast)
5. Έξι ανεμιστήρες εξατμιστή των 9Watt

4.2.2 Κατανάλωση Compressor racks (Δίκτυο συμπιεστών)

Περίπου το ένα τρίτο της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ενός μεγάλου supermarket, μπορεί να αποδοθεί στους συμπιεστές . Πολλές επιλογές είναι διαθέσιμες για την ενσωμάτωση διαφορετικών συμπιεστών σε ολοκληρωμένα συστήματα (compressor racks) συμπιεστών . Η επιλογή ενός διαφορετικού τύπου συμπιεστή, επηρεάζει άμεσα την απόδοση και την κατανάλωση ενέργειας. Ο Πίνακας 5 παραθέτει την κατανάλωση ενέργειας για ένα τυπικό σύστημα παλινδρομικών συμπιεστών, που είναι σήμερα ο πιο κοινός τύπος συμπιεστή. Οι συμπιεστές Scroll και Screw, χρησιμοποιούνται επίσης σε ορισμένα supermarket. Η απόδοση και οι τιμές κατανάλωσης ενέργειας, αντιπροσωπεύουν την απαίτηση για ολόκληρο το σύστημα ψύξης ενός τυπικού καταστήματος, για δεδομένη θερμοκρασία. Τα στοιχεία χαμηλού εύρους θερμοκρασιών, αντιπροσωπεύουν δύο ράφια συμπιεστών χαμηλών θερμοκρασιών και τα στοιχεία μέσου εύρους θερμοκρασιών, αντιπροσωπεύουν δύο ράφια συμπιεστών μέσης θερμοκρασίας.

Πίνακας 5: Κατανάλωση ενέργειας συμπιεστών "Supermarket"*

Τύπος Συμπιεστή	Εύρος θερμοκρασίας	Απόδοση (Btu/hr)	Ισχύς (KW)	Κατανάλωση ενέργειας (MWh/yr)
Παλινδρομικοί (Τυπικοί)	Χαμηλής	308.000	63	350
	Μέσης	769.000	99	550

Πηγή Emerson 2009, NCI

* Οι σειρά χαμηλών θερμοκρασιών, αντιπροσωπεύει τις απαιτήσεις χαμηλών θερμοκρασιών για ένα τυπικό supermarket και οι σειρά μέσων θερμοκρασιών αντιπροσωπεύει τις απαιτήσεις μέσων θερμοκρασιών για ένα τυπικό supermarket.

4.2.3 Κατανάλωση Συμπυκνωτών

Οι συμπυκνωτές στα supermarket χρησιμοποιούν περίπου 7% της συνολικής ενέργειας ψύξης, για να τροφοδοτήσουν τους κινητήρες των ανεμιστήρων, που φυσούν αέρα στον εναλλάκτη του συμπυκνωτή και να ενισχύσουν τη μεταφορά θερμότητας. Τα supermarket συνήθως χρησιμοποιούν ένα απομακρυσμένο αερόψυκτο συμπυκνωτή για κάθε κύκλωμα ψύξης , όλα με 3 – φάσεων επαγωγικούς

κινητήρες ανεμιστήρα. Θεωρώντας ότι ένα τυπικό supermarket χρησιμοποιεί 4 συμπυκνωτές (έναν ανά ράφι συμπιεστών), στον πίνακα 6 φαίνεται η κατανάλωση ενέργειας συμπυκνωτή σε ένα supermarket σήμερα.

Πίνακας 6: Κατανάλωση ενέργειας συμπυκνωτή "Supermarket"

	Ισχύς (KW)	Κατανάλωση ενέργειας μονάδας (kWh/y)
Τυπική εγκατάσταση	25	138.000
Τυπική νέα εγκατάσταση	22	120.000

Πηγή EIA 2008

4.2.4 Κατανάλωση Walk-Ins

Τα ψυγεία walk-ins χρησιμοποιούν περίπου 8% της συνολικής ενέργειας ψύξης, των supermarket, για να τροφοδοτήσουν τους κινητήρες των ανεμιστήρων των εξατμιστών, τα φώτα και την ηλεκτρική απόψυξη. Ο πίνακας 7, δείχνει την κατανάλωση ενέργειας των ψυγείων walk-in σε ένα τυπικό supermarket.

Πίνακας 7: Κατανάλωση ενέργειας Walk-In ψυγείων σε "Supermarket"

	Κατανάλωση ενέργειας ανά ft² (W/ft²)	Συνολική κατανάλωση ενέργειας (KW)	Κύκλοι λειτουργίας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Ψυγεία κρεάτων (400 ft²)					
Ανεμιστήρες εξατμιστή	3.3	1.3	100%	11.680	67%
Ηλεκτρική απόψυξη	25.0	10	4%	3.650	21%
Φώτα	1.2	0.5	50%	2.102	12%
				17.432	100%
Άλλα ψυγεία (2600 ft²)					
Ανεμιστήρες εξατμιστή	3.3	8.7	100%	75.920	85%
Φώτα	1.2	3.1	50%	13.666	15%
				89.586	100%
Καταψύκτες (1000 ft²)					
Ανεμιστήρες εξατμιστή	2.3	2.3	100%	19.710	60%
Ηλεκτρική απόψυξη	25.0	25.0	4%	9.125	28%
Φώτα	0.9	0.9	50%	4.052	12%
				32.887	100%

5 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ

5.1 Walk-in Ψυγεία και Καταψύκτες

Τα ψυγεία και οι καταψύκτες Walk-in, είναι μεγάλοι, μονωμένοι χώροι ψύξης, με πόρτες πρόσβασης αρκετά μεγάλες, ώστε να επιτρέπουν την είσοδο του ανθρώπου σε αυτά. Τα ψυγεία αυτά, χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, καθώς και για τις υπηρεσίες εμπορίας και πωλήσεων τροφίμων. Τα ψυγεία αυτού του τύπου που βρίσκονται σε «supermarket» ψύχονται κατά κανόνα από το κεντρικό σύστημα ψύξης. Υπάρχουν ωστόσο και ψυγεία αυτού του τύπου με αυτόνομα συστήματα ψύξης στα οποία και θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

Ένα αυτόνομο σύστημα ψύξης, αποτελείται από ένα κατασκευασμένο πακέτο που περιλαμβάνει όλα τα βασικά συστατικά – μέρη. Το σύστημα ψύξης είναι τοποθετημένο είτε στην οροφή είτε στο τοίχωμα του μονωμένου χώρου και είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε ο συμπυκνωτής να έχει πρόσβαση στον εξωτερικό χώρο και ο εξατμιστής στον εσωτερικό χώρο. Οι μονάδες αυτές είναι λιγότερο ακριβές, λόγω απλότητας στην κατασκευή και στην εγκατάσταση. Ωστόσο, δεδομένου ότι αποστέλλονται ως ένα ενιαίο πακέτο, περιορίζονται σε μικρότερα μεγέθη.

Υπάρχουν κατά κύριο λόγο δύο κατηγορίες Walk-ins ψυγείων: Χαμηλής θερμοκρασίας (-29°C έως -23°C) και μέσης θερμοκρασίας (-12°C έως 1.5°C). Παρόλο που τα ψυγεία αυτά έχουν μεγάλη γκάμα εφαρμογών, χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο, στις υπηρεσίες-πωλήσεις τροφίμων. Παραδείγματα χρήσης αυτών, εκτός των υπηρεσιών τροφίμων, είναι η αποθήκευση λουλουδιών και αίματος, εφαρμογές όμως που κατέχουν μικρό ποσοστό του συνόλου της αγοράς. Μία λίστα με εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τέτοιου είδους ψυγεία περιλαμβάνει, εστιατόρια, μπαρ, πολυκαταστήματα, ψιλικατζίδικα, καφετέριες, ανθοπωλεία, ερευνητικά εργαστήρια κ.α.

Τα «Split» συστήματα έχουν ξεχωριστή μονάδα συμπύκνωσης (συμπυκνωτής, ανεμιστήρες συμπυκνωτή και συμπιεστής) και μονάδα ψύξης (εξατμιστής, ανεμιστήρες εξατμιστή και συσκευή εκτόνωσης). Η μονάδα συμπύκνωσης βρίσκεται συνήθως στην ταράτσα του κτιρίου ή εξωτερικά στο επίπεδο του εδάφους. Γενικά, τα μέρη του ψυκτικού κυκλώματος και οι ελεγκτές, παραγγέλλονται ξεχωριστά και συναρμολογούνται επί τόπου από τους τοπικούς ανάδοχους. Η διαμόρφωση αυτή είναι συμφέρουσα για τα Walk-ins που βρίσκονται στο εσωτερικό των κτιρίων, διότι η θερμότητα και ο θόρυβος μπορούν να διατηρηθούν στους εξωτερικούς χώρους. Επίσης, είναι γενικά ενεργειακά αποδοτικότερη η διαμόρφωση αυτή, καθώς απορρίπτεται η θερμότητα άμεσα σε εξωτερικούς χώρους και δε βασίζεται η απόρριψη της θερμότητας, στο σύστημα κλιματισμού [11,12].



Σχήμα 15: Walk-in ψυγείο εμπορίας



Σχήμα 16: Walk-in καταψύκτης αποκλειστικά αποθήκευσης

Σκοπός των Walk-ins είναι να αποθηκεύουν προσωρινά προϊόντα, τρόφιμα ή μη. Έχουν ένα εύρος εμβαδού από $7\text{m}^2 - 23\text{m}^2$ και 2.5m ύψος. Στα σχήματα 17 και 18 φαίνονται αυτόνομες μονάδες Walk-ins με το συμπυκνωτή συνδεδεμένο στον πλευρικό τοίχο και την οροφή αντίστοιχα, που αποτελούν τυπικές μονάδες

εστιατορίων. Το σχήμα 19 δείχνει ένα τυπικό Walk-in που χρησιμοποιείται σε κατάστημα παντοπωλείου.



Σχήμα 17: Αυτόνομο Walk-in με επίτοιχη μονάδα συμπύκνωσης (τυπικό σε εστιατόρια)

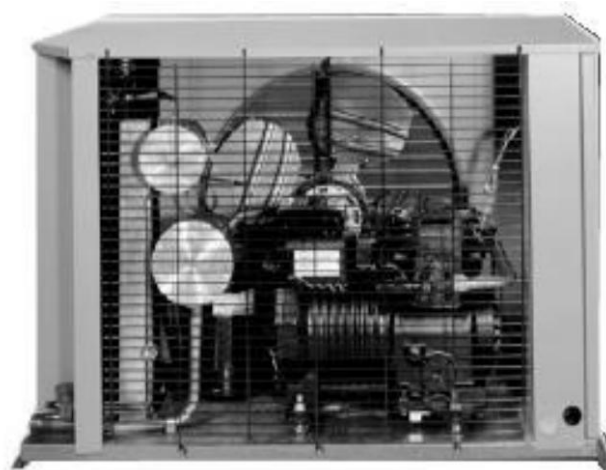


Σχήμα 18: Αυτόνομο Walk-in με τη μονάδα συμπύκνωσης στην οροφή (τυπικό σε εστιατόρια)



Σχήμα 19: Αυτόνομο Walk-In ψυγείο εμπορίας προϊόντων (τυπικό σε παντοπωλεία)

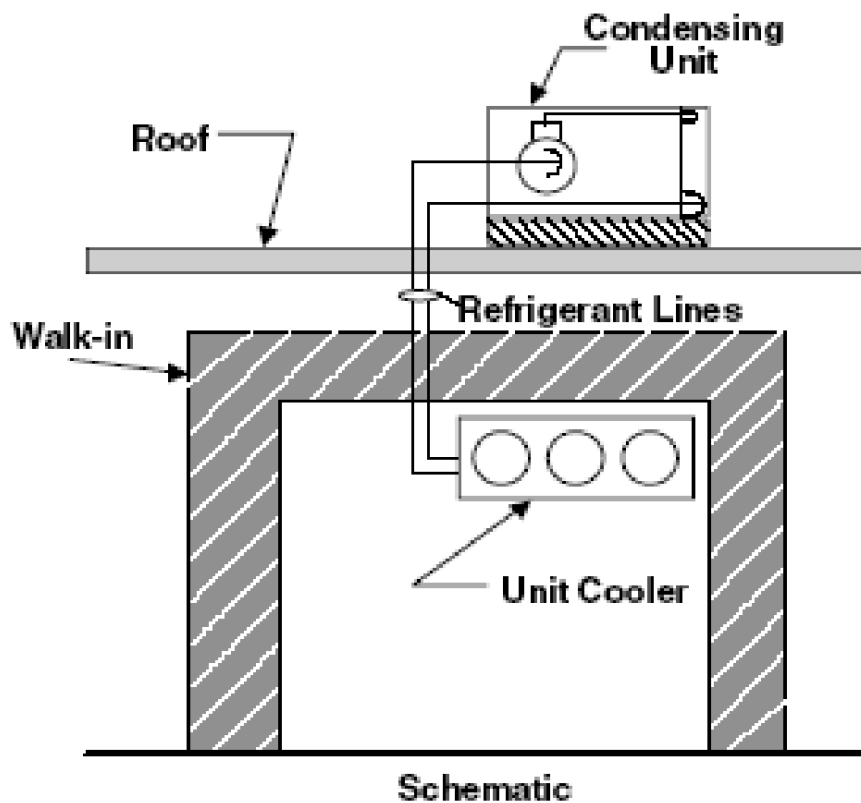
Τα σχήματα 20, 21 φαίνονται οι μονάδες συμπύκνωσης και ψύξης αντίστοιχα που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα διαιρούμενου τύπου, (split). Στο σχήμα 22, φαίνεται σχηματικά ένα διαιρούμενου τύπου σύστημα ψύξης Walk-in.



Σχήμα 20: Τυπική μονάδα συμπύκνωσης



Σχήμα 21: Τοπική μονάδα ψύξης



Σχήμα 22: Απεικόνιση Walk - in διαιρούμενου τύπου

Τα βασικά συστατικά μέρη ενός Walk-in, είναι αυτά που χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ψύξης. Συγκεκριμένα, ημι-κλειστού ή κλειστού τύπου συμπιεστές, ανεμιστήρες εξατμιστή, εξατμιστές, ανεμιστήρες συμπυκνωτή και συμπυκνωτές. Η ροή του

ψυκτικού ελέγχεται από μία θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης, ωστόσο μερικές μικρότερες μονάδες, χρησιμοποιούν τριχοειδές για τον περιορισμό της ροής. Οι περισσότερες μονάδες σήμερα χρησιμοποιούν ψυκτικό HFC-404A. Τα μεγέθη των συμπιεστών κυμαίνονται από 1,5hp μέχρι 5hp ανάλογα με την εφαρμογή. Τα εστιατόρια χρησιμοποιούν συνήθως ψυγεία 2hp και καταψύκτες 3hp. Τα παντοπωλεία, τα οποία ψύχουν ή να καταψύχουν πολλά προϊόντα που παραδίδονται σε θερμοκρασία δωματίου, συχνά χρησιμοποιούν κινητήρες 5hp.

Τα Walk-ins μονώνονται με πολυουρεθάνη, διογκούμενο πολυστυρένιο και εξωθούμενο πολυστυρένιο. Συνήθως μονώνονται με R-28 αφρό πολυουρεθάνης, ελάχιστου πάχους 10cm. Οι περισσότεροι κατασκευαστές τώρα παρέχουν τη δυνατότητα χρήσης 13cm ή 15cm μόνωσης για εφαρμογές χαμηλότερων θερμοκρασιών. Το τοίχωμα, το ταβάνι και η μόνωση της πόρτας πρέπει να είναι τουλάχιστον R-25 για ψυγεία και R-32 για καταψύκτες. Το πάτωμα στους καταψύκτες, χρειάζεται επίσης μόνωση τουλάχιστον R-28. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από γαλβανισμένο ατσάλι. Άλλες δομές τοιχώματος που χρησιμοποιούνται, είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας, το αλουμίνιο και πλαστικό ενισχυμένο με ίνες υάλου. Στα Walk-ins υπάρχει πάντα τουλάχιστον μία πόρτα και οι πόρτες τους, είναι γενικά καλά μονωμένες και έχουν ανθεκτικά παρεμβύσματα. Οι καταψύκτες χρησιμοποιούν αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις, στις πόρτες πρόσβασης. Τα παντοπωλεία χρησιμοποιούν γενικά πόρτες προώθησης στη μία πλευρά του Walk-in επειδή επιτρέπουν την εύκολη ανανέωση των αποθεμάτων στα ράφια πώλησης. Οι πόρτες αυτές αποτελούνται γενικά από πολύ-επίπεδο μονωτικό γυαλί και να έχουν αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις.

Οι εσωτερικοί χώροι των Walk-ins είναι γενικά φωτισμένοι με μία ή περισσότερες λυχνίες πυρακτώσεως αποδίδοντας ένα μέσο φορτίο ενός βατ ανά τετραγωνικό πόδι. Τα Walk-ins προώθησης, μπορεί να χρησιμοποιούν επίσης λαμπτήρες φθορισμού για το φωτισμό των προϊόντων. Συνήθως, χρησιμοποιούνται λαμπτήρες T12 , αλλά οι λάμπες T8 και τα LED χρησιμοποιούνται πλέον όλο και συχνότερα.

5.1.1 Κατανάλωση Walk-Ins

Η κατανάλωση αφορά ένα split σύστημα ψυγείο παντοπωλείου με πόρτες προώθησης των προϊόντων και έναν αυτόνομο καταψύκτη χωρίς προώθηση προϊόντων.

Πίνακας 8: Χαρακτηριστικά τυπικού ψυγείου και καταψύκτη Walk-In

	Walk –In Ψυγείο	Walk-In Καταψύκτης
Εμβαδό δαπέδου (m ²)	21.5	7.2
Πλάτος (m)	7	2.4
Βάθος (m)	3	3
Ύψος (m)	2.6	2.3
Πάχος τοιχώματος (cm)	10	10
Πόρτες προώθησης (m)	(10) 0.6 x 2	-
Αριθμός υαλοπινάκων	2*	-
Πόρτες πρόσβασης	(1) 0.9 x 2	(1) 0.9 x 2
Τύπος ψυκτικού	R-404A	R-404A
Συμπιεστής HP	5	1.5
Τύπος συμπιεστή	Ημι-κλειστός παλινδρομικός	Ημι-κλειστός παλινδρομικός
Θερμοκρασία χώρου (°C)	35	32.2
Θερμοκρασία καμπίνας (°C)	1.7	-23.3
Θερμοκρασία εξάτμισης (°C)	-3.8	-32.2
Θερμοκρασία συμπύκνωσης (°C)	40.5	45
Απόδοση συμπιεστή (kBtuh)	45.0	4.9
Ισχύς συμπιεστή (W)	3850	1445
EER (Btu/W)	11.7	3.41
Αντι-θαμβωτικού Watt (W)	300**	230***
Έλεγχος αντι-θαμβωτικού	Όχι	Όχι
Απόψυξης (W)	-	1500
Έλεγχος απόψυξης	-	Εκκίνηση βάση χρόνου/ Τερματισμός βάση θερμοκρασίας
Θερμαντήρας λεκάνης αποχέτευσης (W)	-	500
Έλεγχος θερμαντήρα αποχέτευσης	-	Εκκίνηση βάση χρόνου/ Τερματισμός βάση θερμοκρασίας

* Διπλό τζάμι πόρτας (εσωτερικά αδρανές αέριο)

** Στις πόρτες προώθησης προϊόντων μόνο

*** Στην πόρτα πρόσβασης

Το θερμικό φορτίο υπό σταθεροποιημένες συνθήκες, φαίνεται στον πίνακα 9. Η υπερδιαστασιολόγηση του συμπιεστή είναι μεγαλύτερη στο ψυγείο, για να ψύχει τα προϊόντα στην επιθυμητή θερμοκρασία και να ανταποκρίνεται στο αυξημένο θερμικό φορτίο λόγω του συχνού ανοίγματος των γυάλινων πορτών προώθησης των προϊόντων.

Πίνακας 9: Φορτίο ψύξης τυπικού Walk-In (Btu/hr)

	Walk – In Ψυγείο (21.5 m²)	Walk – In καταψύκτης (7.2 m²)
Ανεμιστήρες εξαμιστή	2.730	614
Σπείρα απόψυξης	-	215
Θερμαντήρας λεκάνης αποστράγγισης	-	71
Φωτισμός	556	117
Απώλειες τοιχωμάτων	1.270	1.103
Απώλειες γυάλινης πόρτας	4.146	0
Ανεπιθύμητη εισροή αέρα	420	150
Σύνολο	9.226	2.290
Απόδοση συμπίεσης	44.970	4.929

Οι εναλλάκτες θερμότητας των δύο συστημάτων, χρησιμοποιούν πρότυπη κατασκευή πτερυγίου - σωλήνα, ωστόσο ο εξαμιστής του ψυγείου είναι σε θέση να παρέχει σημαντικά περισσότερη ψύξη από τον εξαμιστή του καταψύκτη. Οι εξαμιστές χαμηλής θερμοκρασίας, έχουν περιορισμούς στην απόσταση των πτερυγίων για να διασφαλίσουν ότι η ροή του αέρα είναι αποδεκτή, όταν σχηματίζονται παχιά στρώματα πάγου. Οι κινητήρες των ανεμιστήρων του συμπυκνωτή είναι πιο αποτελεσματικοί από τους κινητήρες των ανεμιστήρων του εξαμιστή επειδή είναι μεγαλύτεροι. Τα πτερύγια των ανεμιστήρων είναι συνήθως από αλουμίνιο.

Πίνακας 10: Τυπικοί εναλλάκτες θερμότητας τυπικού Walk-In

		Walk –In display Cooler	Walk-In Freezer
Εξατμιστής	Επιφάνεια (m ²)	n/a	26
	Ροή Αέρα	3.200	1.680
	Αριθμός ανεμιστήρων	8	2
	Τύπος Ανεμιστήρων	Προπέλα: 12", χαλύβδινος άξονας, πρεσαριστές πτερωτές αλουμινίου	Προπέλα: 7", χαλύβδινος άξονας, πρεσαριστές πτερωτές αλουμινίου
	Watt Ανεμιστήρα	110 (ο καθένας)	90 (ο καθένας)
	Τύπος κινητήρα ανεμιστήρα	Shaded Pole (1/20hp)	Shaded Pole (1/40hp)
Συμπυκνωτής	Επιφάνεια	n/a	270
	Ροή Αέρα	n/a	1.625
	Αριθμός ανεμιστήρων	2	1
	Τύπος Ανεμιστήρων	Προπέλα: χαλύβδινος άξονας, πρεσαριστές πτερωτές αλουμινίου	Προπέλα: χαλύβδινος άξονας, πρεσαριστές πτερωτές αλουμινίου
	Watt Ανεμιστήρα	530 (ο καθένας)	329 (ο καθένας)
	Τύπος κινητήρα ανεμιστήρα	PSC (1/2hp)	Πυκνωτής εκκίνησης Επαγωγική λειτουργία (1/6hp)

Πίνακας 11: Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας "τυπικού ψυγείου Walk-In" προώθησης προϊόντων

	Κατανάλωση ισχύος (W)	Κύκλοι (%)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	3.850	66	22.259	53%
Ανεμιστήρες εξατμιστή (8)	880	100	7.008	16%
Ανεμιστήρες συμπυκνωτή (2)	1.508	66	8.719	21%
Αντι-θαμβωτικός θερμαντήρας	300	100	2.628	6%
Φώς βιτρίνας ¹	219	66	1.266	3%
Φώς χώρου	69	50	302	1%
Σύνολο			42.182	100%

1. Το φως “βιτρίνας” παρέχεται από 4 λάμπες 1,5cm ,T8 31.5W λαμπτήρες φθορισμού (w/2 λάμπες ανά ballast)

Πίνακας 12: Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας "τυπικού καταψύκτη Walk-In", αποκλειστικά αποθήκευσης

	Κατανάλωση ισχύος (W)	Κύκλοι (%)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	1.445	70	8.861	57%
Ανεμιστήρες εξατμιστή	180	100	1.577	10%
Ανεμιστήρες συμπυκνωτή	329	70	2.017	13%
Σπείρα απόψυξης*	1.500	4	548	4%
Θερμαντήρας λεκάνης αποστράγγισης*	500	4	183	1%
Αντιστάσεις Αντι-υγροποίησης	230	100	2.015	13%
Φώτα	74	50	324	2%
Σύνολο			15.524	100

*Λειτουργούν 60min κάθε 24hr

5.1.2 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Walk-Ins

Τα walk-ins έχουν αναμενόμενη διάρκεια ζωής 12-25 χρόνια. Ο συμπιεστής έχει αναμενόμενη διάρκεια ζωής 8 - 12 χρόνια, οπότε μπορεί να αντικατασταθεί μία ή δύο φορές κατά τη διάρκεια της ζωής του Walk-in. Εάν η μονάδα συμπύκνωσης είναι κατά τα άλλα σε καλή κατάσταση, μόνο ο συμπιεστής πρέπει να αντικατασταθεί. Περιβαλλοντικά ζητήματα επίσης ίσως οδηγήσουν στην αντικατάσταση ολόκληρης της μονάδας συμπύκνωσης. Η συντήρηση των Walk-Ins περιλαμβάνει, την παρακολούθηση των πιέσεων του ψυκτικού για να επιβεβαιωθεί ότι βρίσκονται σε φυσιολογικά εύρη και τον καθαρισμό των επιφανειών του εναλλάκτη θερμότητας από τις ακαθαρσίες. Αξίζει να σημειώσουμε ότι συχνά, η συντήρηση γίνεται μόνο αφού το σύστημα διακόψει τη λειτουργία του ή έχει ανεπαρκή ψύξη.

5.2 Εξοπλισμός Ψύξης Παροχής Υπηρεσιών Εστίασης

Ο εξοπλισμός ψύξης μαζικής εστίασης, χρησιμοποιείται για την παροχή ψύξης και αποθήκευσης των τροφίμων καθώς και τη διασφάλιση των απαραίτητων συνθηκών πριν και κατά τη διάρκεια του σερβιρίσματος. Ο εξοπλισμός αυτού του είδους απαντάται κατά κύριο λόγο σε εστιατόρια, ξενοδοχεία, καταστήματα τροφίμων, supermarket, εταιρείες, σχολεία και σε άλλες εγκαταστάσεις όπου παρέχονται υπηρεσίες φαγητού [4].

Στους βασικούς τύπους εξοπλισμού περιλαμβάνονται:

- **Τράπεζα μπουφέ-** παρέχει κρύες σαλάτες και γενικότερα κρύα τρόφιμα έτοιμα προς σερβίρισμα, διατηρώντας τα στην επιθυμητή θερμοκρασία.
- **Τράπεζα εργασίας-** αποτελεί εμπορικό ψυγείο με τράπεζα εργασίας στο επάνω μέρος
- **Τράπεζα προετοιμασίας** - αποτελεί ένα εμπορικό ψυγείο με χώρους ψύξης τροφίμων στο επάνω μέρος και με επιπλέον ή μη, χώρους στο κάτω μέρος.

Εξοπλισμός παροχής υπηρεσιών εστίασης



Σχήμα 23: Τράπεζα μπουφέ



Σχήμα 24: Τράπεζα εργασίας



Σχήμα 25: Τράπεζα προετοιμασίας

Για την ανάλυση της εξοικονόμησης ενέργειας, επιλέχθηκαν οι τράπεζες προετοιμασίας ως η βασική μονάδα εκπροσώπησης της κατηγορίας εξοπλισμού

παροχής υπηρεσιών εστίασης, επειδή κατέχουν την πλειοψηφία στην κατηγορίας αυτή. Οι τράπεζες εργασίας καθώς και οι τράπεζες μπουφέ, που απεικονίζεται παραπάνω, έχουν πολύ μικρότερο μερίδιο στην αγορά, σε σύγκριση με τις τράπεζες προετοιμασίας και δεν δικαιολογούν ξεχωριστή κατηγορία στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία.

Μία τράπεζα προετοιμασίας φαγητού είναι μία καμπίνα με τράπεζα στο επάνω μέρος, συρτάρια, και ένα αποθηκευτικό χώρο ψύξης κάτω από την επιφάνεια της τράπεζας. Επίσης διαθέτει εύκολα διαμερίσματα τροφίμων εύκολης πρόσβασης με καπάκια, στην κορυφή της τράπεζας (που είναι γνωστά και ως σιδηρόδρομος). Συνήθως, είναι περίπου 0.6m με 0.9m βάθος, 0.9m πλάτος και κυμαίνεται σε μήκος από περίπου 0.9m έως 3m. Μία τράπεζα προετοιμασίας είναι σχεδιασμένη να παρέχει εύκολη πρόσβαση και αποθήκευση των τροφίμων. Η χωρητικότητα της καμπίνας, κυμαίνονται από περίπου 0.3 έως 1.2 m³, ενώ οι χωρητικότητες και οι διαστάσεις είναι τυποποιημένες από τους περισσότερους κατασκευαστές.

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικά, τυπικών τραπεζών προετοιμασίας

Μονάδα	Διαστάσεις (in) (Π x Β x Υ)	Όγκος χώρου ψύξης (m ³)	Ισχύς (W) Επάνω κάλυμμα / Κάτω κάλυμμα	Κατανάλωση ενέργειας μονάδας (kWh/y)
1	44 x 20 x 17.5	0.25	208/151	1.717
2	26 x 25.5 x 17.5	0.19	376/298	2.912
3	45 x 27 x 26	0.52	268/167	1.882
4	41.5 x 17 x 22	0.25	463/232	3.004
5	44.5 x 24.5 x 24.5	0.44	304/255	2.416
6	44 x 24 x 20	0.34	423/413	3.611
7	41.5 x 17 x 22	0.25	334/324	2.842
8	26 x 25.5 x 17.5	0.19	386/281	2.880
Μέσος όρος		0.30		2.660

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους είναι, ανοξείδωτο ατσάλι, βαμμένος χάλυβας, χάλυβας με επικάλυψη αλουμινίου, αλουμίνιο και χάλυβας με επίστρωση βινυλίου. Τα υλικά θα πρέπει (1) να διατηρούνται εύκολα καθαρά, (2) να μην αποχρωματίζονται ή χαράσσονται από κοινά καθαριστικά, (3) να είναι αρκετά ισχυρά ώστε να αντιστέκονται στο βούλιαγμα, το γδάρισμα, και την τριβή, καθώς και (4) διαθέτουν την απαραίτητη αντοχή πλαισίου.

Η διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασίας, μπορεί να είναι πρόκληση. Η ψύξη παρέχεται με την κυκλοφορία ψυχρού ρεύματος αέρα κάτω από τους κάδους. Το

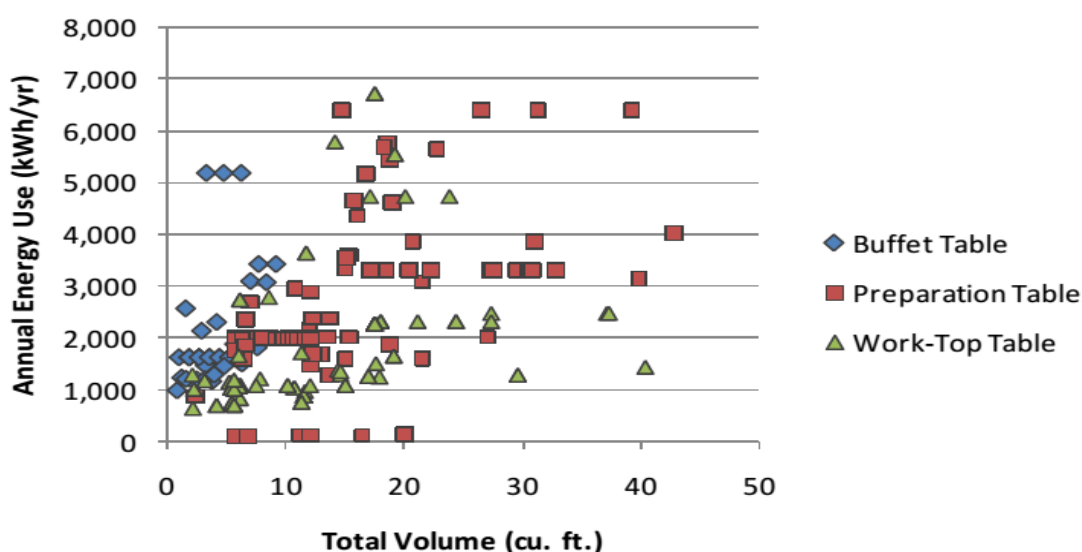
ρεύμα ψυχρού αέρα, μπορεί να μη φτάνει σε κάθε κάδο ομοιόμορφα, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει ανομοιομορφία θερμοκρασιών στους κάδους.

Οι τράπεζες προετοιμασίας, συνήθως έχουν αυτόνομα συστήματα ψύξης. Στα βασικά εξαρτήματα του συστήματος ψύξης, περιλαμβάνονται:

- Συμπιεστής: Συνήθως χρησιμοποιούνται συμβατικοί παλινδρομικοί συμπιεστές ψύξης, με ικανότητες που κυμαίνονται από 1/5 έως 3/4hp, ανάλογα με το μέγεθος της τράπεζας
- Συμπυκνωτής: Συμβατικός αερόψυκτος περυγίου-σωλήνα
- Συσσκευή εκτόνωσης: Τριχοειδείς σωλήνες
- Εξατμιστής: Συνήθως ο σχεδιασμός αποτελείται από σωλήνες χαλκού με πτερύγια αλουμινίου
- Σωληνώσεις ψυκτικού
- Ψυκτικό: HFC - 134a και HFC - 404A είναι τα κύρια ψυκτικά που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες τράπεζες προετοιμασίας σήμερα.

5.2.1 Κατανάλωση ενέργειας εξοπλισμού ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης

Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν πρότυπα απόδοσης για τις τράπεζες προετοιμασίας, η κατανάλωση ενέργειας διαφοροποιείται σημαντικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 26. Γενικά οι τράπεζες μπουφέ έχουν χωρητικότητα λιγότερη από 0.3m³ με κατανάλωση χονδρικά 1.800kWh σε ετήσια βάση, ενώ στις τράπεζες προετοιμασίας και εργασίας, η χωρητικότητα μπορεί να ποικίλει από λιγότερο από 0.15m³ έως πάνω από 1.2m³, και κατανάλωση έως 6.600kWh σε ετήσια βάση.



Σχήμα 26: Διάγραμμα κατανάλωσης ενέργειας vs χωρητικότητα, ψυγείων παροχής υπηρεσιών εστίασης

Στην εξοικονόμηση ενέργειας και την οικονομική μας ανάλυση, αναλύουμε μια πρωτότυπη τράπεζα προετοιμασίας και θεωρούμε τα αποτελέσματα ότι είναι εφαρμόσιμα και στους τρεις τύπους εξοπλισμού παροχής υπηρεσιών εστίασης. Ο Πίνακας 14 περιγράφει το συμπιεστή και τις τυπικές θερμοκρασίες της τυπικής τράπεζας προετοιμασίας. Μια σύνοψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας μιας τράπεζας προετοιμασίας, φαίνεται στον Πίνακα 15. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας μιας τυπικής καινούργιας μονάδας είναι 2.341 KWh/y.

Πίνακας 14: Περιγραφή συμπιεστή και τυπικές θερμοκρασίες "τυπικής τράπεζας προετοιμασίας"

Τυπικός συμπιεστής σε 0.33m ³ Τράπεζα προετοιμασίας	
Τύπος	Κλειστός
Ιπποδύναμη	1/3
Ικανότητα (Btu/h)	1.200
Ισχύς (W) ²	216

Τυπικές θερμοκρασίες (°C)	
Καμπίνα	-18
Εξατμιστής	-29
Περιβάλλοντος	32.2
Συμπύκνωσης	43.3

Πίνακας 15: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικής τράπεζας προετοιμασίας"

Εξάρτημα	Ισχύς (W)	Κύκλος λειτουργίας (%)	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής ¹	216	66%	1.246	53%
Ανεμιστήρες εξατμιστή	45	100%	394	17%
Ανεμιστήρας ² Συμπυκνωτή	45	66%	260	11%
Αντιστάσεις αντι-υγροποίησης ³	49	100%	427	18%
Φώτα ⁴	50	3%	14	1%
Σύνολο	-	-	2.341	100%

- 1/3hp ονομαστική ισχύς συμπιεστή, η πραγματική διαφοροποιείται
2. Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή, δουλεύει παράλληλα με το συμπιεστή
3. Υπάρχουν 9.85W αντιστάσεις ανά μέτρο της περιμέτρου της πόρτας (68,58cm x 147.3cm)
4. Μία λάμπα πυρακτώσεως 25W λειτουργεί, όταν η πόρτα είναι ανοιχτή (0.5 έως 1 ώρα την ημέρα)

5.2.2 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση εξοπλισμού μαζικής εστίασης

Η τυπική διάρκεια ζωής ενός Reach- in είναι 8-10 έτη. Τα συστήματα ψύξης μαζικής εστίασης, εκτιμάται ότι έχουν συγκρίσιμο προσδόκιμο ζωής με τα ψυγεία reach-in, λόγω της παρόμοιας κατασκευής τους.

Η προτεινόμενη συντήρηση του ψυκτικού συστήματος, περιλαμβάνει καθαρισμό του εναλλάκτη συμπύκνωσης, για να διατηρείται καθαρός από ακαθαρσίες και σκόνες.

5.3 Reach-ins

Οι εμπορικές καμπίνες πρόσβασης “reach-in”, είναι κατακόρυφα, αυτόνομα ψυγεία με συμπαγείς αδιαφανείς ή γυάλινες πόρτες που στόχο έχουν να διατηρήσουν τα προϊόντα στην επιθυμητή θερμοκρασία. Τα ψυγεία αυτά χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο σε εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις υπηρεσιών τροφίμων. Αποτελούν αυτόνομες μονάδες, όπου το ψυκτικό κύκλωμα βρίσκεται μέσα στη μονάδα και ο θερμός αέρας του ψυκτικού κύκλου απελευθερώνεται στον περιβάλλοντα χώρο. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τόσο ψυγεία όσο και καταψύκτες.

Τα Reach - in απαντώνται σε εστιατόρια πλήρους εξυπηρέτησης, εστιατόρια «fast-food», και σε εγκαταστάσεις μαζικής εστίασης, σε κτίρια όπως νοσοκομεία, γραφεία κ.α. Οι μεγαλύτερες τελικοί χρήστες είναι μεγάλες αλυσίδες «fast-food» . Η αγορά των Reach-in ψυγείων και τα καταψυκτών, είναι πολύ κατακερματισμένη, λόγω της μεγάλης ποικιλίας και τον αριθμό εστιατορίων και άλλων χρηστών [4,13].

5.3.1 Reach-in καταψύκτες

Στο σχήμα 27, παρουσιάζεται ένα τυπικό καταψύκτη reach-in μιας πόρτας. Η χωρητικότητά του είναι περίπου 0.7m^3 . Η καμπίνα είναι συνήθως μονωμένη με R-τιμή από 15 έως 20 και πάχος 5cm - 6,3cm αφρό πολουρεθάνης. Η μονάδα συνήθως στηρίζεται σε 4 τροχούς ή σε τέσσερα ρυθμιζόμενα πόδια. Η καμπίνα και οι πόρτες είναι συνήθως από ανοξείδωτο ατσάλι. Αντιστάσεις αντι-υγροποίησης τοποθετούνται κατά μήκος της περιμέτρου της πόρτας, αποτρέποντας τη συμπύκνωση και το πάγωμα του παρεμβύσματος και του πλαισίου της πόρτας. Στο εσωτερικό του καταψύκτη, υπάρχει ένα φως πυρακτώσεως (συνήθως 25W) που λειτουργεί όταν η πόρτα του καταψύκτη είναι ανοιχτή. Ο εξατμιστής έχει μια ηλεκτρική αντίσταση απόψυξης με περίπου 6000W απόδοση, με έλεγχο εκκίνησης βάση χρόνου και έλεγχο τερματισμού βάση θερμοκρασίας. Αυτό το σύστημα ελέγχου εκκινεί την απόψυξη βάση χρονοπρογραμματισμού και τερματίζει την απόψυξη όταν ο εξατμιστής έχει φτάσει σε θερμοκρασία που υποδεικνύει ότι ο πάγος έχει λιώσει.



Σχήμα 27: Καταψύκτης Reach-in "συμπαγούς πόρτας"

Πίνακας 16: Περιγραφή τυπικής καμπίνας Reach-in καταψύκτη

Σύνολο εξωτερικών διαστάσεων			Σύνολο εσωτερικών διαστάσεων			Μόνωση		Ράφια		Πόρτες
M cm	Π cm	Υ cm	Μήκος cm	Πλάτος cm	Ύψος cm	Πάχος cm	R-τιμή ανά in (ft ² - °F-h/Btu)	Αριθμός	Συνολική επιφάνεια ραφιών m ²	Τύπος
76.2	81	210.8	63.5	68.58	147.3	5 – 6.3	6.5-7	3	1.4	ανοξείδωτος χάλυβας

Το σύστημα ψύξης ενός βασικού καταψύκτη reach-in, αποτελείται από ένα κλειστού τύπου συμπιεστή 1/2h, ένα «shaded pole 9» - Watt κινητήρα ανεμιστήρα εξατμιστή και ένα ανεμιστήρα PSC συμπυκνωτή 1/20 hp. Η ροή ψυκτικού ρυθμίζεται από μια θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης. Οι περισσότερες μονάδες που κατασκευάζονται σήμερα χρησιμοποιούν «shaded pole» ή split πυκνωτή, κινητήρες ανεμιστήρα.

Οι Reach-In καταψύκτες συνήθως χρησιμοποιούν R - 404A, όπως και οι περισσότεροι αυτόνομοι εξοπλισμοί χαμηλής θερμοκρασίας. Ορισμένα μοντέλα είναι διαθέσιμα με συστήματα απόψυξης θερμού αερίου ως εναλλακτική λύση, στην ηλεκτρική απόψυξη. Υπάρχει κάποια ανησυχία στη βιομηχανία ωστόσο, λόγω των πιθανών διαρροών που μπορεί να συμβούν από τις θερμικές καταπονήσεις που προκαλούνται από την απόψυξη με θερμό αέριο. Λίγες είναι οι διαθέσιμες μονάδες με αντι-θαμβωτικό σύστημα θερμού αερίου (hot gas).

5.3.2 Reach-in ψυγεία

Το σχήμα 28 δείχνει ένα βασικό 2-πορτο ψυγείο reach-in. Η χωρητικότητά του είναι περίπου 1.45m³. Όπως και στους καταψύκτες Reach-in έτσι και στα ψυγεία Reach-in, η καμπίνα είναι συνήθως μονωμένη με R- τιμή από 15 έως 20 και πάχος 5cm με 6,3cm αφρό πολυουρεθάνης. Η μονάδα επίσης, συνήθως στηρίζεται σε 4 τροχούς ή σε τέσσερα ρυθμιζόμενα πόδια και τόσο η καμπίνα όσο και οι πόρτες είναι συνήθως από ανοξείδωτο ατσάλι. Αντιστάσεις αντι-υγροποίησης τοποθετούνται κατά μήκος της περιμέτρου της πόρτας, αποτρέποντας τη συμπύκνωση και το πάγωμα του παρεμβύσματος και του πλαισίου της πόρτας. Στο εσωτερικό του καταψύκτη, υπάρχει ένα φως πυρακτώσεως (συνήθως 25W) που λειτουργεί όταν η πόρτα του καταψύκτη είναι ανοιχτή. Το σύστημα ψύξης βρίσκεται στην κορυφή της μονάδας. Το γεγονός αυτό, κρατά τα στοιχεία ψύξης μακριά από ακαθαρσίες και μειώνει τη συσσώρευση σκόνης στο συμπυκνωτή, ενώ συγχρόνως καθιστά την πρόσβαση προς συντήρηση και επισκευή εύκολη.

Reach-In ψυγεία



Σχήμα 28: Reach In 2-πορτο με "συμπαγείς πόρτες"



Σχήμα 29: 1-πορτο με τζάμι



Σχήμα 30: Reach-in 3-πορτο με "συμπαγείς πόρτες"

Πίνακας 17: Περιγραφή τυπικής καμπίνας Reach-in ψυγείου

Σύνολο εξωτερικών διαστάσεων			Σύνολο εσωτερικών διαστάσεων			Μόνωση		Ράφια		Πόρτες
M cm	Π cm	Υ cm	Μήκος cm	Πλάτος cm	Ύψος cm	Πάχος cm	R-τιμή ανά in (ft ² - °F- h/Btu)	Αριθμός	Συνολική επιφάνεια ραφιών m ²	Τύπος
132	81	210.8	121.9	68.58	147.3	5 – 6.3	6.5-7	6	2.79	ανοξείδωτος χάλυβας

Τα βασικά συστήματα ψύξης αποτελούνται από κλειστού τύπου συμπιεστές 1/3hp, δύο ανεμιστήρες εξατμιστή 9-Watt PSC και έναν ανεμιστήρα συμπυκνωτή 1/20 hp. Η ροή ψυκτικού ρυθμίζεται από τριχοειδή σωλήνα εκτόνωσης. Οι περισσότερες μονάδες που κατασκευάζονται σήμερα χρησιμοποιούν «shaded pole» ή κινητήρες ανεμιστήρα με split πυκνωτή. Όπως οι περισσότερες μονάδες μέσης θερμοκρασίας έτσι και τα ψυγεία reach-in χρησιμοποιούν ψυκτικό HFC-R134a.

Παρόλο που, τα ψυγεία reach-in τυπικά δε χρησιμοποιούν αντιστάσεις απόψυξης, χρησιμοποιούν απόψυξη off –κύκλου, για την αποτροπή «χτισίματος» πάγου στον εξατμιστή. Κατά τη διάρκεια του off-κύκλου, ο ανεμιστήρας του εξατμιστή, συνεχίζει να δουλεύει εξασφαλίζοντας επαρκή εξάτμιση της υγρασίας και διατηρώντας την εσωτερική υγρασία σε κατάλληλα επίπεδα για τα προϊόντα.

5.3.3 Reach – In ψυγειοκαταψύκτες

Έχουν όμοια χαρακτηριστικά με τα ψυγεία και τους καταψύκτες reach-in. Οι ψυγειοκαταψύκτες έχουν συνήθως ξεχωριστά συστήματα ψύξης που εξυπηρετούν τους θαλάμους κατάψυξης και συντήρησης. Χρησιμοποιούν R - 404A για το χώρο κατάψυξης και R- 134a για το χώρο συντήρησης. Οι περισσότερες μονάδες που κατασκευάζονται σήμερα χρησιμοποιούν «shaded pole» ή κινητήρες ανεμιστήρα με split πυκνωτή. Οι πρότυπες θερμοκρασίες λειτουργίας είναι από 1°C έως 3.3°C για τον χώρο του ψυγείου και από -20.5°C έως -18°C για την κατάψυξη.



Σχήμα 31: 2-πορτος ψυγειοκαταψύκτης Reach-in "με συμπαγείς πόρτες"

5.3.4 Κατανάλωση Reach-ins

Στη συνέχεια αναλύουμε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και του θερμικού φορτίου σε Reach-in καταψύκτες και ψυγεία. Το βασικό μοντέλο καταψύκτη, λαμβάνεται χωρητικότητας 0.6m^3 με 0.84m^3 . Μια κοινή θερμοκρασία του εξατμιστή είναι -29°C και η θερμοκρασία του συμπυκνωτή είναι περίπου 20°C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η απόδοση του συμπιεστή είναι 56 %.

Πίνακας 18: Περιγραφή συμπιεστή και θερμοκρασιών λειτουργίας "τυπικού Reach-in καταψύκτη"

Τυπικός συμπιεστής σε μονό-πορτο Reach-in καταψύκτη		Τυπικές θερμοκρασίες (°C)	
Τύπος	Κλειστός	Καμπίνας	-18
Ιπποδύναμη	1/2	Εξατμιστή	-29
Ικανότητα (Btu/hr)	2200	Καμπίνας	32.2
Ισχύς(W)	470	Συμπύκνωσης	43

Πίνακας 19: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Reach-in καταψύκτη"

	Κατανάλωση ισχύος (W)	Κύκλοι (%)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	470	65	2.670	67.5
Ανεμιστήρες εξατμιστή	21	100	184	4.5
Ανεμιστήρες συμπυκνωτή	70	65	398.5	10
Αντι-θαμβωτικός θερμαντήρας	43	100	372	9.5
Ηλεκτρική απόψυξη	600	6.25	328.5	8
Φώτα θόλου	25	3.125	7	0.5
Σύνολο			3.960	100

Πίνακας 20: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικού Reach-in καταψύκτη"

Εξάρτημα	Θερμικό φορτίο (Btu/h)
Ανεμιστήρες εξατμιστή	68
Φώτα	3
Εισροή αέρα	41
Απώλειες καμπίνας	329
Απόψυξη	128
Αντι-θαμβωτική θέρμανση	73*
Σύνολο	642
Ικανότητα συμπιεστή	2200

*Εκτιμάται ότι το 50% της αντι-θαμβωτικής κατανάλωσης συμβάλει στο φορτίο της καμπίνας.

Το βασικό μοντέλο ψυγείου λαμβάνεται χωρητικότητας 1.25m³ με 1.7m³. Η θερμοκρασία του εξατμιστή είναι συνήθως περίπου -6.5°C και η θερμοκρασία του συμπυκνωτή είναι συνήθως περίπου 20°C πάνω από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η απόδοση του συμπιεστή είναι 48%. Ιστορικά έχουν υπάρξει ελάχιστα κίνητρα για την ανάπτυξη υψηλής απόδοσης συμπιεστών εμπορικής ψύξης, λόγω της έλλειψης αυστηρών ομοσπονδιακών προτύπων μέχρι πρόσφατα, λόγω των πολύ χαμηλότερων πωλήσεων των συμπιεστών αυτών στην αγορά και λόγω της διαπιστωμένης ανάγκη άμεσων επανεκκινήσεων στις εμπορικές εφαρμογές, δεδομένων των κύκλων λειτουργίας που οφείλονται στα συχνά ανοίγματα των θυρών. Για άμεση επανεκκίνηση, το κύκλωμα εκκίνησης πρέπει να είναι πολύ πιο ισχυρό από ό, τι είναι απαραίτητο για τους οικιακούς συμπιεστές.

Πίνακας 21: Περιγραφή συμπιεστή και θερμοκρασιών λειτουργίας "τυπικού Reach-in ψυγείου"

Τυπικός συμπιεστής σε 2-πορτο Reach-in ψυγείο		Τυπικές θερμοκρασίες (°C)	
Τύπος	Κλειστός	Καμπίνας	4.4
Ιπποδύναμη	1/3	Εξατμιστή	-6.5
Ικανότητα (Btu/hr)	2700	Καμπίνας	32.2
Ισχύς(W)	337	Συμπύκνωσης	43

Πίνακας 22: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Reach-In ψυγείου"

	Κατανάλωση ισχύος (W)	Κύκλοι (%)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	337 ¹	50	1.447	60%
Ανεμιστήρες εξατμιστή	42	100	368	15%
Ανεμιστήρες συμπυκνωτή	42	50 ²	184	7%
Αντι-θαμβωτικός θερμαντήρας	50 ³	100	434	17%
Φώτα	50 (2x50)	3.125 ⁴	14	1%
Σύνολο			2.477	100%

- 1/3hp ονομαστική δύναμη συμπιεστή, στην πραγματικότητα διαφοροποιείται
- Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή, κάνει κύκλους λειτουργίας μαζί με το συμπιεστή
- Υπάρχουν 5,75 W αντι-θαμβωτικών θερμαντήρων ανά γραμμικό μέτρο της περιμέτρου της πόρτας (2 πόρτες 69cm x 147cm)
- Δύο λάμπες πυρακτώσεως των 25W, λειτουργούν όταν ανοίγει πόρτα.

Ο πίνακας 23 δείχνει την ανάλυση του θερμικού φορτίου σε ένα reach-in ψυγείο. Η ικανότητα του συμπιεστή είναι πολύ υψηλότερη του φορτίου υπό σταθεροποιημένες συνθήκες, ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει στο συχνό ανοιγοκλείσιμο της πόρτας και να παρέχει επίσης γρήγορη ψύξης των ζεστών τροφίμων που εισέρχονται στην καμπίνα.

Πίνακας 23: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικού Reach-in" ψυγείου

Εξάρτημα	Θερμικό φορτίο (Btu/h)
Ανεμιστήρες εξατμιστή	164
Φώτα	5
Εισροή αέρα	62
Απώλειες καμπίνας	265
Αντι-θαμβωτική θέρμανση	84*
Σύνολο	580
Ικανότητα συμπιεστή	2700

*Εκτιμάται ότι το 50% της αντι-θαμβωτικής κατανάλωσης συμβάλει στο φορτίο της καμπίνας.

5.3.5 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Reach-ins

Η τυπική διάρκεια ζωής των Reach-In είναι 8 με 10 χρόνια. Τυπικές απαιτήσεις της τακτικής συντήρησης, είναι να διατηρηθεί ο εναλλάκτης του συμπυκνωτή καθαρός από οποιαδήποτε ακαθαρσία. Ωστόσο, γενικά η συντήρηση πραγματοποιείται μόνο όταν παρουσιαστεί ένα πρόβλημα .

5.4 Beverage Merchandisers

Τα ψυγεία αυτού του τύπου, εμπορίας αναψυκτικών-χυμών (soft drinks), είναι αυτόνομα συστήματα, κατακόρυφα, με καμπίνες ψύξης που είναι σχεδιασμένες ώστε να διατηρούν τα «αναψυκτικά» σε ψύξη και να τα προβάλλουν στην αγορά, χωρίς λειτουργία αυτόματης πώλησης. Συνήθως έχουν γυάλινες πόρτες και έντονο φωτισμό. Αυτού του τύπου τα ψυγεία, χρησιμοποιούνται συνήθως σε καταστήματα ψιλικών, στους διαδρόμους των “supermarket”, σε μερικά καταστήματα λιανικής πώλησης και σε μικρές επιχειρήσεις ειδών εστίασης. Καθ’ ότι το σύστημα ψύξης είναι αυτόνομο, η θερμότητα του κυκλώματός τους, αποβάλλεται στον εσωτερικό χώρο του καταστήματος και η ενέργεια που χρησιμοποιούν δε συμπεριλαμβάνεται στη μονάδα ψύξης του πολυκαταστήματος.

Η πλειοψηφία των ψυγείων αυτών, ανήκει σε εταιρείες κατασκευής μπουκαλιών και ποτών, όπως είναι για παράδειγμα η Coca-Cola και η Pepsi. Τα ψυγεία αυτά πωλούνται επίσης απευθείας και σε λιανοπωλητές. Οι εταιρείες μπουκαλιών και αναψυκτικών, τοποθετούν τα ψυγεία αυτά σε σημεία λιανικής πώλησης, όπως είναι

τα ψυλικάζιδικα, τα πολυκαταστήματα κ.α. και είναι υπεύθυνες για την παράδοση των προϊόντων και το γέμισμα των ψυγείων, όπως και για τη συντήρηση και επισκευή αυτών, όταν χρειάζεται. Σημειώνουμε εδώ, ότι το κόστος της καταναλούμενης ενέργειας, καλείται να το πληρώσει ο λιανικός έμπορος σε κάθε περίπτωση.

Τα ψυγεία αυτά επιπλέον δίνουν τη δυνατότητα εύκολης τοποθέτησης και επανατοποθέτησης αν χρειαστεί σε νέες θέσεις, με στόχο τη μεγιστοποίηση των πωλήσεων. Για παράδειγμα στα πολυκαταστήματα, τα ψυγεία αυτά τοποθετούνται κοντά στους διαδρόμους εξόδου, ώστε να προσελκύσουν τους πελάτες και να τους ωθήσουν να αγοράσουν [2,11].

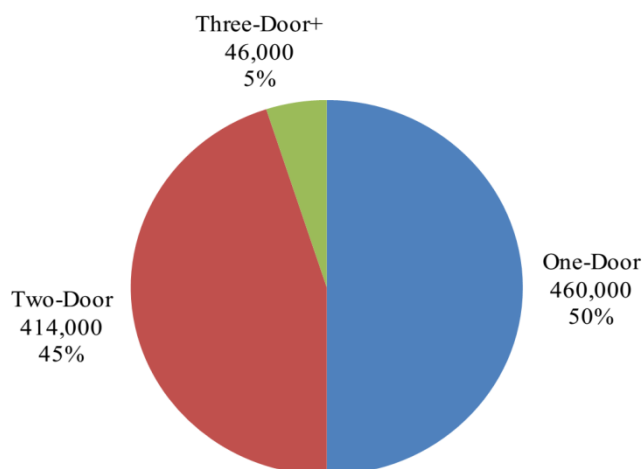
Beverage Merchandisers



Σχήμα 32: Beverage Merchandiser ανοιχτού τύπου



Σχήμα 33: Beverage Merchandiser 1-πορτο με τζάμι



Σχήμα 34: Κατανομή εξοπλισμού Beverage Merchandisers με βάση τις πόρτες

Δεδομένου ότι τα ψυγεία αυτού του τύπου, αξιολογούνται πρωταρχικά από την αύξηση που επιφέρουν στις πωλήσεις, θα πρέπει να:

- Διατηρούν τα «αναψυκτικά» σε χαμηλές θερμοκρασίες (~ 2°C)
- Καθιστούν τα «αναψυκτικά» ελκυστικότερα (με έντονο φωτισμό, λογότυπα, κ.λ.π.)
- Διατηρούν μεγάλο όγκο «αναψυκτικών» (~ 900 κουτάκια μέγιστο, χωρίς ειδική οργάνωση)

Οι εταιρείες εμφιάλωσης (Coca - Cola , Pepsi , κλπ) οι οποίες πωλούν τα προϊόντα τους μέσω αυτών των ψυγείων, παρέχουν προδιαγραφές απόδοσης του συστήματος ψύξης (χρόνος pull-down , διατήρηση – σταθεροποίηση θερμοκρασίας , κ.λπ.) καθώς και προδιαγραφές αισθητικής προς τον κατασκευαστή. Στο σχήμα 35 φαίνονται τα φυσικά χαρακτηριστικά ενός τυπικού 1-πορτου ψυγείου προώθησης αναψυκτικών (beverage merchandiser). Η χωρητικότητά του είναι 0.8m³. Η καμπίνα είναι ως επί το πλείστον μονωμένη με R-11.5, 3.8cm διογκωμένο αφρό πολυουρεθάνης. Συνήθως χρησιμοποιείται διπλό-τζάμι με επικάλυψη χαμηλής εκπομπής, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και τριπλό-τζάμι, μονωμένο, για ακόμα καλύτερη απόδοση. Ορισμένοι κατασκευαστές παρέχουν και ανοιχτά ψυγεία αυτού του τύπου, τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 5% στην αγορά.



Σχήμα 35: Τυπικό Beverage Merchandiser

Πίνακας 24: Φυσικά χαρακτηριστικά "τυπικού Beverage Merchandiser"

Σύνολο εξωτερικών διαστάσεων			Σύνολο εσωτερικών διαστάσεων			Μόνωση		Ράφια		Πόρτες
M cm	Π cm	Υ cm	Μήκος cm	Πλάτος cm	Ύψος cm	Πάχος cm	R-τιμή ανά in (ft ² - °F-h/Btu)	Αριθμός	Συνολική επιφάνεια ραφιών m ²	Τύπος
76.2	88.9*	198	68.6	72.4	156.8	3.8	7.7	4	1.76	Τριπλό τζάμι μόνωσης

*Το κύριο εξωτερικό βάθος της καμπίνας είναι 81.2cm, το επιπλέον βάθος είναι λόγω του χερουλιού της πόρτας

Στο παρελθόν, τα περισσότερα ψυγεία αυτού του τύπου, ήταν εφοδιασμένα με T-12 λαμπτήρες φθορισμού, τόσο για το φωτισμό των προϊόντων, όσο και για το λογότυπο. Σήμερα πλέον η πλειοψηφία των κατασκευαστών, έχει στραφεί σε πιο αποδοτικές T-8 λάμπες και ηλεκτρονικά ballast (σταθεροποιητής). Μία λάμπα των 20-Watt χρησιμοποιείται συνήθως για το λογότυπο και μία λάμπα των 20 ή 31.5 Watt χρησιμοποιείται συνήθως για το φωτισμό των προϊόντων. Ένα απλό «ballast» μπορεί να λειτουργήσει και τις δύο λάμπες. Πλέον χρησιμοποιούνται ευρέως και T-5 λάμπες και LED για ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

Το σύστημα ψύξης είναι συνήθως τοποθετημένο στο κάτω μέρος της μονάδας. Αυτό επιτρέπει στα αναψυκτικά να παρουσιάζονται στο κατάλληλο ύψος πάνω από το δάπεδο και αφήνει περιθώριο για το σήμα - λογότυπο κοντά στην κορυφή της μονάδας. Ωστόσο, όταν το σύστημα ψύξης είναι τοποθετημένο στο επάνω μέρος, παρέχει εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και επισκευή.

Τα βασικά εξαρτήματα του συστήματος ψύξης είναι ένας κλειστού τύπου συμπιεστής 1/3 hp, δύο PSC ανεμιστήρες εξάτμιση και ένα PSC ανεμιστήρας συμπυκνωτή. Και οι δύο τύποι ανεμιστήρων έχουν συνήθως 9 Watt ισχύ εξόδου, που αντλεί 21W ανά κινητήρα. Η ροή ψυκτικού διέπεται από ένα τριχοειδή σωλήνα εκτόνωσης. Η διαστασιολόγηση του τριχοειδούς σωλήνα είναι γενικά ένας συμβιβασμός μεταξύ της ανάγκης για γρήγορο «pull-down» της θερμοκρασίας, όταν τα αναψυκτικά είναι ζεστά και του μειωμένου θερμικού φορτίου που σχετίζεται με τις συνθήκες σταθεροποιημένης κατάστασης.

Για να αντισταθμιστεί αυτή η μεταβολή του φορτίου, πολλά ψυγεία αυτού του τύπου, έχουν πλήρωση ψυκτικού μέσου, κατάλληλη για συνθήκες ταχείας ψύξης (pull-down), χρησιμοποιώντας ένα συσσωρευτή αναρρόφησης για την αποθήκευση της περίσσειας του ψυκτικού κατά τη σταθεροποιημένη λειτουργία. Η περίσσεια

ψυκτικού, περνά στον συμπυκνωτή κατά τη διάρκεια του «pull-down», γεγονός που αυξάνει τη ροή μάζας μέσω του τριχοειδούς σωλήνα, αυξάνοντας την υψηλή πίεση και την υπόψυξη (sub-cooling) στην έξοδο στου συμπυκνωτή. Όλες οι ανεμιστήρες είναι εξοπλισμένοι με «shaded-pole» κινητήρες. Σχεδόν όλες οι μονάδες κατασκευάζονταν με χρήση HFC - 134a ψυκτικού ενώ πλέον οι κατασκευάστριες εταιρείες έχουν στραφεί σε ψυκτικά φιλικότερα προς το περιβάλλον, (που δεν καταστρέφουν το όζον και δε συμβάλλουν ουσιαστικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) όπως είναι οι υδρογονάνθρακες και το CO₂.

5.4.1 Κατανάλωση ενέργειας Beverage Merchandisers

Για το χαρακτηρισμό της κατανομής της κατανάλωσης ενέργειας για τα ψυγεία «αναψυκτικών», επιλέξαμε τη 1-πορτη μονάδα, δεδομένου ότι είναι η πιο κοινή μονάδα που χρησιμοποιείται σήμερα. Η θερμοκρασία εξατμιστή είναι -6.6°C και η θερμοκρασία συμπυκνωτή είναι τυπικά 20°C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρους. Ο πίνακας 25 παρέχει ανάλυση του εκτιμώμενου ψυκτικού φορτίου της μονάδας. Το συνολικό μέσο φορτίο είναι σημαντικά χαμηλότερα από την ικανότητα ψύξης του συστήματος προκειμένου να είναι δυνατή η ταχεία ψύξη (pull-down) των προϊόντων .

Πίνακας 25: Ανάλυση θερμικού φορτίου "τυπικής καμπίνας Beverage Merchandiser"

Εξάρτημα	Θερμικό φορτίο (Btu/h)
Ανεμιστήρες εξατμιστή	143
Φώτα	337
Εισροή αέρα	125
Απώλειες καμπίνας	204
Απώλειες πόρτας	50
Σύνολο	859
Ικανότητα ψύξης	2.500

Πίνακας 26: Ανάλυση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας "τυπικού Beverage Merchandiser"

	Κατανάλωση ισχύος (W)	Κύκλοι (%)	Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	350 ¹	40 ²	1.221	48%
Ανεμιστήρες εξατμιστή (2)	42	100	368	15%
Ανεμιστήρας συμπυκνωτή	21	40 ^{2,3}	74	3%
Φώτα θόλου	99	100	864	34%
Σύνολο			2.527	100%

¹ 1/3 Ονομαστική ισχύς συμπιεστή . Η πραγματική ισχύς συμπιεστή ποικίλει.

² Εκτιμώμενος κύκλος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 21°C, 30% αυξήθηκε κατά 10% για την ταχεία ψύξη (pull-down).

³ Κύκλοι ανεμιστήρα συμπιεστή, μαζί με το συμπιεστή.

5.4.2 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση Beverage Merchandisers

Η τυπική διάρκεια ζωής ενός «έμπορου αναψυκτικών» είναι 7-10 έτη. Μετά την τυπική διάρκεια ζωής αυτή, η εταιρεία αναψυκτικών, θα επιλέξει να:

- Πετάξει τη μονάδα και να τη χρησιμοποιήσει για ανταλλακτικά
- Πουλήσει την μονάδα στο εξωτερικό
- Ανακαινίσει τη μονάδα για να συνεχίσει τη χρήση της στην ίδια ή σε άλλη τοποθεσία

5.5 Μονάδες παραγωγής πάγου (Ice Machines)

Οι μηχανές παραγωγής πάγου, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μίας ποικιλίας τύπων πάγου, που χρησιμοποιούνται στην υπηρεσία τροφίμων, στη συντήρηση τροφίμων, σε ξενοδοχεία και σε βιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης. Οι μηχανές αυτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, αναλόγως αν ο μηχανισμός παραγωγής πάγου και η μονάδα συμπύκνωσης συμπεριλαμβάνονται σε μία μονάδα και αν η μονάδα διαθέτει ενσωματωμένο δοχείο αποθήκευσης. Οι τρεις αυτοί τύποι φαίνονται στον πίνακα 27 [4,14,15,16].

Πίνακας 27: Τυπικοί εξοπλισμοί μηχανών παραγωγής πάγου (ice-machines)

	Διαμόρφωση της μονάδας συμπύκνωσης	Διαμόρφωση του δοχείου αποθήκευσης
Ice Making Head (IMH)	Ενσωματωμένο	Ξεχωριστό
Self-Contained Unit (SCU)	Ενσωματωμένο	Ενσωματωμένο
Remote-Condensing Unit (RCU)	Ξεχωριστό	Ξεχωριστό



Σχήμα 36: Τύποι Μηχανών παραγωγής πάγου

α: Ice-Machine Head (IMH) β) Self-Contained Unit (SCU) γ) Remote-Condensing Unit (RCU)

Τα είδη πάγου που παράγονται, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, περιλαμβάνουν:

- Παγάκια τετράγωνα, αρκετά ομοιόμορφα, σκληρά, συνήθως καθαρού πάγου, που ζυγίζουν λιγότερο από 60gr το παγάκι.
- Νιφάδες (flakes) ή τσιπ πάγου, που περιέχουν έως 20% κ.β. νερό σε υγρή μορφή και χρησιμοποιούνται κυρίως για την προσωρινή διατήρηση των τροφίμων και περιστασιακά για αναψυκτικά.
- «Nugget» πάγου, που δημιουργούνται με τη συμπίεση μείγματος πάγου και νερού. Χρησιμοποιείται κυρίως για να διατηρούν τα «αναψυκτικά» παγωμένα.



Σχήμα 37: Είδη παραγόμενου πάγου, κύβος, νιφάδα, ψήγμα

Οι μηχανές παγο-κύβων, συναντώνται κυρίως σε εστιατόρια , ξενοδοχεία , σχολεία και άλλες εγκαταστάσεις , όπου σερβίρεται φαγητό , όπως γήπεδα , συνεδριακά κέντρα και κτίρια γραφείων. Συνήθως βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους, (π.χ. κουζίνα, χώρους αυτόματης πώλησης ξενοδοχείων) και περιστασιακά σε εξωτερικούς χώρους (π.χ. εξωτερικούς διαδρόμους ξενοδοχείων). Στα σχήματα κύβου περιλαμβάνονται: κύβος, ορθογώνιο, κυκλικό, φακοειδές και μαξιλαριού. Το σχήμα κύβου, συνήθως είναι μοναδικό για ένα συγκεκριμένο κατασκευαστή και χρησιμοποιείται για να διακρίνει έναν κατασκευαστή από έναν άλλο. Η μέγιστη διάσταση κύβου είναι περίπου 3,2cm, ανάλογα και με το σχήμα του κύβου. Στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του παγο-κύβου, περιλαμβάνονται, ελάχιστο υγρό περιεχόμενο, απαλός πάγος για την ελαχιστοποίηση της απώλεια διοξειδίου στα αναψυκτικά, αργή τήξη και καθαρότητα.

Οι μηχανές νιφάδων πάγου χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συντήρηση των τροφίμων στη βιομηχανία των πωλήσεων τροφίμων. Συχνά κατασκευάζονται για την κάλυψη αναγκών υψηλής παραγωγικότητας. Η τράπεζες αλιευτικών και σαλάτας αποτελούν, κλασσικές εφαρμογές των νιφάδων πάγου.

Ο πάγος «nugget» γίνεται διαρκώς όλο και πιο δημοφιλής καθώς «μασιέται» ευκολότερα από τον παραδοσιακό πάγο. Αυτός είναι και ο λόγος πλέον που οι μεγάλοι κατασκευαστές έχουν αναπτύξει τη δική τους μάρκα «nugget» πάγου.

Ένα τυπικό μηχάνημα πάγου αποτελείται από ένα σύστημα ψύξης, ένα σύστημα παροχής νερού, μία καμπίνα και τη μόνωση. Υποθέτουμε μια αερόψυκτη κεφαλή παραγωγής κυβικού πάγου 500 ως μια αντιπροσωπευτική μονάδα για την ανάλυση της ενεργειακής εξοικονόμησης .

Οι κεφαλές παραγωγής είναι οι πιο ευέλικτες από τους τρεις τύπους και είναι διαθέσιμες στο ευρύτερο φάσμα αποδόσεων. Τοποθετούνται γενικά στην κορυφή ενός ξεχωριστού δοχείου αποθήκευσης - πώλησης. Οι μονάδες RCU είναι παρόμοιες με τις μονάδες IMH με τη διαφορά ότι έχουν απομακρυσμένο συμπυκνωτή, ο οποίος συνήθως βρίσκεται σε εξωτερικούς χώρους, αποβάλλοντας τη θερμότητα απευθείας στον εξωτερικό αέρα, χωρίς να θερμαίνουν τον αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι SCU μονάδες κατασκευάζονται γενικά με μικρότερες δυνατότητες από τις IMH και τις RCU μονάδες.

Τα δοχεία αποθήκευσης έχουν γενικά μια πλήρους-πλάτους πόρτα, για την εύκολη πρόσβαση των χρηστών στον πάγο. Η παραγωγική ικανότητα πάγου, μπορεί να επεκταθεί στις μονάδες IMH και RCU, είτε στοιβάζοντας μια επιπλέον μηχανή στην κορυφή της πρώτης μηχανής είτε με την τοποθέτηση μιας δεύτερης μηχανής δίπλα στην πρώτη μηχανή, στην κορυφή ενός ενιαίου δοχείου αποθήκευσης πάγου. Όταν οι μηχανές στοιβαχθούν, ο πάγος που παράγεται στην επάνω μηχανή, πέφτει μέσω της μεσαία μηχανής στον κάδο αποθήκευσης. Πρέπει να παρέχεται αποχέτευση για την

απομάκρυνση της περίσσειας νερού από το μηχάνημα πάγου και την τήξη του πάγου στον κάδο.

Στις παγο-μηχανές, ο πάγος σχηματίζεται περνώντας ένα φιλμ νερού πάνω από τον εξατμιστή και επιτρέποντας σε ορισμένη ποσότητα νερού να παγώσει και σε ορισμένη να επανακυκλοφορεί με μια αντλία. Το στρώμα πάγου, μεγαλώνει σταδιακά. Επειδή δεν παγώνει όλη η ποσότητα νερού, στερεά και αέρια που βρίσκονται διαλυμένα στο νερό, δεν εγκλωβίζονται στο στρώμα πάγου και παρασύρονται από το υπόλοιπο υγρό, το οποίο αποστραγγίζεται. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει την παραγωγή καθαρού πάγου με τις μηχανές παραγωγής πάγου. Τυπικά η κατανάλωση πόσιμου νερού κυμαίνεται στα 15-40 γαλόνια/100lb παραγόμενου πάγου, σε σύγκριση με τα 12 γαλόνια/100lb που περιέχονται στον πάγο που παράγεται.

Οι μηχανές παραγωγής «νιφάδων» και «pugget», δεν παράγουν καθαρό πάγο και ως εκ τούτου δεν χρειάζονται καθαρισμό νερού, ο προκύπτον πάγος, διατηρεί τις ακαθαρσίες, παρόμοια με την παραγωγή πάγου στα οικιακά ψυγεία.

Μια μηχανή πάγου αποτελείται από δύο βασικά υποσυστήματα: το σύστημα ψύξης και την παροχή νερού/ κυκλοφορία / καθαρισμό συστήματος. Όλες οι εμπορικά διαθέσιμες παγο-μηχανές, χρησιμοποιούν ψύξη πεπιεσμένου ατμού για την παραγωγή της απαιτούμενης ψύξης για την παραγωγή πάγου. Οι παγο-μηχανές χρησιμοποιούν είτε αερόψυκτους, είτε υγρόψυκτους συμπυκνωτές. Περίπου το 80% των παγο-μηχανών, έχουν αερόψυκτους συμπυκνωτές. Παρόλο που οι υγρόψυκτοι συμπυκνωτές αυξάνουν την απόδοση ενέργειας ελαφρώς, έχουν ως αποτέλεσμα την πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, καθώς το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη του συμπυκνωτή, ως επί το πλείστον αποστραγγίζεται αφότου χρησιμοποιηθεί.

Το σύστημα πρωτοβάθμιας ψύξης περιλαμβάνει:

- Συμπιεστής: Συνήθως χρησιμοποιείται συμβατικός, παλινδρομικός συμπιεστής, με ικανότητες από 1/3 έως 3hp, αναλόγως με την ικανότητα της μηχανής.
- Συμπυκνωτής: Χρησιμοποιείται συμβατικός αερόψυκτος συμπυκνωτής ή υγρόψυκτος ομόκεντρος σωλήνας, εναλλάκτη θερμότητας συμπυκνωτή. Οι αερόψυκτοι είναι σχεδιασμένοι ώστε η θερμοκρασία συμπίκνωσης, να είναι 20-25°C πάνω από τη θερμοκρασία συμπίκνωσης. Οι υγρόψυκτοι συμπυκνωτές, ελέγχονται ώστε να διατηρούν μια προκαθορισμένη θερμοκρασία συμπίκνωσης, μεταβάλλοντας το ρυθμό ροής του νερού.
- Συσσκευή εκτόνωσης : Χρησιμοποιούνται τόσο θερμοστατικές βαλβίδες όσο και τριχοειδής σωλήνες.

- Εξατμιστής: Συνήθως αποτελείται από χαλκο-σωλήνα, προσαρτημένο σε χάλκινες ή από ανοξείδωτο ατσάλι, επιφάνειες, σχηματισμού πάγου.
- Εναλλάκτη θερμότητας, γραμμής υγρού / γραμμής αναρρόφησης.
- Σωληνώσεις ψυκτικού.
- Γραμμή παράκαμψης θερμού αερίου (μόνο για κυβοειδή): Αυτό κατευθύνει το ψυκτικό απευθείας από το συμπιεστή στον εξατμιστή για τη συγκομιδή του πάγου .
- Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα θερμού αερίου (μόνο σε κυβοειδή): Αυτό ελέγχει τη ροή του ψυκτικού θερμού αερίου στο συμπυκνωτή κατά την παραγωγή πάγου και στον εξατμιστή κατά τη διάρκεια της συγκομιδής πάγου.
- Ψυκτικό: R - 404A είναι το πρωτεύον ψυκτικό μέσο που χρησιμοποιείται σε όλες τις μηχανές πάγου σήμερα. Τα R-134a και R- 22 εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μερικά επιλεγμένα μοντέλα.
- Μπορεί να έχει συσσωρευτή αναρρόφησης

Το σύστημα νερού αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη:

- Σύνδεση πόσιμου νερού ύδρευσης και βαλβίδα ελέγχου παροχής νερού
- Λεκάνη νερού
- Αντλία κυκλοφορίας νερού
- Κύκλωμα νερού - πλαστικοί σωλήνες και διανομέας νερού εξατμιστή
- Αποστράγγιση (μόνο για κυβοειδή)

Η διαδικασία, που χρησιμοποιείται από τις παγο-μηχανές, περιγράφεται με λεπτομέρεια ακολούθως:

1. Το νερό γεμίζει τη λεκάνη. Η λεκάνη περιέχει συνήθως 10-40% περισσότερο νερό απ' ό, τι απαιτείται για να γίνει μια δεδομένη παρτίδα πάγου.
2. Το σύστημα ψύξης ενεργοποιείται και το νερό της λεκάνης κυκλοφορεί πάνω από την πλάκα του εξατμιστή . Κατά τη διάρκεια του κύκλου κατάψυξης του συμπιεστή, ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή (για αερόψυκτες μηχανές) και η αντλία κυκλοφορίας του νερού, είναι ενεργοποιημένα.
3. Το νερό ψύχεται και βαθμιαία παγώνει στην πλάκα του εξατμιστή.
4. Πάγος συσσωρεύεται στην πλάκα έως ότου ανιχνευτεί το κατάλληλο βάρος παρτίδας, με τους εξής τρόπους: με τη στάθμη νερού στη λεκάνη, με την πίεση αναρρόφησης συμπιεστή ή με το πάχος του πάγου στην πλάκα.
5. Μετά την επίτευξη του καθορισμένου βάρους του πάγου, το μηχανήμα μεταβαίνει στη λειτουργία συγκομιδής. Τα περισσότερα μηχανήματα χρησιμοποιούν τη συγκομιδή θερμού αερίου, στην οποία το ζεστό αέριο ψυκτικό κατευθύνεται από τον συμπιεστή προς τον εξατμιστή για να θερμάνει το εξατμιστή και να λιώσει αρκετό πάγο για να απελευθερώσει τον πάγο στην πλάκα. Συνήθως περίπου 10 – 20% του πάγου τήκεται κατά τη διαδικασία

συγκομιδής. Μόλις ελευθερωθεί, ο πάγος πέφτει με τη βαρύτητα και / ή τη μηχανική βοήθεια, στον κάδο αποθήκευσης αποκάτω. Κατά τη διαδικασία της συγκομιδής, ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή για αερόψυκτες μηχανές είναι εκτός λειτουργίας και η αντλία κυκλοφορίας νερού, ίσως λειτουργεί, αναλόγως το σχεδιασμό. Μερικές μηχανές χρησιμοποιούν μια περιορισμένη ποσότητα θερμού αερίου για τήξη, συνδυασμένη με μηχανικά μέσα, για την αφαίρεση του πάγου.

6. Κατά τη διαδικασία συγκομιδής, το νερό που παραμένει στη λεκάνη αποβάλλεται από το σύστημα και φρέσκο, πόσιμο νερό, διοχετεύεται μέσω του συστήματος για να αφαιρεθούν οι ακαθαρσίες.
7. Νερό γεμίζει τη λεκάνη και το σύστημα επιστρέφει σε λειτουργία κατάψυξης όπως ανιχνεύεται από τη θερμοκρασία του εξατμιστή και / ή βάση χρόνου.

Ορισμένες μηχανές πάγου, χρησιμοποιούν τον εισερχόμενο πόσιμο ρεύμα νερού για να βοηθήσει στη διαδικασία συγκομιδής, κατευθύνοντας το εισερχόμενο νερό πίσω από την πλάκα του εξατμιστή ή πάνω από τον πάγο. Το νερό μπορεί να παρέχει περισσότερο από το 50% της ενέργειας που απαιτείται για τη συγκομιδή, μειώνοντας την ενέργεια συγκομιδής και προ-ψύχοντας το νερό για την επόμενη παρτίδα πάγου.

Εκτός από τον εξατμιστή, όλα τα επιμέρους μέρη που χρησιμοποιούνται στη μηχανή πάγου είναι αρκετά συμβατικά εξαρτήματα. Ο εξατμιστής είναι κατασκευασμένος από σωλήνες χαλκού που συνδέονται με χάλκινες ή ανοξείδωτου χάλυβα επιφάνειες παρασκευής πάγου. Μπορεί να υπάρχει πλαστικό, συνδεδεμένο με την επιφάνεια παρασκευής πάγου, που δρα ως μονωτής για να προωθήσει το σχηματισμό μεμονωμένων κύβων. Ο σχεδιασμός του εξατμιστή απαιτεί την εξεύρεση μιας προσεκτικής ισορροπίας, μεταξύ της συμπεριφοράς αύξησης του πάγου, το ρυθμό ροής του νερού πάνω από τον εξατμιστή, την τοπική διανομή νερού, την επιλογή υλικών και την απόδοση συγκομιδής (π.χ. επιτυχής αποκόλληση του πάγου, ποσότητα τήξης). Ο σχεδιασμός του εξατμιστή, είναι μια σύνθετη διαδικασία, στην οποία δε θα αναφερθούμε στην εργασία αυτή και η ανάπτυξη ενός επιτυχούς σχεδιασμού εξατμιστή, απαιτεί πολλές ώρες εργαστηριακών δοκιμών. Οι κατασκευαστές είναι πολύ διστακτικοί, να κάνουν αλλαγές στο σχεδιασμό του εξατμιστή, αφού μία επιτυχημένη σχεδίαση έχει αναπτυχθεί.

Οι κατασκευαστές παράγουν συνήθως ένα ή το πολύ δύο μεγέθη εξατμιστή, τα οποία χρησιμοποιούνται πολλαπλά κατά μήκος της γραμμής παραγωγής, συνδυαζόμενα με το κατάλληλο μέγεθος συμπιεστή. Αυτή η στρατηγική παραγωγής, οδηγεί σε διακυμάνσεις της ενεργειακής απόδοσης, στη γραμμή παραγωγής, καθώς ο συνδυασμός εξατμιστή / συμπιεστή δεν μπορεί να βελτιστοποιηθεί για κάθε μηχανή, με αποτέλεσμα ορισμένες μηχανές με υπο-διαστασιοποιημένους εξατμιστές, με υπερμεγέθη συμπιεστές να επιτυγχάνουν το στόχο του ρυθμού παραγωγής με αντίστοιχα υψηλότερες τιμές κατανάλωσης ενέργειας.

5.5.1 Κατανάλωση μονάδων παραγωγής πάγου

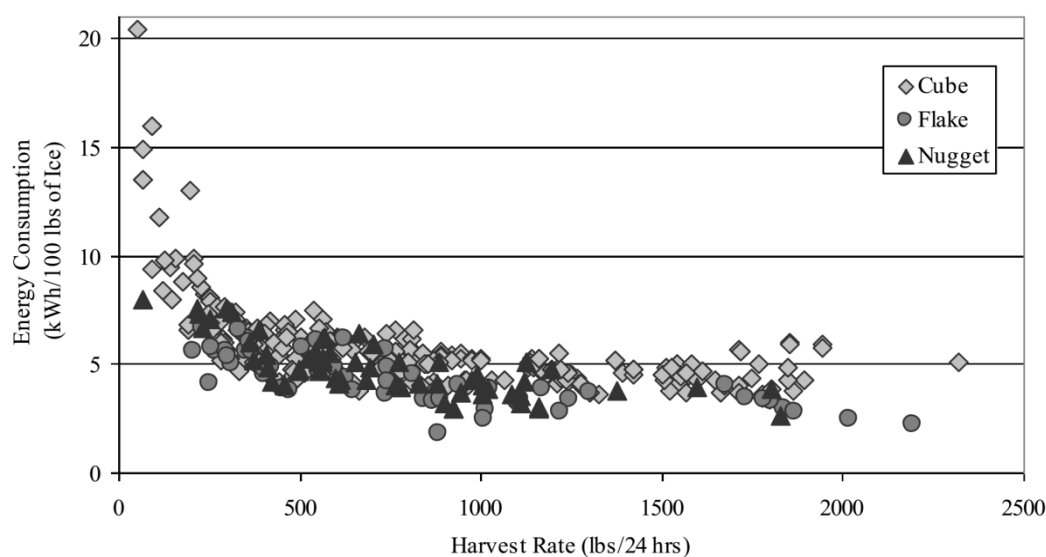
Η απόδοση της παγο-μηχανής (ικανότητα , κατανάλωση ενέργειας και κατανάλωση νερού) καθορίζεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 32.2°C, θερμοκρασία εισερχόμενου νερού 21.1°C, και πίεση εισερχόμενου νερού 30 ± 3 psig.

Ο πίνακας 28, παρουσιάζει την κατανάλωση ενέργειας σε KWh ανά 100 lbs πάγου, κατανεμημένη κατά τύπο συσκευής, τύπο ψύξης , ρυθμό συγκομιδής και τύπο πάγου. Η πρώτη τιμή σε κάθε κουτί είναι η μέση κατανάλωση ενέργειας της μονάδας, και μέσα στις παρενθέσεις είναι το εύρος των τιμών, για την κάθε κατηγορία. Το σύνολο δεδομένων περιλαμβάνει τις μηχανές πάγου, αερόψυκτες και νερόψυκτες, που βρίσκονται επί του παρόντος στην αγορά.

Πίνακας 28: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας τυπικών μονάδων παραγωγής πάγου, κατά κατηγορία

Τύπος εξοπλισμού	Ψύξη Συμπυκνωτή	Ρυθμός συγκομιδής lbs πάγου/24hrs	Κατανάλωση ενέργειας μονάδας KWh/100lbs πάγου Μέσος όρος (Min-Max)		
			Κύβος	Νιφάδα	Nugget
IMH	Νερό	< 500	5.4 (4.2-9.9)	4.4 (3.8-5.6)	4.6 (4.2-4.9)
		≥ 500 και < 1436	4.3 (3.6-6.0)	3.5 (2.5-4.7)	3.7 (3.0-4.7)
		≥ 1436	3.9 (3.4-4.3)	2.7 (2.2-3.5)	2.7
	Αέρας	< 450	6.8 (5.4-8.2)	5.6 (4.8-6.6)	6.2 (5.2-7.4)
		≥ 450	5.5 (4.6-7.5)	3.8 (0.6-5.8)	4.5 (3.5-6.4)
RCU χωρίς απομακρυσμένο συμπυκνωτή	Αέρας	< 1000	5.8 (4.7-7.1)	4.9 (3.4-6.2)	5.3 (4.1-6.2)
		≥ 1000	5.9 (4.2-6.0)	3.4 (2.8-4.0)	3.8 (3.6-4.2)
RCU με απομακρυσμένο συμπυκνωτή	Αέρας	< 934	5.8 (5.0-6.7)	4.5	4.6 (4.1-5.1)
		≥ 934	4.7 (4.3-5.0)	3.9	4.2 (3.9-4.8)
SCU	Νερό	< 200	7.8 (6.6-9.8)	N/A	N/A
		≥ 200	6.5 (5.7-7.3)	5.0 (4.9-5.0)	4.6 (4.0-5.1)
	Αέρας	< 175	13.0 (8.4-20.4)	N/A	8.0
		≥ 175	9.1 (6.8-13.0)	5.5 (4.1 -6.7)	6.5 (5.3-7.6)

Με αύξηση της ικανότητας του συμπιεστή, η κατανάλωση ενέργειας kWh/100lbs πάγου πέφτει.



Σχήμα 38: Κατανάλωση ενέργειας vs Ρυθμός παραγωγής, ice-machines

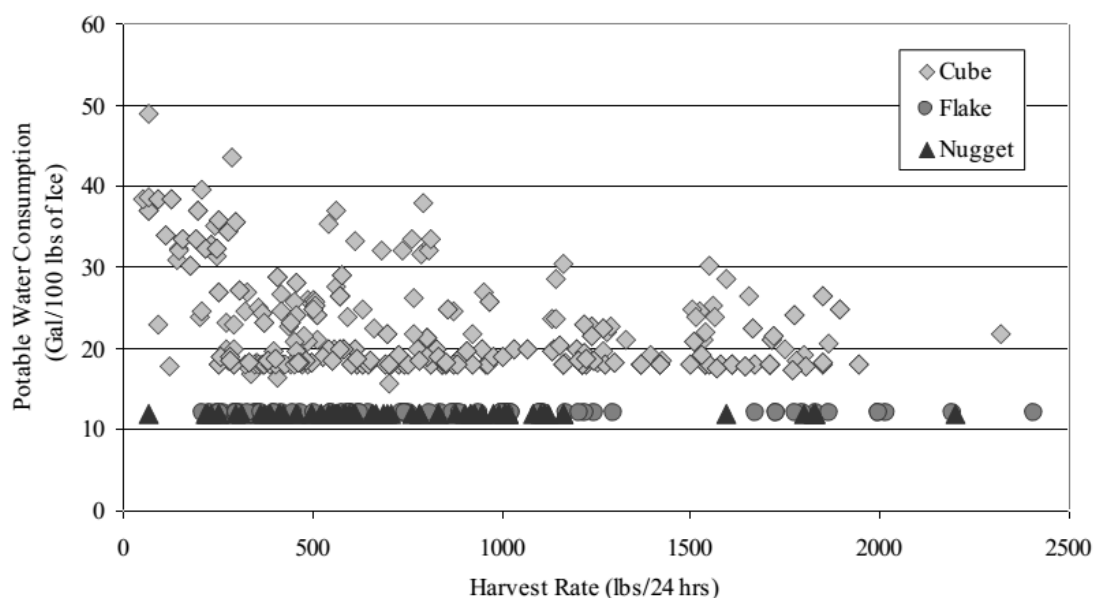
(32. 2°C θερμοκρασία περιβάλλον, 21.1°C θερμοκρασία εισερχόμενου νερού, 30psig πίεση νερού)

Η μείωση της κατανάλωσης μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους λόγους, όπως φαίνεται παρακάτω:

- Πιο αποτελεσματικοί συμπιεστές: Η ονομαστική ικανότητα των συμπιεστών για τις μικρότερες μηχανές είναι 1/2hr και λιγότερο, αυξάνεται σε περίπου 3/4hr για μηχανές με εύρος παραγωγικής 350 - 500 lb/ ημέρα και αυξάνεται περαιτέρω στους 2hr για τις μηχανές με παραγωγικότητα μεγαλύτερη των 1000lb/ημέρα. Η αύξηση της ικανότητας του συμπιεστή, συνοδεύεται με αύξηση της απόδοσης. Οι αποδόσεις των μικρών συμπιεστών είναι της τάξης του 45 – 50% και αυξάνεται ξεπερνώντας και το 60% στα μεγαλύτερα μεγέθη συμπιεστών.
- Μειωμένη διαρροή της θερμότητας του περιβάλλοντος: Οι μεγαλύτερες μηχανές πάγου τείνουν να έχουν κρύα διαμερίσματα τα οποία έχουν μικρότερη επιφάνεια εκτεθειμένη στον ατμοσφαιρικό αέρα ανά μονάδα παραγωγής πάγου και συνήθως έχουν καλύτερη μόνωση.
- Μειωμένη κατανάλωση νερού: Οι μικρότερες μηχανές πάγου τείνουν να έχουν υψηλότερη κατανάλωση νερού, διότι οι κατασκευαστές τείνουν να χρησιμοποιούν υπερ-διαστασιοποιημένες λεκάνες νερού προκειμένου να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των κοινών στοιχείων .

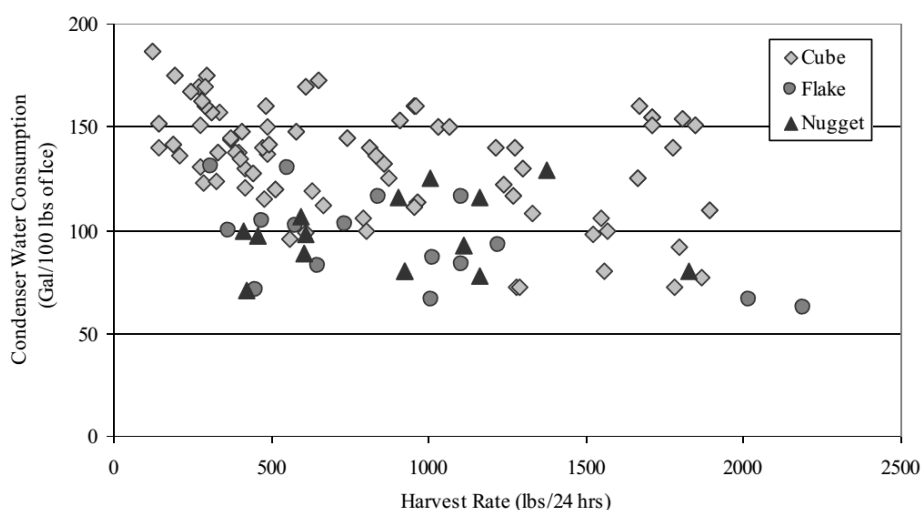
Η διακύμανση της ενεργειακής απόδοσης σε ένα μικρό φάσμα της παραγωγικής ικανότητας εξαρτάται από τα συστατικά μέρη επιλογής των κατασκευαστών και τις στρατηγικές τους. Οι κατασκευαστές προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των κοινών στοιχείων σε όλη τη διαδικασία παραγωγής, τα οποία περιλαμβάνουν καμπίνες, μέγεθος εξατμιστή, και λεκάνες νερού και την αλληλεξάρτηση μεταξύ του επιπέδου απόδοσης του συμπιεστή και το κόστος. Οι πιο αποδοτικές μηχανές τείνουν να έχουν μεγαλύτερους εξατμιστές για ένα δεδομένο ρυθμό παραγωγής, που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερη θερμοκρασία εξατμίσου και υψηλότερο συντελεστή λειτουργίας COP .

Το σχήμα 39 δείχνει την κατανάλωση πόσιμο νερού σε σύγκριση με την παραγωγικότητα. Η ελάχιστη κατανάλωση πόσιμο νερού που απαιτείται για την παραγωγή 100lbs πάγου είναι 46lt. Οι παγο-μηχανές παραγωγής «Flake» και «Nugget» μετατρέπουν όλο την πόσιμο νερό σε πάγο, χρησιμοποιώντας τη συνεχή διαδικασία, και ως εκ τούτου χρησιμοποιούν μόνο 46lt /100lbs πάγου, χωρίς να συνυπολογίζονται οι απώλειες λόγω τήξης στον δοχείο αποθήκευσης. Οι παγο-μηχανές παραγωγής κύβων, χρησιμοποιούν πόσιμο νερού που κυμαίνεται στα 15-50lt /100lbs πάγου, με τα υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης στις χαμηλότερες ικανότητες.



Σχήμα 39: Κατανάλωση νερού vs Ρυθμός παραγωγής, ice-machines
(32. 2°C θερμοκρασία περιβάλλον, 21.1°C θερμοκρασία εισερχόμενου νερού, 30psig πίεση νερού)

Το σχήμα 40, δείχνει την κατανάλωση νερού στο συμπυκνωτή σε σχέση με την ικανότητα, μονάδων με νερό-ψυκτους συμπυκνωτές. Η κατανάλωση νερού έχει εύρος 230 – 730lt/100lbs πάγου. Οι παγο-μηχανές, κυβοειδή πάγου χρησιμοποιούν τη μεγαλύτερη ποσότητα νερού.



Σχήμα 40: Κατανάλωση νερού υδρόψυκτου συμπυκνωτή vs Ρυθμός παραγωγής, ice-machines

(32. 2°C θερμοκρασία περιβάλλον, 21.1°C θερμοκρασία εισερχόμενου νερού, 30psig πίεση νερού)

Η ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιεί ένα αερόψυκτο μηχάνημα με ονομαστική ικανότητα 500lb/ ημέρα ως την πρωτότυπη μηχανή πάγου. Ο Πίνακας 29 που ακολουθεί παρουσιάζει μια ανάλυση της κατανάλωσης ρεύματος για μία τυπική μηχανή 500lb/ ημέρα που λειτουργεί σε 21.1°C περιβάλλοντος με μία θερμοκρασία εισερχόμενου νερού 10°C. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας εκτιμάται ότι είναι περίπου 5.250 kWh.

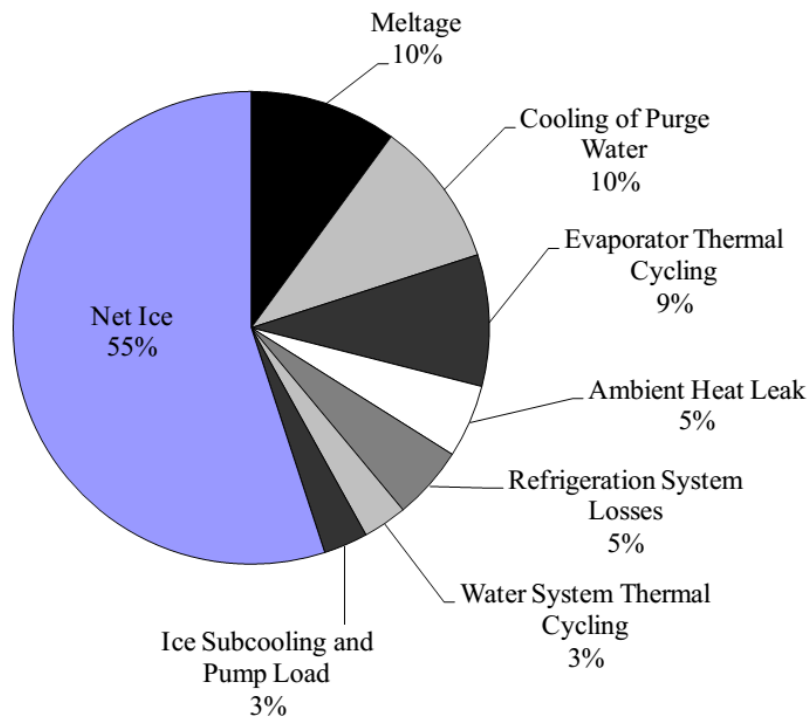
Η κατανάλωση ενέργειας του συμπιεστή, κατά τη διάρκεια του κύκλου κατάψυξης υπολογίζεται στο 80% της συνολικής, ενώ η κατανάλωση ενέργειας του συμπιεστή για τη συγκομιδή αντιπροσωπεύει περίπου το 9% της συνολικής κατανάλωσης. Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή και η αντλία νερού αντιπροσωπεύουν περίπου το 8% και το 1.6% της συνολικής κατανάλωσης, αντίστοιχα. Η κατανάλωση ενέργειας που συνδέεται με την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα θερμού αερίου είναι αμελητέα. Καθ' ότι ο συμπιεστής αντιπροσωπεύει περίπου το 90% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, η μείωση της κατανάλωσης του συμπιεστή είναι το κλειδί για σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας.

Πίνακας 29: Εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά εξάρτημα "τυπικής μονάδας παραγωγής πάγου"*

Εξάρτημα	Μέση ισχύς λειτουργίας	Τυπικός κύκλος, % (σε πλήρη λειτουργία)	Εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας KWh/y** (% συνόλου)
Συμπιεστής (κατά την κατάψυξη)	1.050	90-95	4.250 (81%)
Συμπιεστής (κατά την συγκομιδή)	1.400	5-10	460(9%)
Ανεμιστήρας συμπυκνωτή	110	90-95	450(8%)
Αντλία νερού	20	90-100	80(2%)
Σωληνοειδής βαλβίδα θερμού αερίου	15	5-10	5(<1%)
Σύνολο			5.245 (100%)

*Για μηχανή IMH αερόψυκτη παραγωγικότητας 500lb/ημέρα σε πλήρη λειτουργία: (32.2°C θερμοκρασία περιβάλλοντος, 21.1°C θερμοκρασία εισερχόμενου νερού)

**Υποθέτοντας ένα συνολικό ετήσιο κύκλο 50%.



Σχήμα 41: Κατανάλωση ενέργειας κύκλου ψύξης, ice-machines

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο παραπάνω σχήμα, μειώσεις στην κατανάλωση ενέργειας θα μπορούσαν να επιτευχθούν, μέσω ενός συνδυασμού μείωσης των θερμικών φορτίων στο σύστημα και βελτιώσεως του συστήματος ψύξης. Πλήθος παρασιτικών θερμικών φορτίων που αναφέρονται παραπάνω περιλαμβάνουν τήξη του πάγου κατά τη συγκομιδή, ψύξη του καθαρού νερού, θερμικό «cycling» του εξατμιστή, και διαρροή θερμότητας του περιβάλλοντος, που υπολογίζονται σε πάνω από το 30% της κατανάλωσης ενέργειας του συμπιεστή κατά την ψύξη. Βελτιώσεις του συστήματος ψύξης μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρησιμοποίηση των παραδοσιακών μεθόδων που εφαρμόζονται σε όλα τα συστήματα συμπίεσης ατμού: αύξηση αποδοτικότητας συμπιεστή, μείωση θερμοκρασίας συμπύκνωσης, αύξηση της μέσης θερμοκρασίας εξάτμισης, και μείωση των απωλειών.

5.5.2 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση μονάδων παραγωγής πάγου

Η αξιοπιστία και το αρχικό κόστος είναι σημαντικές κινητήριες δυνάμεις της αγοράς για την επιλογή μιας μηχανής πάγου. Η αξιοπιστία περιλαμβάνει τη μηχανική αξιοπιστία, δηλαδή, όχι βλάβες εξαρτημάτων, και λειτουργική αξιοπιστία, που σημαίνει ότι το μηχάνημα παράγει πάγο, συνεπούς σχήματος και βάρους για μεγάλα χρονικά διαστήματα με ελάχιστη/καθόλου προσαρμογή ή παρακολούθηση. Οι πελάτες είναι πρόθυμοι να πληρώσουν ελαφρώς περισσότερα για ένα συγκεκριμένο μηχάνημα, αν η αγορά μπορεί να δικαιολογηθεί λόγω της υψηλότερης αξιοπιστίας.

Η διάρκεια ζωής μιας μηχανής πάγου κυμαίνεται στα 7 - 10 έτη. Οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν 5-έτη εγγύηση για το σύστημα ψύξης.

Σε τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 2-6 εβδομάδες) οι μηχανές πάγου πρέπει να καθαρίζονται από άλατα και ακαθαρσίες και πρέπει επίσης να απολυμαίνονται για να σκοτώνονται τα βακτήρια και οι μύκητες. Η διαδικασία καθαρισμού / απολύμανσης περιλαμβάνει, κλείσιμο της μηχανής, άδειασμα του κάδου από πάγο, και προσθήκη καθαριστικού / απολυμαντικού στο μηχάνημα. Οι μηχανές μεταβαίνουν σε λειτουργία καθαρισμού, κατά την οποία το μείγμα κυκλοφορεί στη μηχανή για ένα χρονικό διάστημα, και στη συνέχεια αποβάλλεται. Στη συνέχεια το μηχάνημα μεταβαίνει σε λειτουργία παραγωγής πάγου για αρκετές παρτίδες πάγου για να απομακρύνει κάθε υπόλειμμα διάλυμα καθαριστικού / απολυμαντικού από το μηχάνημα. Το μηχάνημα επιστρέφει στην κανονική λειτουργία αφότου ο πάγος αφαιρεθεί από τον κάδο και ο κάδος καθαριστεί.

Μερικές μηχανές πάγου έχουν δυνατότητες αυτο - καθαρισμού / απολύμανσης. Τα μηχανήματα αυτά εξαλείφουν πολλά από τα στάδια του εγχειριδίου για τη διαδικασία καθαρισμού / απολύμανσης και μπορούν να προγραμματιστούν για να κάνουν αυτό-καθαρισμό / αποστείρωση ανά καθορισμένα χρονικά διαστήματα.

5.6 Αυτόματοι Πωλητές

Τα ψυγεία αυτόματοι πωλητές, είναι όρθια ψυγεία που σκοπός τους είναι, να διατηρούν παγωμένα τα ροφήματα και τα τρόφιμα, καθώς και να τα διανέμουν με αντάλλαγμα το προκαθορισμένο κόστος. Τα πιο συνηθισμένα σημεία τοποθέτησης αυτών είναι: Γραφεία, δημόσιοι χώροι, σταθμοί, εργοστάσια, βιομηχανίες, νοσοκομεία, ιατρικά κέντρα, πανεπιστήμια, σχολεία, δημόσια κτήρια, στρατιωτικά κτήρια κ.α. Οι αυτόματοι πωλητές είναι αυτόνομοι καθώς ολόκληρο το σύστημα ψύξης είναι ενσωματωμένο στο μηχάνημα και η θερμότητα απελευθερώνεται στον περιβάλλοντα χώρο.

Περίπου το 70% του συνόλου των αυτόματων μηχανών αναψυκτικών, αγοράζονται απευθείας από το κατασκευαστή και από τις εταιρείες εμφιάλωσης (π.χ. , Coca - Cola , Pepsi , κλπ). Ορισμένες από αυτές τις μονάδες παρέχονται σε ανεξάρτητους φορείς αυτόματης πώλησης ως παρακαταθήκη, ενώ οι υπόλοιπες μονάδες ανήκουν και λειτουργούν από τις ίδιες τις εταιρείες εμφιάλωσης. Το υπόλοιπο 30% των μηχανημάτων αυτόματης πώλησης, αγοράζονται από ιδιοκτήτες / επιχειρηματίες, καταστήματα , κυλικεία , επιχειρήσεις μαζικής εστίασης κ.α.

Το μισά περίπου ψυγεία- αυτόματοι πωλητές πωλούν «αναψυκτικά». Ένα ψυγείο αυτόματης πώλησης αναψυκτικών είναι ένα εμπορικό ψυγείο ψύξης και πώλησης εμφιαλωμένων ή σε κουτάκια αναψυκτικών.

Οι αυτόματοι πωλητές αναψυκτικών πρέπει να:

- επιτυγχάνουν γρήγορη ψύξη των προϊόντων
- διατηρούν τα αναψυκτικά σε χαμηλή θερμοκρασία (~1.5 °C)
- προσελκύουν πελάτες (με έντονο φωτισμό , ελκυστικό λογότυπο , κλπ)
- κατέχουν μεγάλο όγκο αναψυκτικών (~ 400-800 κουτάκια)
- είναι ανθεκτικά στην κλοπή-παραβίαση

Οι εταιρείες εμφιάλωσης αγοράζουν μηχανές αυτόματης πώλησης απευθείας από τον κατασκευαστή. Συχνά προσδιορίζουν την αισθητική της μηχανής (απόδοση φωτός , λογότυπο, κλπ) και τις απαιτήσεις απόδοσης ψύξης (χρόνο ψύξης στην προκαθορισμένη θερμοκρασία, θερμοκρασία σταθεροποίησης, κλπ). Αυτές οι απαιτήσεις επιδόσεων ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων εταιρειών εμφιάλωσης. Πέρα όμως από τις διαφορές αυτές ωστόσο, όλα τα μηχανήματα αυτόματης πώλησης είναι παρόμοια [4,17-20].

5.6.1 Αυτόματοι πωλητές Πλήρους - ψύξης

Τα μηχανήματα αυτόματης πώλησης έρχονται σε δύο διαμορφώσεις : πλήρους ψύξης και ζώνης- ψύξης.

Τα πλήρους ψύξης μηχανήματα αυτόματης πώλησης έχουν συνήθως γυαλί ή διαφανές πολυμερές μπροστά. Στο σχήμα 44 φαίνεται ένα τυπικό πλήρους ψύξης μηχανήματα αυτόματης πώλησης αναψυκτικών. Η ικανότητά του είναι περίπου 410 κουτάκια . Η καμπίνα είναι συνήθως μονωμένη με R - 8 με πάχους 1in αφρό πολουρεθάνης. Η μονάδα έχει μπροστά διπλό τζάμι με εγκιβωτισμένο αέρα και πλαίσιο αλουμινίου. Η πλήρους ψύξης μονάδες είναι συνήθως εξοπλισμένες με δύο λαμπτήρες φθορισμού T8. Ο φωτισμός βρίσκεται εντός του χώρου ψύξης παρέχοντας τον καλύτερο φωτισμό του προϊόντος. Η πιο κοινή διαμόρφωση φωτισμού είναι δύο λαμπτήρες των 32watt. Ο φωτισμός μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας διότι καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια άμεσα και αυξάνει έμμεσα την κατανάλωση του συμπιεστή λόγω προσθήκης θερμότητας στην καμπίνα.



Σχήμα 42: Ψυγείο - Αυτόματος πωλητής (Πλήρους ψύξης)

Πίνακας 30: Φυσικά χαρακτηριστικά καμπίνας "τυπικού αυτόματου πωλητή Πλήρους - ψύξης"

Εξωτερικά	Εσωτερικά	Μόνωση		Ικανότητα	Βάρος
Διαστάσεις m	Όγκος m ³	Πάχος cm	R-τιμή ανά in (ft ² - °F- h/Btu)	Αριθμός σε κουτάκια	Βάρος Kg
1.83Hx1.19Wx81D	0.99	2.54	8	410	340.5

Το σύστημα ψύξης της μηχανής αυτόματης πώλησης βρίσκεται στο κάτω και οπίσθιο τμήμα της. Στα βασικά εξαρτήματα του συστήματος ψύξης περιλαμβάνεται ο συμπυκνωτής, με δύο κινητήρες των 6-Watt. Η ροή ψυκτικού μέσου ρυθμίζεται από τριχοειδή σωλήνα εκτόνωσης, ενώ το ψυκτικό που χρησιμοποιείται στους περισσότερους αυτόματους πωλητές είναι HFC-134a.

Το σχήμα 45, δείχνει ένα τυπικό αυτόματο πωλητή αναψυκτικών, ψύξης ζώνης, ο οποίος θεωρείται ως αντιπροσωπευτικό δείγμα. Η χωρητικότητά του είναι περίπου 800 κουτάκια . Η καμπίνα είναι συνήθως μονωμένη με R - 8 με πάχους 1in αφρό πολουρεθάνης.

Υπάρχουν δύο πόρτες στα μηχανήματα αυτόματης πώλησης, ψύξης ζώνης . Μια μονωμένη εσωτερική πόρτα η οποία επιτρέπει την πρόσβαση στο χώρο ψύξης όπου είναι αποθηκευμένα τα κουτάκια-μπουκάλια και μια εξωτερική πόρτα που στεγάζει το λογότυπο και το συναφή εξοπλισμό φωτισμού.

5.6.2 Αυτόματοι πωλητές Ζώνης - ψύξης

Η μονάδα ψύξης-ζώνης είναι συνήθως εξοπλισμένη με δύο T8 λαμπτήρες φθορισμού, με ένα σταθεροποιητή «ballast», για το φωτισμό του λογότυπου. Ο φωτισμός βρίσκεται εξωτερικά της καμπίνας του ψυγείου. Η πιο κοινή διαμόρφωση φωτισμού, είναι δύο λαμπτήρες των 49 –watt.



Σχήμα 43: Ψυγείο - Αυτόματος πωλητής (ψύξης ζώνης)

Πίνακας 31: Φυσικά χαρακτηριστικά "τυπικού αυτόματου πωλητή Ζώνης - ψύξης

Εξωτερικά	Εσωτερικά	Μόνωση		Ικανότητα	Βάρος
Διαστάσεις m	Όγκος m ³	Πάχος cm	R-τιμή ανά in (ft ² - °F- h/Btu)	Αριθμός σε κουτάκια	Βάρος Kg
2H x 1.02W x 88.9D	0.877	2.54	8	800	700

Το σύστημα ψύξης είναι παρόμοιο αυτού του αυτόματου πωλητή «πλήρους ψύξης». Ωστόσο, δεδομένου ότι μόνο ένα τμήμα της μονάδας ψύχεται, ο συμπιεστής είναι συνήθως μικρότερος (δηλαδή , 2,400 Btu/h) με συγχρόνως μικρότερο εξατμιστή και συμπυκνωτή συγκριτικά με αυτούς που χρησιμοποιούνται στους αυτόματους πωλητές πλήρους ψύξης.

5.6.3 Κατανάλωση ενέργειας αυτόματων πωλητών

Ο παρακάτω 32, συνοψίζει τα δεδομένα απόδοσης για το συμπιεστή και τα σχετικά δεδομένα θερμοκρασίας ενός τυπικού ψυγείου αυτόματης πώλησης. Η θερμοκρασία του εξατμιστή είναι τυπικά περίπου στους -12°C και η θερμοκρασία του συμπυκνωτή είναι συνήθως περίπου 20°C πάνω από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η συνθήκες περιβάλλοντος είναι 24°C με 45% σχετική υγρασία. Η βασική απόδοση του συμπιεστή, σε αυτές τις συνθήκες είναι 48%, συγκριτικά με τις αποδόσεις στα μέσα της δεκαετίας του 50', που επιτυγχάνονταν με καλούς συμπιεστές οικιακών ψυγείων. Οι αποδόσεις συμπιεστή, των οικιακών ψυγείων είναι υψηλότερες λόγω των αυστηρότερων προτύπων ελάχιστης απόδοσης που ισχύουν για τα οικιακά ψυγεία. Επιπλέον, ο εμπορικός εξοπλισμός έχει σχεδιαστεί για άμεση επανεκκίνηση, που απαιτεί πιο ισχυρό κύκλωμα εκκίνησης, γεγονός που μειώνει την αποδοτικότητα των συμπιεστών εμπορικής ψύξης.

Πίνακας 32: Χαρακτηριστικά συμπιεστή και θερμοκρασίες "τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους & Ζώνης - ψύξης

Τύπος μονάδας	Συμπιεστής				Θερμοκρασίες (°C)			
	HP	Τύπος	Ικανότητα (Btu/hr)	Ισχύς (W)	Καμπίνας	Εξατμ.	Περιβ.	Συμπ.
-								
Πλήρους-ψύξης	1/2	κλειστός	2.900	480	2.2	-6.5	24	49
Ζώνης-ψύξης	1/3	κλειστός	2.400	420	3.8	-6.5	24	49

Ο Πίνακας 33, παρουσιάζει την ανάλυση του θερμικού φορτίου υπό σταθεροποιημένες συνθήκες, για τυπικά μηχανήματα αυτόματης πώλησης αναψυκτικών. Η ικανότητα ψύξης του συστήματος ψύξης είναι πολύ υψηλότερη από το φορτίο σε σταθεροποιημένες συνθήκες, λόγω της ανάγκης ταχείας ψύξης (pull-down) των «αναψυκτικών».

Πίνακας 33: Ανάλυση ψυκτικού φορτίου "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks)*

Εξάρτημα	Ψυκτικό φορτίο (Btu/hr)	
	Πλήρους-ψύξης	Ζώνης-ψύξης
Ανεμιστήρας εξατμιστή	72	143
Φώτα	205	0
Εισροή αέρα	164	263
Μετάδοση θερμότητας με αγωγή	223	248
Μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία	192	0
Σύνολο	856	654

*Soft drinks: νερά, χυμοί, αναψυκτικά, μπύρες

Πίνακας 34: Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks), Πλήρους ψύξης"

Εξάρτημα	Ισχύς	Κύκλοι	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	520	35%	1.594	64%
Ανεμιστήρας εξατμιστή	21	100%	184	7%
Ανεμιστήρας συμπυκνωτή	53	35%	163	7%
Φώτα	63	100%	552	22%
Μηχανισμός διανομής	120	~ 0%	1	0%
Σύνολο			2.494	100%

Πίνακας 35: Ανάλυση κατανάλωσης ενέργειας "τυπικού αυτόματου πωλητή αναψυκτικών (soft drinks) Ζώνης - ψύξης

Εξάρτημα	Ισχύς	Κύκλοι	Κατανάλωση ενέργειας (kWh/y)	Κατανάλωση ενέργειας (%)
Συμπιεστής	447	30%	1.175	52%
Ανεμιστήρας εξατμιστή	21	100%	184	8%
Ανεμιστήρας συμπυκνωτή	53	30%	139	6%
Φώτα	87	100%	759	34%
Μηχανισμός διανομής	120	~ 0%	1	0%
Σύνολο			2.258	100

5.6.4 Διάρκεια ζωής – αξιοπιστία και συντήρηση αυτόματων πωλητών

Η τυπική διάρκεια ζωής ενός μηχανήματος αυτόματης πώλησης «αναψυκτικών» είναι περίπου 14 χρόνια. Η συνηθισμένη συντήρηση μηχανημάτων ψύξης αυτόματης πώλησης περιλαμβάνει, καθαρισμό του στοιχείου του συμπυκνωτή και τον καθαρισμό και την αντικατάσταση των λαμπτήρων όταν είναι απαραίτητο. Τυπικά η συντήρηση γίνεται κάθε χρόνο. Κατά τη διάρκεια ζωής του, ο αυτόματος πωλητής, συνήθως ανακαινίζεται περίπου δύο φορές, σε κέντρο ανακαίνισης που διοικείται από την εταιρεία εμφιάλωσης.

Οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν ένα πακεταρισμένο σύστημα ψύξης. Εάν ένας τεχνικός συντήρησης, ανακαλύψει ένα πρόβλημα στο κύκλωμα ψύξης, το παλιό πακεταρισμένο σύστημα ψύξης αντικαθίσταται από ένα νέο. Οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν εγγύηση 5 ετών για το σύστημα ψύξης. Πέραν της εγγύησης, οι εταιρείες εμφιάλωσης μπορεί να επιθυμούν ή να μην επιθυμούν, να επισκευάσουν το παλιό σύστημα.

6 ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Όσο τα επαγγελματικά ψυγεία των επιχειρήσεων διατηρούν τα προϊόντα στην επιθυμητή θερμοκρασία, ίσως να μη δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο συμπιεστή, στα φώτα, στους ανεμιστήρες, στις θερμικές αντιστάσεις και σε άλλα τμήματα του ψυγείου, τα οποία συχνά δουλεύουν συνεχώς αυξάνοντας σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Υπάρχει ωστόσο η δυνατότητα τροποποίησης στα ήδη υπάρχοντα ψυγεία – καταψύκτες κάθε χρήσης, με νέες τεχνολογίες οι οποίες είναι απλές και οικονομικές στην εγκατάσταση, με στόχο την ενεργειακή βελτιστοποίηση τους. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε τρόπους, τροποποίησης των ψυγείων με στόχο την ενεργειακή τους αναβάθμιση [21-27].

Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει μια περιγραφή κάθε τρέχουσα τεχνολογίας, καθώς και εξισώσεις και παραδοχές που χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστεί το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας . Ο Πίνακας 36 δείχνει ποια εφαρμογή τεχνολογιών μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τύπο εξοπλισμού.

Πίνακας 36: Τεχνολογίες ενεργειακής αναβάθμισης επαγγελματικής ψύξης ανά κατηγορία εξοπλισμού

		Supermarket Refrigeration Systems	Walk - Ins	Refrigerated food service equipment	Beverage Merchandise	Reach-ins	Ice Machines	Vending Machines
Ανεμιστήρες	Κινητήρες υψηλής απόδοσης	x	x	x	x	x	x	x
	Ελεγκτές κινητήρων ανεμιστήρων	x	x					x
	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	x	x	x	x	x	x	
Συμπιεστές	Συμπιεστές υψηλής απόδοσης	x	x	x	x	x	x	
	Συμπιεστές μεταβλητής απόδοσης	x		x	x	x		x
Αντι – θαμβωτικοί θερμοαντήρες	Ελεγκτές αντι- θαμβωτικής θέρμανσης	x	x					
	Αντι – θαμβωτικό θερμού αερίου		x	x		x		
Συστήματα ελέγχου	Διαχείριση ενέργειας (EMS)	x						
	Πλωτής κεφαλής - Ελέγχου πίεσης		x					
	Υπόψυξης		x					
	Έξυπνου αισθητήρα				x			x
	Με περιορισμένο λιώσιμο κατά τη συγκομιδή						x	
	Κατανομής ψύξης	x						
Απόψυξη	Έλεγχος απόψυξης					x		
	Θερμού αερίου		x			x		
Φωτισμός	LED φωτισμός	x	x		x			x
	Λαμπτήρες υψηλής έντασης		x		x			x
Εναλλάκτες	Σχεδιασμός Εξατμιστή	x						x
	Σχεδιασμός Συμπυκνωτή	x						x
	Μειωμένου θερμικού κύκλου εξατμιστή						x	
Πόρτες	Προηγμένης τεχνολογίας	x						
	Χαμηλής εκπομπής		x					
	Κουρτίνες		x					
	Αυτόματο κλείσιμο		x					
Μόνωση	Πάχος μόνωσης	x	x	x	x	x	x	x

6.1 Συμπιεστής

Μελετώντας από θερμοδυναμική σκοπιά, υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της πραγματικής κατανάλωσης ενέργειας ενός ψυγείου και της θερμοδυναμικά ιδανικά υπολογιζόμενης ελάχιστης κατανάλωσης ενέργειας. Η διαφορά αυτή αποτελεί τις απώλειες του ψυκτικού κύκλου. Υπάρχουν διάφορες μελέτες σχετικά με το πώς οι απώλειες αυτές κατανομούνται στα διάφορα μέρη του ψυγείου. Το μεγαλύτερο μέρος των απωλειών αυτών συμβαίνει στο συμπιεστή και στους ανεμιστήρες του ψυγείου και ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι απώλειες αυτών είναι της τάξης του 69%, οι απώλειες στον εξατμιστή είναι της τάξης του 14%, ενώ οι απώλειες στο συμπυκνωτή και στο τριχοειδές είναι χαμηλότερα, της τάξης του 8%. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι τα μεγαλύτερα περιθώρια μείωσης των απωλειών και κατ' επέκταση της κατανάλωσης ενέργειας είναι στο συμπιεστή, εν συνεχεία στους κινητήρες των ανεμιστήρων εξατμιστή και συμπυκνωτή, εν συνεχεία στον εξατμιστή και τέλος στο συμπυκνωτή και στο τριχοειδές.

Το συνηθέστερο σύστημα ελέγχου του συμπιεστή είναι το σύστημα λειτουργίας on/off. Το σύστημα αυτό είναι σχεδιασμένο ώστε ο συμπιεστής να λειτουργεί σε συνθήκες μέγιστου φορτίου. Ωστόσο τις περισσότερες φορές το φορτίο που απαιτείται είναι πολύ μικρότερο του μεγίστου και η πλήρης λειτουργία του συμπιεστή δεν χρειάζεται. Κατά τις συνθήκες μέσου φορτίου, οι συμπιεστές αυτοί, είτε δουλεύουν σε υψηλότερη ταχύτητα από την απαιτούμενη, είτε σταματούν και δουλεύουν πάλι ανά πολύ μικρά διαστήματα (short cycling). Η εντονότερη λειτουργία του συμπιεστή από την απαιτούμενη καταναλώνει σημαντική ενέργεια, ενώ παράλληλα τα πολλά και συχνά ανοιγο-κλεισίματά του, φθείρουν και μειώνουν τη διάρκεια ζωής τόσο του ίδιου όσο και των ανεμιστήρων του ψυγείου που λειτουργούν σε συνεργασία με αυτόν. Επιπλέον κάθε φορά που ο συμπιεστής σταματά οι πιέσεις στο κύκλωμα εξισορροπούνται και απαιτείται επιπλέον έργο από το συμπιεστή για να επανέλθουν οι πιέσεις του κυκλώματος, στο επίπεδο που βρίσκονταν πριν σταματήσει, γεγονός που μειώνει σημαντικά το συντελεστή απόδοσής του (COP - Coefficient of Performance) [27,28,29,30,31].

6.1.1 Συμπιεστές υψηλής απόδοσης

Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες για την αύξηση της απόδοσης των συμπιεστών. Υψηλής απόδοσης παλινδρομικοί και συμπιεστές τύπου «scroll», οι οποίοι συχνά περιλαμβάνουν κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας βρίσκονται σε ορισμένα συστήματα ψύξης σούπερ μάρκετ. Αυτοί οι συμπιεστές έχουν υψηλότερες αποδόσεις σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών σε σύγκριση με τους παραδοσιακούς παλινδρομικούς συμπιεστές που χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρούς, αυτόνομους εμπορικούς εξοπλισμούς ψύξης.

Ωστόσο, σε τύπους εξοπλισμού, όπως είναι τα αυτόνομα ψυγεία εμπορίας αναψυκτικών και οι αυτόματοι πωλητές, όπου οι δοκιμές αξιολόγησης και τα πρότυπα απόδοσης βασίζονται απλά σε συγκεκριμένα σημεία λειτουργίας, τα πλεονεκτήματα της αποδοτικότητας των συμπιεστών μεταβλητής ταχύτητας δεν είναι εμφανή. Οι συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας, μπορεί να έχουν παρόμοια ή ακόμα και χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τις μονάδες μίας-σταθερής ταχύτητας, σε ένα καθορισμένο σημείο αξιολόγησης. Ως εκ τούτου, τα τρέχοντα πρότυπα απόδοσης για αυτού του είδους τον εξοπλισμό, δεν επιβραβεύει την εφαρμογή συμπιεστών μεταβλητής ταχύτητας, οι οποίοι συνεπάγονται και σημαντικό πρόσθετο κόστος.

Η Embraco, παρέχει μικρούς συμπιεστές, υψηλής απόδοσης σε κατασκευαστές οικιακών ψυγείο-καταψυκτών. Αυτοί οι συμπιεστές είναι μονάδες χαμηλής πίεσης αναρρόφησης που κυμαίνονται από 600 Btu/h έως 950 Btu/h. Το ψυκτικό που χρησιμοποιούν είναι HFC-134a. Οι αναφερθείσες αποδόσεις συμπιεστή για την Embraco EGX είναι έως 6.26 EER στους -23.3°C θερμοκρασία εξατμιστή και στους 54.4°C θερμοκρασία συμπυκνωτή. Αυτοί οι συμπιεστές χρησιμοποιούνται ως βάση για την επιτευχθείσα αποτελεσματικότητα των κλειστών παλινδρομικών συμπιεστών. Το θεωρητικά μέγιστο (ισεντροπική) EER σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι 10,2. Η συνολική απόδοση του Embraco συμπιεστή 6,26 EER, είναι, ως εκ τούτου, 61%. Ο πρωτότυπος συμπιεστής αυτόματου πωλητή «αναψυκτικών», θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να επιτύχει παρόμοια απόδοση με τη χρήση ενός κινητήρα υψηλότερης απόδοσης (80%), μειώνοντας τις απώλειες της πίεσης αναρρόφησης, μειώνοντας το διάκενο της βαλβίδας, μειώνοντας τη θέρμανση του αερίου αναρρόφησης εντός του κελύφους του συμπιεστή, μειώνοντας την πτώση πίεσης μέσω της βαλβίδας εκκένωσης και μειώνοντας τέλος τις μηχανικές απώλειες. Βελτίωση στο συμπιεστή, για την επίτευξη 60% της συνολικής απόδοσης, θα οδηγήσει σε 20% μείωση του ηλεκτρικού φορτίου.

Στις μηχανές παραγωγής πάγου, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι συντηρητικά βασισμένη στην εξοικονόμηση κατά τη διάρκεια του κύκλου ψύξης μόνο, δεδομένου ότι οι εξοικονομήσεις που σχετίζονται με τη συγκομιδή πάγου δεν είναι πλήρως κατανοητές.

Οι Scroll συμπιεστές, συμπιέζουν του αέριο με ένα ριζικά διαφορετικό τρόπο από τους παλινδρομικούς συμπιεστές, ανάμεσα σε δύο σπείρες, μία σταθερή και μία σε τροχιά. Οι Παλινδρομικοί συμπιεστές υψηλής απόδοσης είναι το ίδιο αποτελεσματικοί ή πιο αποτελεσματικοί από ό, τι οι «scroll» συμπιεστές. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένου του θορύβου, του κόστους και της αξιοπιστία, σε σύγκριση τους scroll συμπιεστές. Ακολουθεί η εξίσωση 1, εξοικονόμησης ενέργειας συμπιεστή υψηλής απόδοσης (HEC).

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{HEC}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = [\text{Capacity}_{\text{συμπιεστή}} (\text{W})] \times \left(\frac{1}{\text{COP}_{\text{τυπικό}}} - \frac{1}{\text{COP}_{\text{HiEff}}} \right) \times \text{Κύκλοι}_{\text{συμπιεστή}} (\%) \times \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}}$$

Εξίσωση 1: Εξοικονόμησης ενέργειας Συμπιεστή Υψηλής Απόδοσης, HEC

6.1.2 Συμπιεστής Μεταβλητής Ταχύτητας

Για τον περιορισμό των απωλειών του κυκλώματος στο συμπιεστή, υπάρχει η δυνατότητα χρήσης συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας. Η δυνατότητα μείωσης της ταχύτητας του συμπιεστή, όταν δεν απαιτείται η μέγιστη λειτουργία αυτού και η ρύθμιση της ταχύτητάς του, πάντοτε ανάλογα με το φορτίο, μειώνουν σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον ο συμπιεστής δουλεύει διαρκώς πλέον στην απαιτούμενη ταχύτητα, εκμηδενίζοντας τις συνέπειες των συχνών επανεκκινήσεων αυτού. Λόγω της μείωσης της ταχύτητας λειτουργίας του, η πτώση πίεσης μεταξύ υψηλής και χαμηλής πίεσης στο κύκλωμα μειώνεται, με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης του συμπιεστή να αυξάνεται, εξοικονομώντας ακόμα μεγαλύτερη ενέργεια. Ένα μειονέκτημα του συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας είναι το γεγονός ότι το ηλεκτρονικό σύστημα που ρυθμίζει την ταχύτητα λειτουργίας του συμπιεστή, καταναλώνει ενέργεια που ισοδυναμεί με το 2% με 5% της παροχής ρεύματος σε αυτόν. Ωστόσο η εξοικονόμηση ενέργειας από τη χρήση του είναι μεγάλη και παρά το μειονέκτημα αυτό συνολικά η χρήση συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας καθίσταται συμφέρουσα λύση. Αρκεί να αναφέρουμε ότι σε κλειστού τύπου ψυγεία, η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να φτάσει έως και το 30%.

Δύο τύποι συμπιεστών μεταβλητής ικανότητας, που μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έχουν αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια: (1) συμπιεστές **μεταβλητής ταχύτητας**, που βρίσκουν εφαρμογή, με τη χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου στον κινητήρα του συμπιεστή, γεγονός που επιτρέπει στον κινητήρα να λειτουργεί σε διαφορετικές ταχύτητες, και (2) ψηφιακοί Scroll συμπιεστές, που βρίσκουν εφαρμογή με τον ηλεκτρονικό **έλεγχο της χρονικής διάρκειας** της συνεργασίας των στοιχείων του, όπου 100% λειτουργία (κατάσταση 1), επιτυγχάνεται όταν δουλεύουν τα στοιχεία του και 0% λειτουργία (κατάσταση 0), όταν δε δουλεύουν. Στη δεύτερο τύπο συμπιεστή, η συνεχής διαφοροποίηση της ικανότητας από το 10% έως 100% επιτυγχάνεται με γρήγορο έλεγχο της χρονικής διάρκειας που παραμένει ο συμπιεστής σε κάθε κατάσταση. Για παράδειγμα, 50% ικανότητα, επιτυγχάνεται με 30sec σε λειτουργία και 30sec εκτός λειτουργίας. Αυτή αναλογική προσέγγιση, έχει επίσης αναπτυχθεί για ημι-κλειστού τύπου, παλινδρομικούς συμπιεστές που χρησιμοποιούνται σε supermarket.

Οι συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας χρησιμοποιούν, είτε ένα αντιστροφέα (inverter) που λειτουργεί με επαγωγικό κινητήρα είτε ένα μόνιμο μαγνητικό κινητήρα που λειτουργεί με έναν ελεγκτή κινητήρα που επιτρέπει την ρύθμιση συχνότητας.

Οι συμπιεστές μεταβλητής ικανότητας μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας με τρεις τρόπους:

1. Όταν η ροή του ψυκτικού μειώνεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μερικού φορτίου, ο συμπυκνωτής και ο εξατμιστής (διαστασιολογημένοι για συνθήκες πλήρους φορτίου) λειτουργούν πιο αποτελεσματικά και ως εκ τούτου, μειώνεται η συνολική άνοδος της θερμοκρασίας του ψυκτικού κυκλώματος.
2. Σε ένα αυτόνομο σύστημα ψύξης, που χρησιμοποιεί τριχοειδή σωλήνα εκτόνωσης του ψυκτικού, η πίεση στο σύστημα εξισορροπεί κατά τη διάρκεια μη λειτουργίας του συμπιεστή. Κατά τη διάρκεια αυτής της εξίσωσης, ζεστό ψυκτικό διέρχεται από τον συμπυκνωτή προς τον εξατμιστή προσθέτοντας θερμικό φορτίο. Το φαινόμενο αυτό εξαλείφεται με τους συμπιεστές μεταβλητής ικανότητας.
3. Η εκκίνηση του συμπιεστή αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, όπου το σύστημα δεν παρέχει αρκετή ή καθόλου χρήσιμη ικανότητα. (αυξημένη κατανάλωση συμπιεστή κατά τις εκκινήσεις).

Η εξοικονόμηση ενέργειας της αναλογικής συμπίεσης (Compressor Modulating) σε σουπερμάρκετ εκτιμάται ότι είναι 7 έως 10% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των συμπιεστών (Emerson 2009).

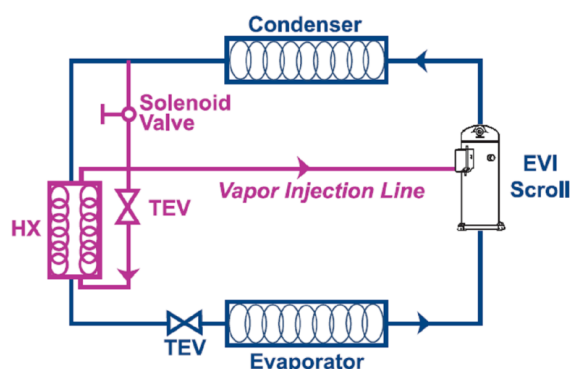
6.1.3 Συμπιεστής Δύο Ταχυτήτων

Παράλληλα μια εναλλακτική λύση είναι η χρήση συμπιεστή δύο ταχυτήτων. Ο συμπιεστής αυτός δουλεύει επίσης συνεχώς, αλλά έχει μονάχα δύο συγκεκριμένες ταχύτητες λειτουργίας, μία χαμηλή ταχύτητα όταν το φορτίο είναι χαμηλό και μία υψηλή ταχύτητα για τις περιπτώσεις μέγιστου φορτίου. Η κατανάλωση ενέργειας του συμπιεστή δύο ταχυτήτων είναι ελαφρώς μεγαλύτερη αυτής του συμπιεστή μεταβλητής ταχύτητας. Δοκιμές έχουν δείξει ότι η διαφορά αυτή είναι της τάξεως του 3%, με αποτέλεσμα η εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τους συμβατικούς συμπιεστές να παραμένει σημαντική. Δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι οι συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας ή 2 ταχυτήτων, δουλεύοντας σε χαμηλότερες στροφές, έχουν πιο αθόρυβη λειτουργία κάνοντας το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται φιλικότερο, τόσο για τους πελάτες, όσο και για τους εργαζόμενους. Η μείωση θορύβου των

συμπιεστών αυτών συγκριτικά με τους συμβατικούς, έχει μετρηθεί πειραματικά στα 5dB.

6.2 Γραμμή Έγχυσης αερίου σε εφαρμογή μηχανικής υπόψυξης (Εφαρμογή μόνο σε κύκλωμα ψύξης Supermarket)

Μερικοί «scroll» συμπιεστές, έχουν μία θύρα εισόδου, αερίου ενδιάμεσης πίεσης, η οποία επιτρέπει στο συμπιεστή να χρησιμοποιηθεί σε διαμόρφωση δύο σταδίων. Η ενδιάμεση είσοδος, δέχεται αέριο ψυκτικό από εναλλάκτη θερμότητας υπό-ψυξης υγρού ή από μία δεξαμενή μέσης πίεσης. Η προσέγγιση αυτή βελτιώνει την απόδοση, επιτρέποντας σε μέρος του ψυκτικού φορτίου, να εξυπηρετηθεί με τη συμπίεση του ψυκτικού μέσου από το υψηλότερο επίπεδο, ενδιάμεση πίεσης αντί από το χαμηλότερο επίπεδο της πίεσης αναρρόφησης. Το γεγονός αυτό, επιτρέπει την εφαρμογή της μηχανικής υπό-ψυξης, χωρίς τη χρήση ξεχωριστού συμπιεστή.



Σχήμα 44: Γραμμή έγχυσης αερίου σε μηχανική υπόψυξη (εφαρμογή σε Supermarket)

6.3 Ανεμιστήρες

Οι ανεμιστήρες κυκλοφορούν τον αέρα κατά μήκος του εξατμιστή και του συμπυκνωτή και συνήθως λειτουργούν σε μία ταχύτητα. Ο κατασκευαστής θα ταιριάξει το μέγεθος του κινητήρα και της πτερωτής του ανεμιστήρα, με τον εναλλάκτη για να ανταποκριθεί στο αναμενόμενο φορτίο υπό τις συνθήκες λειτουργίας. Οι κινητήρες υψηλότερης απόδοσης μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας, απαιτώντας λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχει μια ποικιλία από τύπους και μεγέθη κινητήρων, ανάλογα με την εφαρμογή. Στα βασικά χαρακτηριστικά του κινητήρα περιλαμβάνονται, το ρεύμα εξόδου, η παροχή

ρεύματος (AC ή DC , τάση, συχνότητα , απλές ή πολλαπλές φάσεις), ο τύπος ψύξης του κινητήρα, οι περιβαλλοντικές συνθήκες, ο σχεδιασμός, κλπ.

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες λειτουργούν με βάση την αλληλεπίδραση μεταξύ των μαγνητικών πεδίων του ρότορα και του στάτορα . Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι πολύ κοινοί και οι κινητήρες αυτοί δεν έχουν μαγνήτες, δημιουργούν μαγνητικά πεδία στο ρότορα με επαγωγικό ρεύμα στις περιελίξεις του ρότορα. Μερικοί κινητήρες έχουν μόνιμους μαγνήτες, που οδηγούν, σε μερικές περιπτώσεις, σε πιο αποδοτικούς σχεδιασμούς.

Οι μονοφασικοί επαγωγικοί κινητήρες, απαιτούν ξεχωριστές περιελίξεις εκκίνησης για να διασφαλίσουν την κατάλληλη περιστροφή εκκίνησης και επαρκή ροπή εκκίνησης. Ο τύπος της εκκίνησης, διαφοροποιεί τους τρεις κύριους τύπους μονοφασικών επαγωγικών κινητήρων, που περιλαμβάνουν τον κινητήρα “**shaded pole**”, το μόνιμο χωριστού πυκνωτή κινητήρα (PSC) και τον ηλεκτρονικής μεταγωγής μόνιμο μαγνητικό κινητήρα (ECM). Σε ένα κινητήρα «shaded-pole», οι περιελίξεις εκκίνησης είναι «shaded» από ένα χάλκινο βρόχο. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του μαγνητικού πεδίου που παράγεται από το shaded και το μη shaded τμήμα, προκαλούν περιστροφή όταν ο κινητήρας δέχεται ισχύ. Η ανισορροπία μεταξύ του «σκιασμένου» και του «μη – σκιασμένου» τμήματος του μαγνήτη παραμένει καθ 'όλη τη λειτουργία. Ως αποτέλεσμα, οι κινητήρες σκιασμένου πόλου, που χρησιμοποιούνται σε εμπορικές εφαρμογές ψύξης με ισχύ εξόδου άξονα που κυμαίνονται από 6W έως 37W, είναι αναποτελεσματικοί, με τυπικές αποδόσεις κινητήρα λιγότερο από 20% (Heinecke 2006). Οι κινητήρες «shaded-pole», είναι ωστόσο , ηλεκτρικά απλοί και οικονομικοί.

Σε ένα κινητήρα PSC, μία μικρότερη, περιέλιξη εκκίνησης είναι παρούσα εκτός από την κύρια περιέλιξη. Η περιέλιξη εκκίνησης είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένη, παράλληλα με την κύρια περιέλιξη και σε σειρά με έναν πυκνωτή. Κατά την εκκίνηση , οι αλληλεπίδραση μεταξύ του μαγνητικού πεδίου που παράγεται από την περιέλιξη εκκίνησης και αυτού που δημιουργείται από την κύρια περιέλιξη, προκαλέσει περιστροφή .Λόγω του πυκνωτή ωστόσο, το ρεύμα προς την περιέλιξη εκκίνησης, διακόπτεται καθώς ο κινητήρας φτάνει σε σταθερές συνθήκες λειτουργίας. Εξαιτίας αυτού , οι κινητήρες PSC είναι ενεργειακά αποδοτικότεροι από τους ομόλογούς τους, κινητήρες «shaded-pole». Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι κινητήρες αυτοί με ισχύ στον άξονα από 6W έως 37W να έχουν αποδόσεις από 50 έως 70%. Όπως οι «shaded pole» κινητήρες έτσι και οι κινητήρες PSC παράγονται σε μεγάλες ποσότητες και είναι σχετικά οικονομικοί. Οι κινητήρες χωρίς ψήκτες, προσφέρουν μία μείωση ισχύος της τάξεως του 50 με 60%.

Ένας τρίτος τύπος ηλεκτροκινητήρα, ο ηλεκτρονικά μεταγωγικός μόνιμου μαγνήτη κινητήρας, ECM (γνωστός και ως κινητήρας μόνιμου μαγνήτη χωρίς ψήκτες), είναι πιο ενεργειακά αποδοτικός από ό, τι είναι οι κινητήρες «shaded – pole» ή οι κινητήρες PSC. Οι ECM κινητήρες είναι πιο περίπλοκοι, ιδιαίτερα στις εμπορικές

εφαρμογές ψύξης, επειδή τροφοδοτούνται εσωτερικά με συνεχές ρεύμα. Απαιτείται ελεγκτής για να χειριστεί την ηλεκτρονική μεταγωγή, δηλαδή τη μετάβαση του ρεύματος στις περιελίξεις του κινητήρα σε συγχρονισμό με την περιστροφή του κινητήρα. Για το λόγο αυτό, οι κινητήρες ECM, ζυγίζουν περισσότερο από τους κινητήρες σκιασμένου πόλου ή PSC, και είναι πιο ακριβοί. Ακολουθούν οι εξισώσεις εξοικονόμησης ενέργειας 2-4, ECM κινητήρα συμπυκνωτή, PSC κινητήρα συμπυκνωτή και ECM κινητήρα εξατμιστή αντίστοιχα [27,32,33,34].

$$\text{Εξοικονόμηση}_\text{ενέργειας}_{ECM, \text{συμπ.}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = (\text{Ισχύς}_{\text{βασική}} (W) - \text{Ισχύς}_{ECM} (W))$$

$$x \text{Αριθμός}_\text{ανεμιστήρων} x \text{Κύκλοι}_{\text{ανεμ.συμπ.}} (\%) x \frac{8760 \frac{hrs}{yr}}{1000 \frac{W}{kW}}$$

Εξίσωση 2: Εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Συμπυκνωτή ECM

$$\text{Εξοικονόμηση}_\text{ενέργειας}_{PSC, \text{συμπ.}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = (\text{Ισχύς}_{\text{βασική}} (W) - \text{Ισχύς}_{PSC} (W))$$

$$x \text{Αριθμό}_\text{ανεμιστήρων} x \text{Κύκλους}_{\text{ανεμ.συμπ.}} (\%) x \frac{8760 \frac{hrs}{yr}}{1000 \frac{W}{kW}}$$

Εξίσωση 3: Εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Συμπυκνωτή PSC

$$\text{Εξοικονόμηση}_\text{ενέργειας}_{ECM, \text{εξατμ.}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = (\text{Ισχύς}_{\text{βασική}} (W) - \text{Ισχύς}_{ECM} (W))$$

$$x \text{Αριθμό}_\text{ανεμιστήρων} x \text{Κύκλοι}_{\text{ανεμ.εξατμ.}} (\%) x \left(1 + \frac{1}{COP} \right) x \frac{8760 \frac{hrs}{yr}}{1000 \frac{W}{kW}}$$

Εξίσωση 4: Εξοικονόμησης ενέργειας Κινητήρα Εξατμιστή ECM

Πίνακας 37: Τυπικές αποδόσεις κινητήρων ανεμιστήρων

Ονομαστική ισχύς εξόδου (W)	SPM	PSC	ECM
	Ισχύς εξόδου (W)		
373 (1/2 hp)	-	530	450
249 (1/3 hp)	-	370	304
125 (1/6 hp)	329	202	155
50 (1/15 hp)	-	90	65
37 (1/20 hp)	110	70	49
25	100	51	33
20	90	42	27
15	75	33	20.5
9	53	21	12.5
6	40	15	8.5

6.3.1 Κινητήρες ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης ECM

Στην εξοικονόμηση ενέργειας των ψυγείων, συμβάλει καθοριστικά η αντικατάσταση των συμβατικών κινητήρων των ανεμιστήρων τόσο του εξατμιστή, όσο και του συμπυκνωτή από κινητήρες υψηλής απόδοσης, γνωστούς ως **ECMs** (electronically commutated motors) όπως ήδη αναφέραμε. Όπως είναι γνωστό τα εμπορικά συστήματα ψύξης χρησιμοποιούν ανεμιστήρες στον εξατμιστή, για την κυκλοφορία του κρύου αέρα στην καμπίνα και τη βελτίωση της απόδοσης του, καθώς και ανεμιστήρες στο συμπυκνωτή για την ψύξη του και την καλύτερη απόδοση του ψυκτικού κύκλου. Η σύγχρονη τεχνολογία των ανεμιστήρων αυτών (EC fans) βοηθά στην ενισχυμένη απόδοσή τους, εξοικονομώντας ενέργεια έως και 50% σε σύγκριση με τους συμβατικούς ανεμιστήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (AC fans). Επιπλέον, η συνήθης λειτουργία των συμβατικών ανεμιστήρων, είναι να δουλεύουν διαρκώς στη μέγιστη ταχύτητα ξοδεύοντας ενέργεια και αυξάνοντας το θερμικό φορτίο στην καμπίνα και παράλληλα την καταπόνηση του εξοπλισμού. Από την άλλη πλευρά τα ECMs ρυθμίζουν την ταχύτητα του κινητήρα, εξασφαλίζοντας τη βέλτιστη ροή αέρα και χρησιμοποιώντας μόνο την απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια. Οι κινητήρες αυτοί παράγουν πολύ μικρότερο θερμικό φορτίο από τους συνήθεις κινητήρες, συμβάλλοντας σημαντικά στη μείωση του θερμικού φορτίου στο εσωτερικό της καμπίνας που πρέπει να απομακρυνθεί από το ψυκτικό κύκλωμα. Λόγω του χαμηλού τους φορτίου οι κινητήρες αυτοί έχουν επίσης πιο αθόρυβη λειτουργία καθιστώντας έτσι το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το ψυγείο φιλικότερο, ενώ συνδυάζουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους συμβατικούς κινητήρες. Η αντικατάσταση των συμβατικών κινητήρων στα εμπορικά ψυγεία από κινητήρες ECM είναι εύκολη και συμβάλει σημαντικά στην ενεργειακή αναβάθμιση των ψυγείων. Μάλιστα, παρόλο που το αρχικό κόστος των ECM κινητήρων είναι υψηλότερο από το κόστος των συμβατικών, ο βαθμός απόδοσής τους, παρέχει απόσβεση της επένδυσης σε διάστημα

ακόμα και μικρότερο του ενός έτους. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται στις 580 – 1760 kWh ανά κινητήρα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι η εξοικονόμηση ενέργειας σε μεγάλα εμπορικά ψυγεία και καταψύκτες που χρησιμοποιούν περισσότερους ανεμιστήρες, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μεγάλη ενώ συγχρόνως ο μικρός χρόνος απόσβεσης του αρχικού τους κόστους τα καθιστά μια πολύ συμφέρουσα και αξιόλογη επένδυση.

6.3.2 Έλεγχος ανεμιστήρων εξατμιστή EFC

Η λειτουργία μεταβλητής ταχύτητας, μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας, δεν υπάρχει κέρδος εξοικονόμησης ενέργειας.

Ένας ακόμα σημαντικός τρόπος ενεργειακής αναβάθμισης των ψυγείων είναι με τη χρήση των συστημάτων ελέγχου της ταχύτητας των κινητήρων των ανεμιστήρων στον εξατμιστή. Όπως ήδη αναφέραμε, συνήθως οι συμβατικοί ανεμιστήρες δουλεύουν σε πλήρη ισχύ, παρότι κατά μέσο όρο η πλήρης λειτουργία τους απαιτείται το μισό μόνο χρονικό διάστημα από αυτό το οποίο δουλεύουν. Τα συστήματα αυτά ελέγχου, χαμηλώνουν τη λειτουργία των ανεμιστήρων αυτών όταν πλέον η πλήρης λειτουργία τους δεν χρειάζεται, εξοικονομώντας ενέργεια.

Επιπλέον η μείωση της ροής αέρα σε ανοιχτού τύπου ψυγεία περιορίζει σημαντικά τις απώλειες, ενώ παράλληλα προϊόντα όπως λουλούδια, κρέας και άλλα δεν αφυδατώνονται πλέον στον ίδιο βαθμό. Τα συστήματα αυτά, μειώνουν την ταχύτητα του ανεμιστήρα, με απλό τρόπο και χωρίς κόστος, λαμβάνοντας απλώς υπόψη την αρχή λειτουργίας των κινητήρων τους. Όσο μικρότερη τάση παρέχεται στον κινητήρα, τόσο μειώνεται η παραγόμενη περιστροφική ισχύς του. Το σύστημα ελέγχου, περιορίζει την τάση στον κινητήρα του ανεμιστήρα κατά 80%, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό την ταχύτητα περιστροφής του ανεμιστήρα (σύνηθες παράδειγμα από τις 1600 στροφές το λεπτό στις 400 στροφές το λεπτό).

Ως ελάχιστη απαιτούμενη ταχύτητα περιστροφής, ορίζεται αυτή που διασφαλίζει την απόψυξη του εξατμιστή και την διατήρηση ομοιόμορφης θερμοκρασία στην καμπίνα του ψυγείου. Μειώνοντας την ταχύτητα λειτουργίας, μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας του ανεμιστήρα και μειώνεται παράλληλα το παραγόμενο από τον ανεμιστήρα θερμικό φορτίο που πρέπει να απομακρυνθεί από το ψυκτικό κύκλωμα, εξοικονομώντας με τον τρόπο αυτό επιπλέον ενέργεια από τον συμπιεστή. Η απόσβεση της επένδυσης αυτής υπολογίζεται σε λιγότερο τους ενός έτους ενώ, η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας εκτιμάται στις 300kWh – 1100kWh ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας του ψυκτικού κυκλώματος, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και τον τύπο του ψυγείου. Ακολουθεί η εξίσωση 5, εξοικονόμησης ενέργειας συστήματος ελέγχου ανεμιστήρα (EFC).

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{\text{EFC}}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = \text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.εξατμ.}} (W) \times \text{Αριθμός}_{\text{ανεμιστήρων}} \times$$

$$\text{Μείωση}_{\text{κύκλων}_{\text{EFC}}} (\%) \times \left(1 + \frac{1}{\text{COP}} \right) \times \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{W}{\text{kW}}}$$

Εξίσωση 5: Εξοικονόμησης ενέργειας, Συστήματος Ελέγχου Ανεμιστήρα Εξατμιστή EFC

6.4 Πτερωτές ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης

Στην αποδοτικότερη λειτουργία των ανεμιστήρων συμβάλουν και οι πτερωτές ανεμιστήρων υψηλής απόδοσης, οι οποίες μειώνουν την απαιτούμενη ισχύ στον άξονα του κινητήρα, κυκλοφορώντας τον αέρα αποδοτικότερα. Οι περισσότεροι ανεμιστήρες εξατμιστών και συμπυκνωτών, χρησιμοποιούν μεταλλική ή πλαστική πτερωτή. Οι ανεμιστήρες αυτοί είναι ελαφριοί και οικονομικοί. Οι πτερωτές, παράγονται μαζικά για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και δεν βελτιστοποιούνται απαραίτητως για τον εκάστοτε εξοπλισμό εφαρμογής τους. Για παράδειγμα, οι ανεμιστήρες στον εξατμιστή ίσως λειτουργούν εις βάρος της απόδοσης σε ένα ψυγείο, διότι τα μεταλλικά πτερύγια του πρότυπου σχεδίου δεν είναι κατάλληλα για την απαιτούμενη σχετική πτώση της υψηλής πίεσης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαπτομενικοί ανεμιστήρες, γνωστοί και ως ανεμιστήρες διασταυρούμενης ροής (cross-flow blowers), χρησιμοποιούνται για τη μείωση τη κατανάλωσης ενέργειας. Οι ανεμιστήρες αυτοί, έχουν μακριές και λεπτές πτερωτές, επιτρέποντας την καλύτερη εφαρμογή τους σε ορισμένους εξοπλισμούς, σε σχέση με τους συμβατικούς ανεμιστήρες τύπου έλικα. Το γεγονός αυτό έχει οφέλη για τους εξατμιστές και τους συμπυκνωτές, καθώς βελτιώνει την κατανομή του αέρα και μειώνει τις απώλειες. Ένας απλός μακρύς ανεμιστήρας διασταυρούμενης ροής μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις ροής αέρα ενός ολόκληρου συμπυκνωτή, ενώ απαιτεί μόνο ένα κινητήρα υψηλής απόδοσης. Ωστόσο, η επιλογή αυτών των ανεμιστήρων, πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη προσεκτικά, τα αποτελέσματα της εφαρμογής και της επαλήθευσης αυτής, διότι δεν αποτελούν πάντοτε την πιο αποδοτική επιλογή, ειδικά σε περιπτώσεις αυξημένης υψηλής πίεσης. Η βελτιστοποίηση των πτερωτών των ανεμιστήρων, στις μηχανές παραγωγής πάγου, μπορεί να μειώσει την ισχύ στον ανεμιστήρα του συμπυκνωτή κατά περίπου 15%. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε 61KWh στην τυπική μηχανή πάγου. Ακολουθεί η εξίσωση 6, εξοικονόμησης ενέργειας πτερωτής ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης [27].

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}}_{\text{HEFB}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = [\text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.εξατμ.}} (W) \times \text{Αριθμός}_{\text{ανεμιστήρων}_{\text{εξατμιστή}}}] \times$$

$$\text{Κύκλοι}_{\text{ανεμ.εξατμ.}} (\%) \times \left(1 + \frac{1}{\text{COP}} \right) + \text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.συμπ.}} (W) \times \text{Αριθμός}_{\text{ανεμιστήρων}_{\text{συμπυκνωτή}}}$$

$$\times \text{Κύκλοι}_{\text{ανεμ.συμπ.}} (\%) \times \text{Μείωση}_{\text{ισχύος}} (\%) \times \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}}$$

Εξίσωση 6: Εξοικονόμησης ενέργειας Πτερωτής Ανεμιστήρα Υψηλής Απόδοσης

6.5 Αντι-θαμβωτικά Συστήματα

Τα αντι-θαμβωτικά συστήματα χρησιμοποιούνται για να διατηρούν το τζάμι των ψυγείων και καταψυκτών κλειστού τύπου καθαρό από υγρασία – σταγονίδια νερού, συμβάλλοντας στη μεγιστοποίηση των πωλήσεων.

6.5.1 Συστήματα Ελέγχου Αντι-θαμβωτικών Αντιστάσεων (Anti-Sweat Heat controls)

Τα περισσότερα ψυγεία, διαθέτουν ηλεκτρικές αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις (anti sweat heater) στα τζάμια, που εξασφαλίζουν την αποφυγή σχηματισμού πάγου και υγρασίας τόσο στο τζάμι όσο και στο πλαίσιο της πόρτας (στα display-cases και στα merchandisers). Δυστυχώς όμως οι αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις αυτές, συνήθως λειτουργούν διαρκώς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η πραγματικότητα όμως είναι ότι οι αντιστάσεις αυτές χρειάζεται να λειτουργούν μόνο όταν η υγρασία είναι ιδιαίτερα υψηλή και οι θερμοκρασίες της επιφάνειας του τζαμιού, είναι χαμηλότερα από το σημείο συμπύκνωσης της θερμοκρασίας του αέρα. Σε αντίθετη περίπτωση απλώς καταναλώνουν ενέργεια για τη λειτουργία τους αυξάνοντας παράλληλα το θερμικό φορτίο στο εσωτερικό της καμπίνας. Για την αποφυγή της άσκοπης λειτουργίας τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα ελέγχου λειτουργίας των αντι-θαμβωτικών αντιστάσεων (anti-sweat heater controls), τα οποία ανιχνεύουν αυτόματα τα επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας και θέτουν σε λειτουργία τις αντιστάσεις μόνο όταν χρειάζεται και για όσο χρειάζεται. Τα συστήματα αυτά, ουσιαστικά διατηρούν τη θερμοκρασία του τζαμιού, πάνω από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης του αέρα. Συγκεκριμένα με τα συστήματα αυτά μία αντίσταση μπορεί είτε να ενεργοποιείται όταν η θερμοκρασία της θερμαινόμενης επιφάνειας, πέφτει κάτω από το σημείο συμπύκνωσης του αέρα, είτε να πραγματοποιεί θερμικούς κύκλους όταν αυτό απαιτείται, αυξανόμενους με την αύξηση της θερμοκρασίας συμπύκνωσης. Τα συστήματα αυτά εκτιμάται ότι μειώνουν το συνολικό αντι-

θαμβωτικό θερμικό φορτίο κατά 1/3, ενώ αποσβένουν συνήθως το κόστος τους σε διάστημα ενός έτους. Ακολουθεί η εξίσωση 7, εξοικονόμησης ενέργειας συστήματος ελέγχου αντι-θαμβωτικών αντιστάσεων ASHC.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{ASHC}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \text{Ισχύς}_{ASH} (W) \times \text{Μείωση}_{\text{ισχύος}_{ASHC}} (\%) \times \left(1 + \frac{1}{2 \times COP} \right)$$

Εξίσωση 7: Εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Ελέγχου Αντι-θαμβωτικών Αντιστάσεων ASHC

6.5.2 Αντιθαμβωτικό Σύστημα Θερμού Αερίου (Hot Gas Anti-Sweat)

Εκτός των αντι-θαμβωτικών αντιστάσεων, για το σκοπό αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα αντι-θαμβωτικά συστήματα θερμού αερίου. Πρόκειται για γραμμές θερμού ψυκτικού αερίου που διατρέχουν το πλαίσιο της πόρτας. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε οικιακούς καταψύκτες. Ωστόσο η εφαρμογή τους σε εμπορικά ψυγεία και καταψύκτες έχει αρχίσει να αυξάνεται, λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος στις τεχνολογίες υψηλής απόδοσης, παρά τις ανησυχίες για την αντοχή τους συγκριτικά με τις αντι-θαμβωτικές αντιστάσεις. Η εφαρμογή σε πολυκαταστήματα είναι πολύπλοκη διότι απαιτείται επιπρόσθετες σωληνώσεις, να διατρέχουν το πλαίσιο. Ορισμένα ψυγεία ωστόσο, χρησιμοποιούν απόψυξη θερμού αερίου διαθέτοντας έτσι, ήδη μία πηγή θερμού αερίου που χρειάζεται για το σύστημα αυτό. Ωστόσο, το ψυκτικό που περνά από τις γραμμές του πλαισίου της πόρτας για το σκοπό αυτό, ίσως δε συμπυκνωθεί πλήρως με κίνδυνο η τροφοδοσία του ψυκτικού, από τις γραμμές του αντι-θαμβωτικού συστήματος θερμού αερίου στον εξατμιστή, να είναι αντιπαραγωγική. Τόσο στα supermarket, όσο και στις αυτόνομες μονάδες, πρέπει να ληφθεί υπόψη η δυνατότητα τοποθέτησης-ενσωμάτωσης του αντι-θαμβωτικού συστήματος αυτού, με σφιγκτήρες, κάτι που είναι πολύ πιο εύκολο να εφαρμοστεί σε εμπορικά παρά σε οικιακά ψυγεία. Ακολουθεί η εξίσωση 8, εξοικονόμησης ενέργειας αντι-θαμβωτικών συστημάτων θερμού [34].

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{HGAS}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \text{Ισχύς}_{ASH} (W) \times \text{Κύκλοι}_{ASH} (\%)$$

Εξίσωση 8: Εξοικονόμησης ενέργειας Αντι-θαμβωτικών Συστημάτων Θερμού Αερίου HGAS

6.6 Συστήματα Ελέγχου

Τα συστήματα ελέγχου αυτοματισμού, επιτρέπουν τη βέλτιστη λειτουργία των επιμέρους συσκευών του ψυγείου με στόχο τη βέλτιστη απόδοση και της μεγιστοποίησης της εξοικονόμησης ενέργειας.

6.6.1 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS)

Ένας από τους αποτελεσματικότερους τρόπους διαχείρισης της κατανάλωσης ενέργειας των ψυγείων, είναι η εγκατάσταση «**Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας**» (**Energy Management System, EMS**). Η χρήση EMS αποτελεί θεμελιώδη στρατηγική για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Τα σύγχρονα EMS είναι σχεδιασμένα ώστε να παρέχουν πλήρη έλεγχο της λειτουργίας του ψυγείου, ελέγχοντας τη λειτουργία του συμπιεστή, των κινητήρων των ανεμιστήρων στον εξατμιστή και στο συμπυκνωτή αντίστοιχα καθώς και των φώτων. Επιπλέον τα συστήματα αυτά έχουν ένα σύστημα πρόβλεψης των ωρών λειτουργίας του καταστήματος στο οποίο βρίσκονται περιορίζοντας έτσι ακόμα περισσότερο την κατανάλωση ρεύματος κατά τις ώρες που το κατάστημα παραμένει κλειστό. Τα συστήματα αυτά επίσης ελέγχουν τη χρησιμοποιούμενη ενέργεια από το ψυγείο, αποφεύγοντας την κορύφωση ζήτησης ενέργειας που κοστίζει τόσο στον ιδιοκτήτη όσο και στο δίκτυο παροχής. Γενικά τα οφέλη από τη χρήση EMS είναι:

- Παρακολουθεί τη λειτουργία του κρίσιμου εξοπλισμού και εντοπίζει και επιλύει δαπανηρά προβλήματα που προκύπτουν.
- Προστατεύει τον εξοπλισμό, εντοπίζοντας και αποφεύγοντας τις μεγάλες διακυμάνσεις της τάσης.
- Διατηρεί πολύτιμο αρχείο θερμοκρασιών
- Εξυπηρετεί την τακτική εξοικονόμησης ενέργειας
- Διασφαλίζει το βέλτιστο έλεγχο λειτουργίας των φώτων
- Παρέχει εικόνα της καταναλωμένης ενέργειας

Όπως βλέπουμε το σύστημα διαχείρισης ενέργειας, παρέχει μια σειρά από οφέλη στη λειτουργία του ψυγείου. Ωστόσο η εγκατάσταση του EMS σε αυτό, είναι το μισό βήμα για την εξοικονόμηση ενέργειας. Μόλις το σύστημα εγκατασταθεί, απαιτείται βελτιστοποίηση αυτού, με στόχο τη μέγιστη και σταθερή αποτελεσματικότητά του. Το EMS, παρέχει μια πληθώρα παραμέτρων, που δίνουν τη δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας των επιμέρους τμημάτων του ψυγείου με στόχο την εξασφάλιση της βέλτιστης λειτουργίας του ψυγείου, τη μέγιστη εξοικονόμηση, παράλληλα προστατεύοντας τα ηλεκτρικά μέρη του ψυγείου από υπερφόρτωση. Για ένα ψυγείο που για παράδειγμα βρίσκεται σε κατάσταση, παρέχει τη δυνατότητα αυτόματου

προγραμματισμού, εξοικονόμησης ενέργεια τις ώρες που δεν χρησιμοποιείται το ψυγείο όπως κατά τη διάρκεια της νύχτα ή του Σαββατοκύριακου (stand-by), ενώ επανέρχεται σε κανονική λειτουργία όταν απαιτείται προκειμένου τα προϊόντα της καμπίνας να βρίσκονται στην επιθυμητή θερμοκρασία τις ώρες λειτουργίας του καταστήματος. Παρέχει δυνατότητα προγραμματισμού των ψυκτικών κύκλων και της απόψυξης τόσο βάση χρόνου όσο και βάση θερμοκρασίας καθώς και με συνδυασμό αυτών. Παρέχει επίσης τη δυνατότητα προγραμματισμού της λειτουργίας των ανεμιστήρων με βάση το χρόνο και τη θερμοκρασία, ενώ παρέχει και εξασφαλίζει τη βέλτιστη συνεργασία μεταξύ των επί μέρους τμημάτων του ψυγείου [65].

Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι οι δυνατότητες με ένα τέτοιο σύστημα είναι μεγάλες, ενώ επιτρέπει εκτός των όσων αναφέραμε, την έμμεση πρόσβαση στον εξοπλισμό του ψυγείου και τη δυνατότητα επαναπρογραμματισμού και επίλυσης προβλημάτων που υπό άλλες συνθήκες θα είχαν σημαντικό κόστος. Επειδή δίνουν τη δυνατότητα μείωσης τόσο του φωτισμού όσο και των ψυκτικών φορτίων, μπορούν να εξοικονομήσουν έως και 35% της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στα ψυγεία εμπορίας αναψυκτικών (beverage merchandisers) και έως και 20% της ετήσιας κατανάλωσης στα ψυγεία αυτόματης πώλησης (ΕΛΣΤΑΤ 2009). Οι αποταμιεύσεις είναι 60% λόγω φωτισμού και 40% λόγω της ψύξης. Ακολουθεί η εξίσωση 9, εξοικονόμησης ενέργειας συστήματος διαχείρισης ενέργειας.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{EMS}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \text{Μείωση}_{\text{ενέργειας}_{EMS}} (\%) \times \text{Κατανάλωση}_{\text{ενέργειας}_{\text{μονάδας}}} \left(\frac{kWh}{yr} \right)$$

Εξίσωση 9: Εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας EMS

6.6.2 Συστήματα Ελέγχου Υψηλής Πίεσης (μόνο σε walk-ins)

Οι καλύτερες βαλβίδες εκτόνωσης και τεχνολογίες ελέγχου, επιτρέπουν στην υψηλή πίεση, να «επιπλέει». Ως εκ τούτου, εκμεταλλεύονται τη χαμηλότερη αύξηση της θερμοκρασίας που επιτυγχάνεται θεωρητικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, μειώνοντας έτσι το φορτίο στο συμπιεστή.

Το σύστημα ελέγχου υψηλής πίεσης (Floating Head Pressure Control) είναι ένα σύστημα που βρίσκει εφαρμογή και έχει μεγαλύτερη απόδοση, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος παρουσιάζει διακύμανση κατά τη διάρκεια του έτους. Το σύστημα αυτό ρυθμίζει τους κινητήρες των ανεμιστήρων του συμπυκνωτή με βάση τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου, την υγρασία και το ψυκτικό φορτίο. Η διαφορά πιέσεων στο ψυκτικό κύκλωμα, είναι η διαφορά μεταξύ της πίεσης εξάτμισης (χαμηλή πίεση) και της πίεσης συμπύκνωσης (υψηλή πίεση). Όσο

μικρότερη είναι η διαφορά των πιέσεων, τόσο λιγότερο πρέπει να συμπιεστεί το ψυκτικό αέριο και τόσο λιγότερο έργο χρειάζεται να παράγει ο συμπιεστής [36,37,38].

Στα περισσότερα ψυγεία, η υψηλή πίεση έχει ρυθμιστεί να είναι σε υψηλό επίπεδο, ώστε το ψυγείο να μπορεί ανταπεξέλθει σε υψηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος χώρου, παρόλο που οι θερμοκρασίες αυτές μπορεί να συμβαίνουν σπάνια. Το σύστημα αυτό, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλά και δε χρειάζεται να δουλεύει το ψυκτικό κύκλωμα στο 100%, ρίχνει την υψηλή πίεση, οπότε μειώνεται η διαφορά πιέσεων με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τον συμπιεστή. Εκτιμάται ότι η εξοικονόμηση ενέργειας με το σύστημα αυτό κυμαίνεται από 6% - 20%, από τη συνδυαστική εξοικονόμηση ενέργειας από το συμπιεστή και τους ανεμιστήρες του συμπυκνωτή. Συγκεκριμένα σε ψυγεία που η λειτουργία τους ελέγχεται από την τιμή της υψηλής πίεσης και έχουν το «set point» της υψηλής ρυθμισμένο σχετικά χαμηλά, η εξοικονόμηση θα κυμαίνεται από 6% - 8%. Ωστόσο στα περισσότερα ψυγεία που το «set point» είναι ρυθμισμένο ψηλά, η εξοικονόμηση θα κυμαίνεται από 10% -20%. Η απόσβεση της επένδυσης αυτής εκτιμάται στα 2 χρόνια. Ακολουθεί η εξίσωση 10, εξοικονόμησης ενέργειας συστήματος ελέγχου υψηλής πίεσης (FHP) που βρίσκει εφαρμογή σε ψυγεία και καταψύκτες Walk-ins.

$$\text{Εξοικονόμηση}_\text{ενέργειας}_{\text{FHP}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = \text{Μείωση}_\text{κύκλων}_{\text{FHP}} (\%) \times (\text{Ισχύς}_{\text{συμπιεστή}} + \text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.συμπ.}})$$

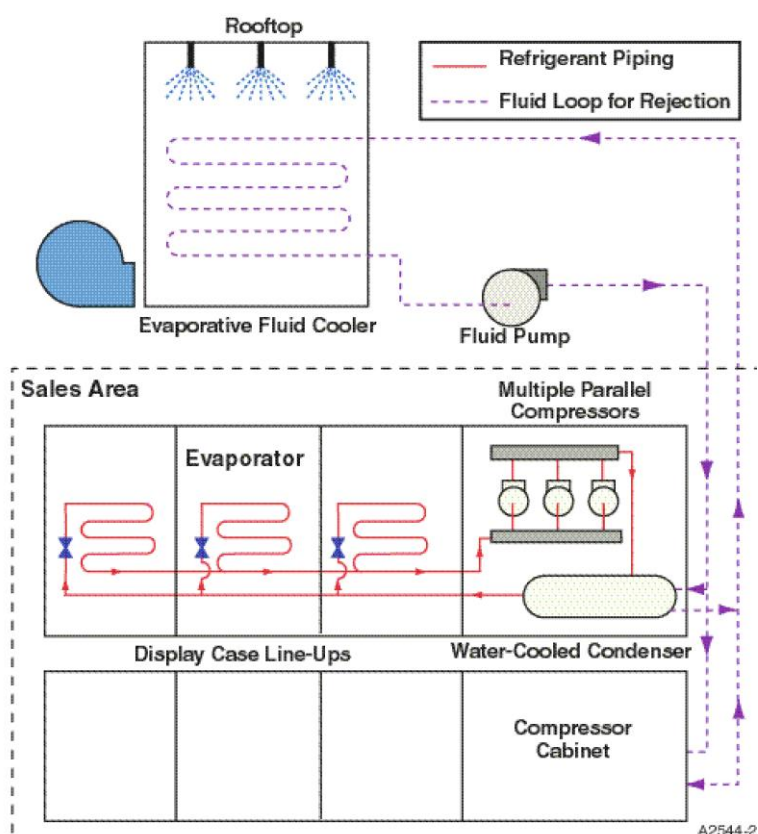
Εξίσωση 10: Εξοικονόμησης ενέργειας Συστήματος Ελέγχου Υψηλής πίεσης FHP (εφαρμογή σε Walk-ins)

6.7 Κατανομή ψύξης (μόνο σε Supermarket)

Τα συστήματα κατανομής ψύξης, χρησιμοποιούν πολλαπλούς συμπιεστές που έχουν τοποθετηθεί σε καμπίνες, που βρίσκονται κοντά στα φορτία που εξυπηρετούν. Η θερμότητα από τα Display-Cases αποβάλλεται, χρησιμοποιώντας είτε αερόψυκτους συμπυκνωτές που βρίσκονται στην ταράτσα, πάνω από τις καμπίνες των συμπιεστών ή χρησιμοποιώντας ένα βρόχο γλυκόλης που συνδέει τις καμπίνες με υγρό ψύξης όπως φαίνεται στο σχήμα 45. Η ισορροπία έχει γύρει σχεδόν εξ ολοκλήρου στους αερόψυκτους συμπυκνωτές, σε νέες εγκαταστάσεις, διότι το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης είναι χαμηλότερο χωρίς την απαίτηση υγρού ψύξης (Emerson 2009). Οι Scroll συμπιεστές χρησιμοποιούνται λόγω των χαμηλών επιπέδων θορύβου και των κραδασμών τους δεδομένου ότι βρίσκονται στο χώρο των πωλήσεων. Μια τέτοια

διαμόρφωση απαιτεί 50-70% λιγότερο ψυκτικό μέσο από ένα πολύπλοκο σύστημα απευθείας εκτόνωσης. Χρησιμοποιώντας εργαλεία προσομοίωσης, η εξοικονόμηση ενέργειας με χρήση συστήματος κατανομής ψύξης, που χρησιμοποιεί υγρόψυκτο εξατμιστή, εκτιμάται ότι είναι 11%, σε σύγκριση με ένα τυπικό αερόψυκτο πολύπλοκο σύστημα ψύξης. Ωστόσο, περίπου 8% της εξοικονόμησης, συνδέεται με την ψύξη του εξάτμιστη (IEA 2003).

Εφαρμογή των συστημάτων κατανομής ψύξης, σε κατασκευές νέων supermarket είναι όλο και συχνότερη σε παγκόσμιο επίπεδο, γιατί τα supermarket βρίσκονται υπό αυξανόμενη πίεση μείωσης της ποσότητας του ψυκτικού μέσου. Ωστόσο η κατανάλωση ενέργειας δε μειώνεται σημαντικά, σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα «compressor racks» και για το λόγο αυτό τα συστήματα αυτά δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον από ενεργειακής σκοπιά.



Σχήμα 45: Υδρόψυκτο σύστημα κατανομής ψύξης (εφαρμογή σε Supermarket)

6.8 Αισθητήρας Μίμησης Θερμοκρασίας Προϊόντων

Σημαντικό ρόλο στη λειτουργία και στην κατανάλωση ενέργειας ενός ψυγείου κατέχει ο θερμοστάτης. Ο θερμοστάτης του ψυγείου ρυθμίζεται στην επιθυμητή για τα προϊόν της καμπίνας θερμοκρασία. Έστω για παράδειγμα ότι ρυθμίζουμε το θερμοστάτη στους 5°C. Θέτουμε σε λειτουργία το ψυγείο και αρχίζει να ψύχεται ο

αέρας της καμπίνας. Μόλις η θερμοκρασία του αέρα, φτάσει τους 5°C, ο αισθητήρας του θερμοστάτη, μεταδίδει τα δεδομένα της θερμοκρασίας στο σύστημα ελέγχου, το οποίο σταματά τη λειτουργία του συμπιεστή. Υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας, καθώς η πόρτα του ψυγείου ανοιγοκλείνει, ο αέρας στην καμπίνα ζεσταίνεται όταν η πόρτα ανοίγει, καθώς ψυχρός αέρας βγαίνει από το εσωτερικό της καμπίνας και αντικαθίσταται από ζεστό αέρα. Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του αέρα να αυξάνεται απότομα, με αποτέλεσμα ο θερμοστάτης που «διαβάζει» θερμοκρασία αέρα, να ενεργοποιεί το συμπιεστή με σκοπό την ψύξη του αέρα στους 5°C. Η σκέψη είναι ότι διατηρώντας τη θερμοκρασία του αέρα στην καμπίνα στο επιθυμητό επίπεδο, αναμένεται και τα προϊόντα στην καμπίνα να βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Ωστόσο επειδή ο αέρας έχει εντελώς διαφορετικά θερμικά χαρακτηριστικά από τα προϊόντα, η μέθοδος αυτή δεν καθίσταται ακριβής για τη θερμοκρασία των προϊόντων. Για το λόγο αυτό παρ' ότι η θερμοκρασία του αέρα με το άνοιγμα της πόρτας ανεβαίνει και ο θερμοστάτης δίνει εντολή να τεθεί σε λειτουργία ο συμπιεστής, η θερμοκρασία των προϊόντων δεν έχει αλλάξει [21,39].

Τα τρόφιμα και τα περισσότερα προϊόντα, λόγω της διαφορετικής τους θερμοχωρητικότητας σε σχέση με τον αέρα, διατηρούν τη θερμοκρασία τους για αρκετά μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, κάθε φορά που ο συμπιεστής εκκινεί, υφίσταται μεγάλη καταπόνηση, καθώς πρέπει να δουλέψει έντονα για να επαναφέρει τις πιέσεις του συστήματος στα επιθυμητά επίπεδα. Εν τω μεταξύ, το μικρό θερμικό φορτίο που εισήλθε στην καμπίνα με το άνοιγμα της πόρτας, θα έχει ήδη αρχίσει να απορροφάται από την πολύ μεγαλύτερη θερμική μάζα της καμπίνας, γεγονός που σημαίνει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, η θερμοκρασιακή εξισορρόπηση επέρχεται από μία φυσική εντροπική διαδικασία παρά λόγω της εξαναγκασμένης ψύξης από το συμπιεστή. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι με τους συμβατικούς θερμοστάτες ο συμπιεστής εκκινεί και λειτουργεί σε αρκετές περιπτώσεις χωρίς να χρειάζεται.

Για την αποφυγή των παραπάνω υπάρχει η δυνατότητα χρήσης «**αισθητήρα μίμησης της θερμοκρασία των τροφίμων**», ο οποίος τοποθετείται στο ήδη υπάρχον αισθητήριο θερμοκρασίας του θερμοστάτη και ουσιαστικά εξασφαλίζει ότι ο συμπιεστής θα λειτουργεί όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη. Ο αισθητήρας μίμησης της θερμοκρασίας των τροφίμων, αποτελείται από μία σύνθετη σύσταση κεριού το εσωτερικό του οποίου προσομοιάζει, τις θερμικές ιδιότητες των συνηθέστερων προϊόντων όπως, κρέας, γαλακτοκομικά, φρούτα, λαχανικά, αναψυκτικά κ.α. Ο αισθητήρας αυτός επιτρέπει στο ψυγείο να δουλεύει με μεγάλη απόδοση, μειώνοντας τον αριθμό εκκινήσεων του συμπιεστή ανά ώρα καθώς και το συνολικό χρόνο λειτουργίας του. Η μείωση του αριθμού των εκκινήσεων του συμπιεστή περιορίζει την απαιτούμενη συντήρηση και τις βλάβες, μειώνοντας παράλληλα την κατανάλωση, ενώ παράλληλα λόγω της μέτρησης της θερμοκρασίας των «προϊόντων» και όχι του αέρα, σε ορισμένες περιπτώσεις δίνει τη δυνατότητα ρύθμισης του θερμοστάτη σε 1 με 2 βαθμούς υψηλότερη θερμοκρασία, γεγονός που συνδράμει και αυτό με τη σειρά του στην ακόμα οικονομικότερη λειτουργία του

ψυγείου. Η εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση του αισθητήρα αυτού, είναι της τάξεως του 15% - 33% ενώ σε συνδυασμό με τη μείωση της φθοράς, η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να αυξηθεί κατά 10% - 15%.

6.9 Μηχανική ή Περιβαλλοντική Υπόψυξη (εφαρμογή σε walk-ins)

Στην κατεύθυνση μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας των ψυγείων, συνδράμει και η χρήση **μηχανικής ή περιβαλλοντικής υπόψυξης** του ψυκτικού υγρού. Η μείωση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού κάτω από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης, ονομάζεται υπόψυξη. Η υπόψυξη μπορεί να επιτευχθεί με χρήση του αέρα του περιβάλλοντος χώρου ή χρήση νερού, για την αφαίρεση της θερμότητας από το υγρό ψυκτικό (περιβαλλοντική υπόψυξη) ή με τη χρήση ενός επιπλέον ψυκτικού συστήματος (μηχανική υπόψυξη). Η χαμηλότερη θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού συνεπάγεται, είτε περισσότερη ψύξη ανά κιλό ψυκτικού, είτε μικρότερης διάρκειας κύκλους λειτουργίας του συμπιεστή καθώς απαιτείται λιγότερη ποσότητα ψυκτικού, γεγονός που συμβάλλουν στη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Το συμπυκνωμένο ψυκτικό το οποίο παραμένει αρκετά θερμό, μπορεί να εξατμιστεί προτού εισέλθει στον εξατμιστή. Η υπόψυξη αποτρέπει τέτοια φαινόμενα, ψύχοντας το ψυκτικό υγρό σε θερμοκρασία χαμηλότερη της θερμοκρασίας συμπύκνωσης [22,40].

Η περιβαλλοντική υπόψυξη συχνά προτιμάται από τη μηχανική υπόψυξη καθώς απαιτεί σημαντικά λιγότερο εξοπλισμό και μπορεί να γίνει άμεσα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για την περιβαλλοντική υπόψυξη απαιτείται, είτε συμπυκνωτής μεγαλύτερου μεγέθους και η συνεχής λειτουργία ενός τουλάχιστον από τους ανεμιστήρες του συμπυκνωτή, είτε η τοποθέτηση υδρόψυκτου εναλλάκτη θερμότητας. Για τη μηχανική υπόψυξη απαιτείται η εγκατάσταση βοηθητικού συστήματος ψύξης, που συχνά απαιτεί συμπιεστή για υπόψυξη, και λεπτομερή μελέτη που είναι χρονοβόρα για την αποδοτική λειτουργία του, ενώ βρίσκει εφαρμογή σε ψυγεία χαμηλών θερμοκρασιών. Ο χρόνος απόσβεσης διαφοροποιείται από σύστημα σε σύστημα ενώ η περιβαλλοντική υπόψυξη έχει σημαντικά μικρότερο χρόνο απόσβεσης. Ωστόσο η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται με τη μηχανική υπόψυξη είναι αρκετά μεγαλύτερη. Η εφαρμογή τους έχει δείξει, ότι η περιβαλλοντική υπόψυξη εξοικονομεί 1% - 9% του κόστους ψύξης και ο χρόνος απόσβεσής της συμπεριλαμβανομένου του αυξημένου χρόνου λειτουργίας του ανεμιστήρα του συμπυκνωτή, είναι λιγότερος του ενός έτους, ενώ ο χρόνος απόσβεσης αντίστοιχα, της μηχανικής υπόψυξης με την προσθήκη εναλλάκτη θερμότητας είναι 2 -3 έτη. Ακολουθεί η εξίσωση 11, εξοικονόμησης ενέργειας με περιβαλλοντική υπόψυξη (ASC) που βρίσκει εφαρμογή σε ψυγεία και καταψύκτες Walk-ins.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ASC}} \text{ _ ενέργειας } \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = \text{Μείωση}_{\text{ASC}} \text{ _ κύκλων } (\%) \times (\text{Ισχύς}_{\text{συμπιεστή}} + \text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.συμπ.}})$$

Εξίσωση 11: Εξοικονόμησης ενέργειας Περιβαλλοντικής Υπόψυξης ASC (εφαρμογή σε Walk-ins)

6.10 Απόψυξη

Απόψυξη καθίσταται αναγκαία στα περισσότερα συστήματα ψύξης, συμβάλλοντας όμως σημαντικά στην αύξηση της κατανάλωσης. Τα έξυπνα συστήματα απόψυξης μπορούν να περιορίσουν σημαντικά την αύξηση της κατανάλωσης λόγω απόψυξης, συμβάλλοντας σημαντικά στην κατεύθυνση της εξοικονόμησης.

6.10.1 Έξυπνα Συστήματα Απόψυξης

Στην ενεργειακή αναβάθμιση των ψυγείων μπορεί να συμβάλει σημαντικά και η εγκατάσταση «έξυπνου συστήματος ελέγχου απόψυξης». Προτού αναφερθούμε στο σύστημα αυτό, να επισημάνουμε ότι υπάρχουν τρεις τρόποι απόψυξης του εξατμιστή. Η **απόψυξη διακοπής λειτουργίας**, η ηλεκτρική απόψυξη και η απόψυξη θερμού αερίου. Η πρώτη, περιλαμβάνει, διακοπή λειτουργίας του συμπιεστή, δηλαδή διακοπή ροής ψυκτικού στον εξατμιστή, με ταυτόχρονη λειτουργία του ανεμιστήρα του εξατμιστή. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε ψυγεία όπου η θερμοκρασία της καμπίνας είναι πάνω από τη θερμοκρασία ψύξης του νερού και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να λιώσει ο πάγος. Η **ηλεκτρική απόψυξη** χρησιμοποιείται σε καταψύκτες κατά κύριο λόγο, όπου η θερμοκρασία στην καμπίνα δεν είναι τόσο υψηλή για να λιώσει ο πάγος καθώς και όταν η απόψυξη πρέπει να πραγματοποιηθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα αποτρέποντας την σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας των προϊόντων. Η ηλεκτρική απόψυξη συμπεριλαμβάνει το λιώσιμο του πάγου που ενδεχομένως έχει σχηματιστεί στον εξατμιστή με σύντομη ενεργοποίηση ηλεκτρικής αντίστασης, η οποία βρίσκεται σε επαφή ή πολύ κοντά στον εξατμιστή. Η **απόψυξη θερμού αερίου**, περιλαμβάνει σωλήνες και βαλβίδες που κατευθύνουν το θερμό αέριο ψυκτικό από την έξοδο του συμπιεστή, στον εξατμιστή, εκμεταλλευόμενη έτσι τη θερμότητα αυτή και κάνοντας με τον τρόπο αυτό αποδοτικότερη χρήση της ενέργειας. Ακολουθεί η εξίσωση 12, εξοικονόμησης ενέργειας με απόψυξης θερμού αερίου [31,33,38].

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{\text{HGD}}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) = \text{Ισχύς}_{\text{απόψυξης}} (W) \times \text{Κύκλοι}_{\text{απόψυξης}} (\%)$$

$$x \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{W}{\text{kW}}}$$

Εξίσωση 12: Εξοικονόμησης ενέργειας Απόψυξης Θερμού Αερίου HGD

Όπως ήδη αναφέραμε αξιόλογη εξοικονόμηση μπορεί να γίνει, με την επιλογή του κατάλληλου **συστήματος ελέγχου απόψυξης**. Τα περισσότερα συστήματα ελέγχου απόψυξης είναι ρυθμισμένα να πραγματοποιούν απόψυξη σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, ανεξαρτήτως αν υπάρχει ή όχι ανάγκη για απόψυξη τη δεδομένη χρονική στιγμή. Τα έξυπνα συστήματα έχουν αισθητήρα θερμοκρασίας στον εξατμιστή και αισθητήρα πίεσης και λαμβάνοντας τις ενδείξεις αυτές αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα ή μη της απόψυξης κατά τη διάρκεια λειτουργία του ψυγείου, πραγματοποιώντας απόψυξη μόνο όταν αυτή χρειάζεται. Παράλληλα πέρα από την πραγματοποίηση της απόψυξης όταν πραγματικά αυτή απαιτείται, τα συστήματα αυτά ελέγχουν και τη διάρκεια της απόψυξης ώστε να μην αυξάνεται το θερμικό φορτίο στην καμπίνα παραπάνω από το απαιτούμενο. Βελτιώνεται επομένως σημαντικά η απόδοση του ψυγείου με τα συστήματα αυτά και εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ενέργειας αποφεύγοντας άσκοπες αποψύξεις ή αποψύξεις μεγάλης διάρκειας. Τα συστήματα αυτά εκτιμάται ότι περιορίζουν στο μισό την απαιτούμενη ενέργεια απόψυξης.

6.11 Φώτα

Ένας επιπλέον σημαντικός παράγοντας που επιδρά στην αύξηση της κατανάλωσης των ψυγείων είναι τα φώτα. Τα παλαιότερα ψυγεία περιέχουν λαμπτήρες φθορισμού, οι οποίες καταναλώνουν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας στην παραγωγή θερμότητας, αντί φωτός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα ψύξης να δουλεύει περισσότερο, αφού πλέον πέρα από την ψύξη του θερμικού φορτίου των προϊόντων και τη διατήρηση αυτών σε συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας, πρέπει να αποβάλλει και το επιπλέον θερμικό φορτίο που δημιουργείται από τις λάμπες, καταναλώνοντας ακόμα περισσότερη ενέργεια. Παράλληλα οι λάμπες φθορισμού, εκπέμπουν ένα μάλλον θαμπό φως, το οποίο δε συμβάλλει στην ενίσχυση της ελκυστικότητας του περιεχομένου του ψυγείου. Η αποδοτικότητα του φωτισμού, μετριέται συνήθως σε lumens διαιρούμενη με την ηλεκτρική ισχύ σε Watt (lumens / Watt) [41,42,43].

6.11.1 Λαμπτήρες Υψηλής απόδοσης

Στις καμπίνες – βιτρίνες (display-cases), τους εμπόρους αναψυκτικών (beverage merchandisers), καθώς και στα μηχανήματα αυτόματης πώλησης, δεδομένου ότι τα επίπεδα των πωλήσεων συσχετίζεται έντονα, με τα επίπεδα φωτισμού, πιθανότατα η εξοικονόμηση ενέργειας θα πραγματοποιηθεί, μέσω της χρήσης λαμπτήρων και στραγγαλιστικών πηνίων (ballast) υψηλής απόδοσης, παρά με τη μείωση του φωτός. Η βιομηχανία ψύξης έχει στραφεί στη χρήση T-8 και λαμπτήρων φθορισμού στον εμπορικό ψυκτικό εξοπλισμό, με φωτισμό, πολύ πιο αποτελεσματικό από τα T-12.

Ο T-8 φωτισμός, χρησιμοποιείται κυρίως με ηλεκτρονικά πηνία, τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά από τα μαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία που χρησιμοποιούνται συνήθως με T-12 φωτισμό. Τα ηλεκτρονικά «ballast», χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά σταθερής κατάστασης για να ρυθμίσουν την ισχύ που παρέχεται στους λαμπτήρες φθορισμού. Τα ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία, τα οποία μετατρέπουν την ισχύ σε υψηλή συχνότητα, έχουν μικρότερες απώλειες ηλεκτρικής αντίστασης σε σύγκριση με τα μαγνητικά στραγγαλιστικά πηνία που λειτουργούν σε γραμμική συχνότητα. Οι λαμπτήρες φθορισμού λειτουργούν επίσης πιο αποδοτικά, στην υψηλότερη συχνότητα που παρέχονται από τα ηλεκτρονικά στραγγαλιστικά πηνία. Συγχρόνως εκτός από τις άμεσες μειώσεις κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, η θερμότητα που παράγεται από το φωτισμό και το «ballast», συμβάλλει στο φορτίο της καμπίνας, δεδομένου ότι αυτά τα στοιχεία είναι συνήθως εγκατεστημένα, στο χώρο ψύξης. Ως εκ τούτου, αύξηση της απόδοσης του «ballast» και/ή της λάμπας, μειώνει τα φορτία ψύξης. Υπολογίζεται ότι περίπου τα 2/3 της θερμότητας από το φωτισμό, εισέρχεται στο χώρο κατάψυξης.

6.11.2 LED

Μία ακόμα αποδοτικότερη λύση, είναι, οι δίοδοι εκπομπής φωτός (LEDs). Καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια ενώ παράγουν συγχρόνως 50% λιγότερο θερμικό φορτίο, μειώνοντας έτσι και το έργο του συμπιεστή. Η χρήση LED σε ένα ψυγείο, μπορεί να εξοικονομήσει 30% - 60% ηλεκτρική ενέργεια καθώς και 10% - 20% ψυκτικό φορτίο σε σύγκριση με το ίδιο ψυγείο που χρησιμοποιεί λάμπες φθορισμού. Η πρόοδος της τεχνολογίας στις λάμπες LED παρέχει πλέον μια πολύ καλή εναλλακτική επιλογή της χρήσης των παραδοσιακών λαμπτήρων φθορισμού καθώς όχι μόνο εξοικονομούνται σημαντικά ποσά ενέργειας όπως ήδη αναφέραμε, αλλά παράγουν καλύτερο φως, ειδικότερα στο εσωτερικό της καμπίνας. Επιπρόσθετα επιδέχονται καλύτερο έλεγχο on//off, γεγονός που τα καθιστά καταλληλότερα για συνεργασία με ευαίσθητα αισθητήρια, ενώ συγχρόνως συμπεριφέρονται καλύτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες. Μάλιστα έρευνες έχουν δείξει, ότι οι πελάτες βρίσκουν τα φώτα LED πιο λαμπερά, πιο ελκυστικά και πιο ξεκούραστα. Τα χαρακτηρίζει

συγχρόνως η μεγάλη διάρκειας ζωής τους, καθώς χρειάζονται αντικατάσταση κάθε 10 χρόνια, μειώνοντας έτσι το κόστος συντήρησης και τα έξοδα ανακύκλωσης. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση των LED εκτιμάται στις 460kWh ανά μέση πόρτα.

Μία εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 6 % θα μπορούσε να επιτευχθεί, μέσω της χρήσης λαμπτήρων υψηλής απόδοσης και στραγγαλιστικού πηνίου χαμηλού συντελεστή. Η εκτιμώμενη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας που θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της χρήσης φωτισμού με LED είναι της τάξης του 74%, γεγονός που σε συνδυασμό με τα παραπάνω, καθιστά τα LED τη βέλτιστη υπάρχουσα τεχνολογία φωτισμού. Ακολουθεί οι εξισώσεις 13 και 14, εξοικονόμησης των λαμπτήρων φθορισμού υψηλής απόδοσης (HEF) και των διόδων εκπομπής φωτός (LED) αντίστοιχα.

$$\begin{aligned} \text{Εξοικονόμηση}_{\text{HEF}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) &= [(\text{Ισχύς}_{\text{λαμπτήρα}_{\text{τυπικού}}} (W) - \text{Ισχύς}_{\text{λαμπτήρα}_{\text{HEF}}} (W)) \\ &\times \text{Αριθμός}_{\text{λαμπτήρων}} + (\text{Ισχύς}_{\text{ballast}_{\text{τυπικού}}} (W) - \text{Ισχύς}_{\text{ballast}_{\text{HEF}}} (W)) \\ &\times \text{Αριθμός}_{\text{ballast}} \times \left(1 + \frac{2/3}{\text{COP}} \right) \times \text{Κύκλοι}_{\text{συστήματος}} (\%) \times \text{Κύκλοι}_{\text{φωτισμού}} (\%) \times \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}} \end{aligned}$$

Εξίσωση 13: Εξοικονόμηση ενέργειας Λαμπτήρων Φθορισμού Υψηλής Απόδοσης HEF

$$\begin{aligned} \text{Εξοικονόμηση}_{\text{LED}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right) &= [\text{Ισχύς}_{\text{λαμπτήρα}_{\text{τυπικού}}} (W) \times \text{Αριθμός}_{\text{λαμπτήρων}_{\text{τυπικών}}} \\ &- \text{Ισχύς}_{\text{λαμπτήρων}_{\text{LED}}} (W) \times \text{Αριθμός}_{\text{λαμπτήρων}_{\text{LED}}}] + \text{Ισχύς}_{\text{ballast}_{\text{τυπικών}}} (W) \\ &\times \text{Αριθμός}_{\text{ballast}} \times \left(1 + \frac{1}{\text{COP}} \right) \times \text{Κύκλοι}_{\text{συστήματος}} (\%) \times \text{Κύκλοι}_{\text{φωτισμού}} (\%) \times \frac{8760 \frac{\text{hrs}}{\text{yr}}}{1000 \frac{\text{W}}{\text{kW}}} \end{aligned}$$

Εξίσωση 14: Εξοικονόμηση ενέργειας Διόδων Εκπομπής Φωτός LED

6.11.3 Αισθητήρας Κίνησης Ελέγχου Λειτουργίας Φώτων

Διαρκώς αυξανόμενη δημοφιλής προσθήκη, πέρα της αντικατάστασης των συμβατικών λαμπτήρων με LED, είναι η εγκατάσταση αισθητήρων κίνησης ελέγχου των φώτων (LED) του ψυγείου. Με τους αισθητήρες αυτούς, τα φώτα του ψυγείου ενεργοποιούνται μόνο όταν ο αγοραστής, εισέρχεται στο διάδρομο των υπό ψύξη προϊόντων ή όταν προσεγγίσει το ψυγείο. Τα φώτα ανάβουν αμέσως μόλις ανιχνεύσει

κίνηση ο αισθητήρας κίνησης και μπορούν να προγραμματιστούν να παραμείνουν αναμμένα για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, αφότου απομακρυνθεί ο πελάτης. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η κατανάλωση ενέργειας από τα φώτα όταν η χρήση τους δεν καθίστανται πλέον αναγκαία. Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση των αισθητήρων αυτών υπολογίζεται στις 195kWh ανά πόρτα.

6.12 Σύστημα εκτόνωσης

Ως σύστημα εκτόνωσης χρησιμοποιείται είτε το απλό τριχοειδές είτε βαλβίδες εκτόνωσης τα οποία αναφέρονται αναλυτικά στη συνέχεια.

6.12.1 Τριχοειδής Σωλήνας

Ο πιο βασικός τύπος συσκευής εκτόνωσης είναι ο **τριχοειδής σωλήνας**. Ο τριχοειδής σωλήνας είναι ένας μακρύς και λεπτός σωλήνας ο οποίος υπαγορεύει μία πτώση της πίεσης ανάμεσα στο συμπυκνωτή και στον εξατμιστή, καθώς το ψυκτικό ρέει σε αυτό. Οι τριχοειδής σωλήνες πρέπει να έχουν το κατάλληλο μέγεθος ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή και δε μπορούν να ρυθμιστούν στις διακυμάνσεις των συνθηκών λειτουργίας, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του φορτίου. Συνήθως έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από το βέλτιστο προκειμένου να αντεπεξέρχονται στις χειρότερες συνθήκες λειτουργίας και για το λόγο αυτό ίσως έχουν μειωμένη απόδοση κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής-σταθεροποιημένης λειτουργίας. Οι τριχοειδής σωλήνες χρησιμοποιούνται κυρίως σε αυτόνομους εξοπλισμούς εμπορικής ψύξης και έχουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν την εύκολη αλληλεπίδραση με τη γραμμή επιστροφής για το σχηματισμό εναλλάκτη θερμότητας [27,35].

6.12.2 Βαλβίδες υψηλής απόδοσης (Εφαρμογή σε Supermarket)

Σκοπός των βαλβίδων εκτόνωσης, είναι να ελέγχουν την ποσότητα του ψυκτικού που ρέει στο στοιχείο του εξατμιστή. Με τον έλεγχο αυτό, μειώνουν ταυτόχρονα τη θερμοκρασία και την πίεση του ψυκτικού υγρού, δημιουργώντας ένα ψυχρό μίγμα υγρού-αερίου. Το ψυκτικό χαμηλής θερμοκρασίας εγκαταλείποντας τη βαλβίδα εκτόνωσης, μπορεί να απορροφήσει τη θερμότητα του χώρου ψύξης, στον εξατμιστή [44].

6.12.2.1 Θερμοστατικές Βαλβίδες Εκτόνωσης (TXVs)

Πέρα όμως από τον τριχοειδή σωλήνα, υπάρχουν και δύο εναλλακτικές τεχνολογίες, βαλβίδων εκτόνωσης, οι **θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης**, (π.χ. TXVs) και οι **ηλεκτρονικές βαλβίδες εκτόνωσης** (π.χ. EEVs). Οι θερμοστατικές βαλβίδες είναι μηχανικές βαλβίδες ελέγχου, οι οποίες ρυθμίζουν τη ροή του ψυκτικού ρυθμίζοντας την υπερθέρμανση του ψυκτικού που φεύγει από τον εξατμιστή. Λειτουργούν, με την εφαρμογή δύο πιέσεων εξισορρόπησης στις αντίθετες πλευρές της βαλβίδας, την πίεση εξάτμισης και την πίεση του θερμοστατικού βολβού που βρίσκεται σε επαφή με τις σωληνώσεις εξόδου του εξατμιστή. Με κατάλληλη επιλογή της πλήρωσης μέσα στο βολβό και ρύθμιση του ελατηρίου εξισορρόπησης, επιτυγχάνεται το επιθυμητό επίπεδο υπερθέρμανσης σε ένα εύρος πιέσεων και συνθηκών. Οι βαλβίδες αυτές είναι αρκετά ακριβότερες από τον τριχοειδή σωλήνα, αυτορυθμίζονται όμως ανάλογα με τις συνθήκες φορτίου, εξασφαλίζοντας την αποδοτικότερη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος. Οι TXV βαλβίδες χρησιμοποιούνται ευρέως σε Display-Cases.

6.12.2 Ηλεκτρονικές Βαλβίδες Εκτόνωσης (EEVs)

Οι **ηλεκτρονικές βαλβίδες** βασίζονται σε αισθητήρα που αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία εξάτμισης και τη θερμοκρασία εξόδου του εξατμιστή. Ελέγχοντας οι βαλβίδες αυτές, με μεγάλη ακρίβεια την υπερθέρμανση, οι ηλεκτρονικές βαλβίδες εξασφαλίζουν καλύτερα τη βέλτιστη λειτουργία του εξατμιστή, παρέχοντας μεγαλύτερα περιθώρια αύξησης της χαμηλής πίεσης. Οι βαλβίδες αυτές επιπλέον έχουν μεγαλύτερο εύρος ροής, το οποίο επιτρέπει στο σύστημα ελέγχου της υψηλής πίεσης (floating head pressure control) να ρυθμιστεί σε χαμηλότερη ελάχιστη θερμοκρασία συμπίκνωσης. Η ηλεκτρονική ρύθμιση επομένως της πίεσης εξάτμισης, επιτρέπει πιο ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας, η οποία με τη σειρά της παρέχει περισσότερα περιθώρια ρύθμισης της χαμηλής πίεσης. Τα συστήματα οδηγούν στη λειτουργία του συστήματος με τη μικρότερη αύξηση της πίεσης, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την απαιτούμενη ισχύ του συμπιεστή. Οι βαλβίδες αυτές είναι αρκετά ακριβότερες από τον απλό τριχοειδή σωλήνα αλλά εξασφαλίζουν επίσης, αποδοτικότερη λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος.

6.13 Εναλλάκτες

Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι συσκευές με τις οποίες επιτυγχάνεται η μεταφορά ενέργειας από ένα ρευστό - αέριο υψηλής θερμοκρασίας σε ένα άλλο ρευστό-αέριο χαμηλότερης θερμοκρασίας. Οι εναλλάκτες θερμότητας που χρησιμοποιούνται σε ένα κύκλωμα ψύξης είναι, του εξατμιστή και του συμπυκνωτή.

6.13.1 Σχεδιασμός εξατμιστή και συμπυκνωτή

Η απόδοση του εξατμιστή ή του συμπυκνωτή μπορεί να ενισχυθεί με την αύξηση της επιφάνειας ή/και την αύξηση των στροβιλισμών, είτε στην πλευρά του ψυκτικού μέσου (στο εσωτερικό των σωλήνων) είτε από την πλευρά του αέρα (εξωτερικά). Η μεταφορά θερμότητας από την πλευρά του ψυκτικού, μπορεί να ενισχυθεί χρησιμοποιώντας:

- Σωληνώσεις με εσωτερικά πτερύγια-αυλακώσεις
- Προσθήκες στις σωληνώσεις που ευνοούν τους στροβιλισμούς
- Εναλλακτικές με διασταυρούμενα σχήματα σωλήνα, όπως πεπλατυσμένοι σωλήνες (που χρησιμοποιούνται σε εναλλάκτες θερμότητας μικροδιαύλου), οι οποίοι παρέχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα της χαμηλότερης πτώσης πίεσης στη γραμμή του αερίου (low-side).
- Περισσότεροι, μικρότερης διαμέτρου, παράλληλοι σωλήνες ανά κύκλωμα
- Δυστάμενα κυκλώματα (σε εξατμιστές) ή συγκλίνουσα κυκλώματα (σε συμπυκνωτές) για τη διατήρηση καλής ταχύτητας του ψυκτικού, χωρίς υπερβολική πτώση της πίεσης, καθώς το ψυκτικό εξατμίζεται ή υγροποιείται.

Ενίσχυση της μεταφοράς θερμότητας από την πλευρά του αέρα περιλαμβάνει:

- Αύξηση της πυκνότητας των πτερυγίων (μειωμένη απόσταση πτερυγίων), που υπόκειται σε περιορισμούς, αυξημένης πτώσης πίεσης από την πλευρά του αέρα, σχηματισμού-γεφύρωσης του πάγου (για τους εξατμιστές), και συσσώρευσης σκόνης/βρωμιάς (για τους συμπυκνωτές).
- Μοτίβα πτερυγίων (κυματιστά, λόγχης, περσίδας).

Αύξηση του συνολικού μεγέθους της σπείρας σε μία ή περισσότερες διαστάσεις χωρίς την αλλαγή άλλων πτυχών της σπείρας, είναι ένας άλλος τρόπος για να αυξηθεί το εμβαδόν της επιφάνειας και ως εκ τούτου, να ενισχυθεί η μεταφορά θερμότητας. Ωστόσο, περιορισμοί χώρου (και κόστους) περιορίζουν το μέγεθος της σπείρας. Προσεγγίσεις, αύξησης της μεταφοράς θερμότητας, με αύξηση της σπείρας, πρέπει να σταθμίζονται σε σχέση με τις απαιτήσεις ισχύος ανεμιστήρα για τη μεταφορά του αέρα, κυρίως στους εξατμιστές, όπου το θερμικό φορτίο του ανεμιστήρα προστίθεται στα φορτία ψύξης [45].

Οι εναλλάκτες θερμότητας με μικροδιαύλους, προσφέρουν έναν τρόπο για να μειωθεί συνολικά το μέγεθος της σπείρας, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται η ίδια επίδοση. Οι σπείρες με μικροδιαύλους χρησιμοποιούν πλάτη καναλιών από 10 έως 1000μm. Περιορίζοντας τη ροή σε τόσο στενά κανάλια, τα μήκη θερμικής διάχυση είναι κοντά, και οι χαρακτηριστικοί συντελεστές μεταφοράς θερμότητας είναι πολύ υψηλοί. Με τέτοια υψηλή θερμική απόδοση, απαιτούνται σχετικά κοντά περάσματα ροής, και με

πολλά περάσματα ροής παράλληλα σε μια μικρή συσκευή, η πτώση πίεσης μπορεί επίσης να είναι μικρή (PNL 2008). Μελέτες έχουν δείξει ότι τόσο ο συντελεστής απόδοσης (COP) όσο και η ψυκτική ικανότητα των συστημάτων που χρησιμοποιούν μικροδιαύλους συμπύκνωσης, ήταν υψηλότερα από το συμβατικό συμπυκνωτή κυλινδρικού σωλήνα (Διεθνής Εφημερίδα Ψύξης 2008b).

Η τεχνολογία των μικροδιαύλων χρησιμοποιείται σήμερα ευρέως σε συμπυκνωτές στον κλιματισμό των αυτοκινήτων και αρχίζει να υιοθετείται σε εφαρμογές HVAC, όπου το μικρό μέγεθος και το χαμηλό βάρος, είναι σημαντικά ή /και όπου η ανάγκη μιας πολύ μεγάλης επιφάνειας του εναλλάκτη θερμότητας καθιστά το κόστος της τεχνολογίας αυτής αποδοτικό. Η τεχνολογία αυτή δεν είναι κατάλληλη για εξατμιστές ψύξης και τυπικά είναι μη οικονομικά συμφέρουσα για τα μεγέθη συμπιεστών του μεγαλύτερου μέρους του εξοπλισμού που συζητείται στη μεταπτυχιακή εργασία αυτή. Ωστόσο, για μεγάλους συμπυκνωτές supermarket, η τεχνολογία μικρο-διαύλων μπορεί να καταστεί οικονομικά αποδοτικότερη.

6.13.2 Ενίσχυση απόδοσης εναλλακτών με χρήση κινητήρων VFD -ECM

Οι συμπυκνωτές στα supermarket μπορούν να επιτύχουν εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση τόσο ανεμιστήρων υψηλότερης απόδοσης όσο και ανεμιστήρων μεταβλητής συχνότητας VFD. Οι ανεμιστήρες υψηλής απόδοσης ECM χρησιμοποιούν ένα ηλεκτρονικό μεταγωγικό του κινητήρα και μπορούν να επιτύχουν έως 90% απόδοση του κινητήρα, οπότε απαιτούν λιγότερη ενέργεια, για να παρέχουν την ίδια ροή αέρα. Οι VFD μπορούν να υλοποιηθούν ως μια αυτόνομη επιλογή, αλλά ενσωματώνονται όλο και περισσότερο, στο συνολικό σύστημα ελέγχου ψύξης. Η εξοικονόμηση ενέργειας χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από υψηλής απόδοσης αερόψυκτοι συμπυκνωτές εκτιμάται στο 27%.

6.14 Μείωση θερμικού κύκλου εξατμιστή (εφαρμογή σε μηχανές παραγωγής πάγου)

Στην τυπική μηχανή παραγωγής πάγου, οι θερμικοί κύκλοι του εξατμιστή αντιπροσωπεύουν περίπου το 9% της ενέργειας εισόδου του συμπιεστή κατά τη διάρκεια των κύκλων κατάψυξης. Το πρωτότυπο σχέδιο εξατμιστή αποτελεί μια χάλκινη «σερπατίνα» συνδεδεμένη με το πίσω μέρος των επιμεταλλωμένων χάλκινων επιφανειών, παραγωγής πάγου. Ο χαλκός έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα, αλλά επίσης και υψηλή θερμική μάζα. Εκτιμώντας ότι η θερμική μάζα, θα μπορούσε να μειωθεί κατά ένα συντελεστή δύο, χωρίς καμία αλλαγή στην θερμική αγωγιμότητα, θα μπορούσε να επιτευχθεί μια εξοικονόμηση της τάξης του 4-5 %, ή περίπου 230 με

290kWh/έτος. Ρεαλιστικά, μια μείωση της θερμικής μάζας με αυτό το σχεδιασμό εξατμιστή, πιθανόν να οδηγήσει σε χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα, η οποία θα αντισταθμίσει ένα μέρος της προβλεπόμενης εξοικονόμησης, που αφορά την ιδανική περίπτωση.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{RTC}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \text{Χρήση}_{\text{ενέργειας}_{\text{συμπιεστή}_{\text{Βασική}}}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) \\ \times \text{Μείωση}_{\text{ενέργειας}_{\text{χρήσης}}} (\%)$$

Εξίσωση 15: Εξοικονόμηση ενέργειας Μείωσης θερμικών κύκλων εξατμιστή (εφαρμογή σε ice-machines)

6.15 Απόρριψη θερμότητας στον εξωτερικό χώρο (μόνο για καταψύκτες Walk-In)

Ορισμένα μικρότερα Walk-in ψυγεία και καταψύκτες, με ενσωματωμένο σύστημα ψύξης, εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους και αποβάλλουν τη θερμότητα στον εσωτερικό χώρο, προς ευκολία εγκατάστασης. Η απόδοση των συστημάτων αυτών μπορεί να βελτιωθεί με απόρριψη της θερμότητας εξωτερικά. Αυτό θα απαιτούσε, εξωτερική τοποθέτηση του συμπυκνωτή ή ολόκληρης της μονάδας συμπύκνωσης. Η απόρριψη θερμότητας στον εσωτερικό χώρο, επηρεάζει (1), τόσο τις ενεργειακές απαιτήσεις, για τον κλιματισμό του χώρου, λόγω της αυξημένης απαίτησης που σχετίζεται με την αποβολή της θερμότητας του αέρα, όσο και (2) άμεσα το φορτίο ψύξης λόγω κλίματος.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}_{EHR}} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \text{Μείωση}_{\text{κύκλων}_{EHR}} (\%) \\ \times \left(\text{Ισχύς}_{\text{συμπιεστή}} (W) + \text{Ισχύς}_{\text{ανεμ.συμπ.}} (W) \right) \times \frac{8760 \frac{hrs}{yr}}{1000 \frac{W}{kW}}$$

Εξίσωση 16: Εξοικονόμησης ενέργειας Απόρριψης Θερμότητας στο εξωτερικό περιβάλλον, αυτόνομων Walk-in

6.16 Πόρτες

Πέραν όμως των παραπάνω τρόπων ενεργειακής αναβάθμισης των ψυγείων αξίζει να σημειώσουμε και μερικούς επιπλέον τρόπους που συμβάλλουν προς την κατεύθυνση αυτή, επεμβαίνοντας στην πόρτα ψυγείων.

Οι πόρτες στα ψυγεία μπορούν να βελτιωθούν τόσο με έλεγχο αντι - θαμβωτικής θέρμανσης (όπως ήδη έχουμε αναφέρει) και αφορά ψυγεία με γυάλινες πόρτες, όσο και με χρήση καλύτερων υλικών. Αντί ενός πλαισίου αλουμινίου , μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα λιγότερο αγωγίμο πλαίσιο συνθέτου βινυλίου. Επιπλέον, οι πόρτες τους μπορούν να κατασκευασθούν με χρήση κατάλληλου γυαλιού που μειώνει παράλληλα τη θερμική ακτινοβολία και τη θερμική αγωγιμότητα. Ας δούμε όμως στη συνέχεια αναλυτικότερα [46,47].

6.16.1 Τζάμι Χαμηλής Εκπομπής και αγωγιμότητας

Στην εξοικονόμηση ενέργειας των ψυγείων κλειστού τύπου, μπορεί να συμβάλει, η αντικατάσταση του τζαμιού της πόρτας με τζάμι που παρέχει καλύτερη μόνωσης. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί διπλό ή τριπλό τζάμι **χαμηλής εκπομπής** (low-emissivity glass, Low-E). Για την περαιτέρω αύξηση της μόνωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν low-E τζάμια, που εμπεριέχουν **αέριο χαμηλής αγωγιμότητας** (Gas-Filled Panel, GFP), σε ατμοσφαιρική πίεση, που δημιουργεί ένα αντανακλαστικό διάφραγμα, το οποίο καταστέλλει την ακτινοβολία και τη διάδοση θερμότητας στο εσωτερικού του τζαμιού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται αδρανή αέρια χαμηλής αγωγιμότητας όπως το **Αργό** και το **Κρυπτό**. Τα τζάμια αυτά έχουν ακόμα καλύτερες μονωτικές ιδιότητες σε σύγκριση με τα τζάμια κενού (δεν περιέχουν αδρανή αέρια). Η βελτίωση της μόνωσης αυτής στο τζάμι του ψυγείου, μπορεί να επιφέρει μείωση στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της τάξεως του 6% - 8%, ανάλογα και με τον τύπο του ψυγείου.

Επιπλέον δεν πρέπει να παραλείψουμε ότι τα τζάμια αυτής της τεχνοτροπίας λόγω των επιμέρους στρώσεων και της σημαντικής μείωσης της αγωγιμότητας, περιορίζουν σημαντικά ή και αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της συμπύκνωσης - θαμπώματος στην επιφάνεια του τζαμιού, με όλες τις αρνητικές τους συνέπειες. Με τη χρήση των τζαμιών αυτών οπότε, περιορίζεται ή εξαλείφεται η ανάγκη χρήσης αντι-θαμβωτικών συστημάτων, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην περεταίρω σημαντική μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

6.16.2 «Παρεμβύσμα» Πόρτας

Απαραίτητη είναι η αντικατάσταση του «**παρεμβύσματος της πόρτας**» σε κλειστού τύπου ψυγεία, όταν αυτό έχει υποστεί ρωγμές, μόνιμες, έντονες παραμορφώσεις ή φθορά, μη διασφαλίζοντας πλέον τη στεγανοποίηση της καμπίνα όταν η πόρτα είναι κλειστή. Εάν η πόρτα δε σφραγίζει σωστά υπάρχουν απώλειες γιατί ψυχρός αέρας από το εσωτερικό της καμπίνας εξέρχεται και αντικαθίσταται από ζεστό αέρα από τον περιβάλλοντα χώρο, αυξάνοντας σημαντικά το θερμικό φορτίο που πρέπει να αποβάλει συνεχώς το ψυκτικό κύκλωμα από την καμπίνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το ψυκτικό κύκλωμα να δουλεύει περισσότερη ώρα αυξάνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας ενώ παράλληλα λόγω της επιπλέον καταπόνησης μειώνεται η διάρκεια ζωής των ηλεκτρικών μερών του ψυγείου. Σε περίπτωση μάλιστα που η εισροή αέρα είναι μεγάλη υπάρχει κίνδυνος λόγω και της αυξημένης υγρασίας στο εσωτερικό του ψυγείου να σχηματιστεί πάγος στον εξαμιστή υποβαθμίζοντας ακόμα περισσότερο την ψυκτική απόδοση του συστήματος, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το χρόνο λειτουργίας των ανεμιστήρων και του συμπιεστή, με σημαντική περεταίρω αύξηση της κατανάλωσης και κίνδυνο εμφάνισης βλάβης. Επομένως η διατήρηση του «**παρεμβύσματος**» (gasket) της πόρτας του ψυγείου σε καλή κατάσταση και η άμεση αντικατάστασή του, όταν χρειάζεται, καθίστανται αναγκαία. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται στις 100kWh ανά έτος ανά 30cm του «**παρεμβύσματος**» της πόρτας.

6.16.3 Αυτόματο κλείσιμο Πόρτας

Δεν πρέπει να παραλείψουμε τη σημασία της σωστής λειτουργίας του αυτόματου συστήματος κλεισίματος της πόρτας των ψυγείων κλειστού τύπου. Το σύστημα αυτό περιορίζει το χρόνο που παραμένουν ανοικτές οι πόρτες των ψυγείων, στο χρόνο που πραγματικά χρειάζεται, περιορίζοντας σημαντικά την είσοδο θερμού αέρα από τον περιβάλλοντα χώρο στην καμπίνα του ψυγείου και μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το συνολικό θερμικό φορτίο στην καμπίνα.

6.17 Κουρτίνες

Χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν το ψυχρό ρεύμα αέρα στο εσωτερικό της καμπίνα. Οι συνηθέστεροι τύποι κουρτινών είναι οι κουρτίνες αλουμινίου και οι πλαστικές διάφανες κουρτίνες οι οποίες αναφέρονται στη συνέχεια.

6.17.1 Αλουμινίου

Μεγάλη είναι η συμβολή των «κουρτινών αλουμινίου», στην εξοικονόμηση ενέργειας των ψυγείων ανοιχτού τύπου, κατά τη διάρκεια που το ψυγείο δε χρησιμοποιείται, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά τη διάρκεια των διακοπών. Μελέτες έχουν δείξει ότι μειώνουν το φορτίο ψύξης κατά 8% κατά τη διάρκεια της νύχτας και κατά 40% κατά τη διάρκεια διακοπών (διάρκεια 24 ωρών), σε σύγκριση με το φορτίο που απαιτείται όταν δε χρησιμοποιούνται. Το έργο του συμπιεστή μειώνεται κατά 9% και 36% αντιστοίχως. Διατηρούν τη θερμοκρασία των προϊόντων πιο αποτελεσματικά στα επιθυμητά όρια, ενώ ο μέσος όρος της θερμοκρασίας των προϊόντων είναι ελαφρώς χαμηλότερος με τις κουρτίνες κατεβασμένες. Παράλληλα τα προϊόντα διατηρούνται σε χαμηλότερη θερμοκρασία για αρκετές ώρες αφότου οι κουρτίνες ανοίξουν, γεγονός που αυξάνει τη διάρκεια ζωής των ίδιων των προϊόντων και μειώνεται ελαφρώς η κατανάλωση ενέργειας και κατά το χρονικό διάστημα που οι κουρτίνες είναι ανοιχτές [48,49].

6.17.2 Πλαστικές Διάφανες Κουρτίνες

Οι κουρτίνες αυτές είναι διαφανείς και εύκαμπτες λωρίδες που βρίσκονται στο άνοιγμα ενός Walk-in ψυγείου ή καταψύκτη. Ουσιαστικά, μειώνουν τη διείσδυση του αέρα του περιβάλλοντος, όταν η πόρτα είναι ανοιχτή.

Παράλληλα και στα ανοιχτού τύπου ψυγεία, μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση πλαστικών διάφανων κουρτινών. Οι κουρτίνες αυτές ελαχιστοποιούν τις απώλειες ψύχους, περιορίζοντας τον ψυχρό αέρα που απομακρύνεται από την περιοχή της καμπίνας των προϊόντων. Η σωστή τοποθέτηση μια κουρτίνας αυτού του τύπου μειώνει σημαντικά τις απώλειες, μειώνοντας το χρόνο λειτουργίας στο συμπιεστή. Τα άκρα των πλαστικών λωρίδων της κουρτίνας κατασκευάζονται έτσι ώστε να παρέχουν εύκολη και ασφαλή πρόσβαση στον πελάτη. Οι κουρτίνες αυτές μπορούν να τοποθετηθούν στα ανοιχτού τύπου ψυγεία και στους καταψύκτες και η εγκατάστασή τους είναι πολύ εύκολη και τα οφέλη πολλά αφού εκτός από τη μείωση της κατανάλωσης, επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων, διατηρούν σταθερή θερμοκρασία στην καμπίνα, δημιουργούν ένα πιο άνετο περιβάλλον για τον πελάτη και είναι πλήρως διάφανες και κατασκευασμένες κατά τρόπο που να μην εμποδίζουν την πρόσβαση του πελάτη στα προϊόντα. Ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης αυτής εκτιμάται στους 3 μήνες και ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται στις 80kWh ανά ft² για ψυγεία, και στις 450kWh ανά ft² για καταψύκτες.

6.18 Μόνωση

Είτε αυξάνοντας το πάχος της μόνωσης είτε μειώνοντας τη θερμική αγωγιμότητά της, η κατανάλωση ενέργειας του εμπορικού εξοπλισμού ψύξης θα μειωθεί. Το τυπικό πάχος μόνωσης κυμαίνεται από 2.5 έως 5cm. Στους περισσότερους εξοπλισμούς ψύξης, χρησιμοποιείται αφρός πολυουρεθάνης [50].

Πολλές έρευνες έχουν γίνει όλα αυτά τα χρόνια για την ανάπτυξη μονωτικού αφρού χαμηλότερης αγωγιμότητας, καθώς μείωση της αγωγιμότητας, θα οδηγήσει σε μείωση της διαρροής θερμότητας στην καμπίνα. Διάφορες προσπάθειες προσέγγισης έχουν γίνει στην κατεύθυνση αυτή, όπως η προσαρμογή της διαδικασίας εμφύσησης αφρού, η προσπάθεια να επιτραπεί ο χημικός σχηματισμός μικρότερων κυψελών αέρα, η χρήση αδιαφανών πρόσθετων, η χρήση αερίων αφρού με μειωμένη αγωγιμότητα, κλπ. Ωστόσο, επί της ουσίας, τα εφικτά επίπεδα αγωγιμότητας του μονωτικού αφρού έχουν παραμείνει σχετικά αμετάβλητα τα τελευταία 10 χρόνια. Παρ' όλα αυτά, νέες εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα μπορεί να είναι ακόμα δυνατές.

$$\text{Εξοικονόμηση}_{\text{ενέργειας}}_{\text{πάχος}_\mu} \left(\frac{kWh}{yr} \right) = \frac{\text{Θερμικό}_\mu \text{ Φορτίο} \times \text{Μείωση}(\%)}{COP}$$
$$\times \text{Κύκλοι}_{\text{συστήματος}} (\%) \times \frac{8760 \frac{hrs}{yr}}{1000 \frac{W}{kW}}$$

Εξίσωση 17: Εξοικονόμησης ενέργειας Πάχους Μόνωσης

6.19 Τρόποι έμμεσης εξοικονόμησης ενέργειας

Πέρα όμως από τους άμεσους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχουν και έμμεσοι τρόποι εξοικονόμησης, όπως τα συστήματα αφύγρανσης και τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας που μπορούν να συμβάλλουν καταλυτικά προς αυτή την κατεύθυνση.

6.19.1 Σύστημα Αφύγρανσης

Ο έλεγχος του επιπέδου υγρασίας, καθίσταται εδώ και αρκετό καιρό πρόκληση για καταστήματα και χώρους, όπου τόσο η άνεση του πελάτη όσο και η ακεραιότητα των προϊόντων, βρίσκονται σε άμεση εξάρτηση με τις εσωτερικές συνθήκες. Οι συνήθειες πρακτικές ρύθμισης της θερμοκρασίας του χώρου για τη διατήρηση ενός επιθυμητού

επιπέδου υγρασίας, αυξάνουν δραματικά την κατανάλωση ενέργεια και το κόστος, ενώ μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά και την αίσθηση του πελάτη. Η αυξημένη υγρασία παράλληλα, αυξάνει το έργο του συμπιεστή, ενώ είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό πάγου στον εξατμιστή του ψυγείου μειώνοντας σημαντικά την απόδοσή του και αυξάνοντας ακόμα περισσότερο την κατανάλωση ενέργειας. Η υγρασία είναι υπεύθυνη επίσης για το θάμπωμα στο τζάμι της πόρτας του ψυγείου, στο περίβλημα της πόρτας, αλλά και στο ίδιο το προϊόν που οδηγεί σταδιακά σε αλλοίωση του προϊόντος και σε μία ανεπιθύμητη εμφάνισή αυτού. Ο πιο αξιόπιστος και οικονομικότερος τρόπος διαχείρισης της υγρασίας, είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος αφύγρανσης. Η εγκατάσταση του συστήματος αυτού, όχι μόνο βοηθά στην καλύτερη διαχείριση του επιπέδου της υγρασίας και την εξάλειψη των παραπάνω φαινομένων, τη βελτίωση της αίσθησης των πελατών και τη βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας των υπαλλήλων αλλά έρευνα έδειξε ότι η επένδυση αυτή εξοικονομεί από καταστήματα και εταιρείες, δεκάδες χιλιάδες ευρώ κάθε χρόνο, λόγω της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους λειτουργίας. Αξίζει να σημειώσουμε επίσης ότι τα συστήματα αυτά καθίστανται οικονομικά αποδοτικές λύσεις απομάκρυνσης της υγρασίας και επειδή χρησιμοποιούν φυσικό αέριο.

6.19.2 Συστήματα ανάκτησης θερμότητας

Τα ψυγεία και οι καταψύκτες, παράγουν σημαντικές ποσότητες θερμότητας. Η μη εκμετάλλευση της θερμότητας αυτής, αποτελεί εκ μίας όψεως σπατάλη. Για το λόγο αυτό αξίζει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν τρόποι αξιοποίησης της θερμότητας αυτής που παράγει ούτως ή άλλως το ψυκτικό κύκλωμα, όταν υπάρχουν ανάγκες ψύξης και θέρμανσης την ίδια στιγμή ή όταν η θερμότητα αυτή μπορεί να αποθηκευτεί. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί συστήματα ανάκτησης θερμότητας, που στοχεύουν στην επαναθέρμανση του αφυδατωμένου αέρα σε καταστήματα και βιομηχανίες, στη θέρμανση νερού, στη θέρμανση του χώρου κ.α. Η θερμότητα που παράγεται κατά τη διάρκεια της ψύξης απορροφάται και απελευθερώνεται με μεγάλη πίεση μέσω ανοξεϊδωτων σωλήνων χάλυβα. Τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας έχουν δύο βασικά οφέλη. Από τη μία πλευρά, απομακρύνουν το θερμό αέρα από την περιοχή του συμπυκνωτή βελτιώνοντας την απόδοση του και από την άλλη πλευρά, αξιοποιούν το θερμό αέρα που παράγει το ψυκτικό κύκλωμα, κατευθύνοντάς τον εκεί που απαιτείται κάθε φορά, ανάλογα με τους εκάστοτε σκοπούς χρησιμοποίησής του, όπως για τη θέρμανση αέρα ή νερού [51,52].

6.20 Απλές Συμβουλές Αποδοτικότερης Λειτουργίας Ψυγείων

Πέρα όμως από όλες τις παραπάνω μετατροπές των ψυγείων που στοχεύουν στην εξοικονόμηση ενέργειας, υπάρχει και μια σειρά απλών ενεργειών που αξίζει να αναφέρουμε και που αφορούν τον τρόπο χρήσης των ψυγείων, με γνώμονα την

αύξηση της απόδοσης τους και την οικονομικότερη λειτουργία τους. Ο **τρόπος τοποθέτησης των προϊόντων** καθώς και η **ποσότητα** αυτών, στην καμπίνα του ψυγείου μπορεί να έχουν αξιόλογη επίδραση στην κατανάλωση του ψυγείου. Τα προϊόντα πρέπει να τοποθετούνται κατά τρόπο που να μη φράσουν ή παρεμποδίζουν την κυκλοφορία του αέρα στην καμπίνα. Σύγχρονος το σωστό γέμισμα της καμπίνας του ψυγείου, αυξάνει την ενεργειακή απόδοση ψύξης διότι υπάρχει λιγότερος αέρας προς ψύξη όταν ο χώρος είναι κατειλημμένος. Ωστόσο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή, να μην υπερφορτωθεί το ψυγείο, γιατί πλέον η κυκλοφορία του αέρα στην καμπίνα θα είναι περιορισμένη και ανεπαρκής. Παράλληλα θα πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας έκθεση υγρών και τροφίμων στην καμπίνα όχι μόνο διότι τα τρόφιμα ξεραίνονται και χάνουν τη γεύση τους, αλλά και γιατί η υγρασία που απελευθερώνεται επιβαρύνει το έργο του συμπιεστή [53].

Επιπλέον η **σωστή συντήρηση** δε θα βοηθήσει μόνο στην αύξηση της διάρκειας ζωής της, αλλά θα βοηθήσει και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι σωληνώσεις και ο συμπυκνωτής διατηρούνται καθαρά, επιτρέποντας τη σωστή κυκλοφορία του αέρα, μη επιβαρύνοντας έτσι το έργο του συμπιεστή. Παράλληλα στους καταψύκτες θα πρέπει να γίνεται τακτικά απόψυξη, καθώς δε θα πρέπει να δημιουργείται πάγος στον εξατμιστή, που να ξεπερνά το ¼ της ίντσας, καθώς μειώνει σημαντικά την ενεργειακή απόδοση του καταψύκτη. Η διασφάλιση ότι δεν υπάρχει διαρροή αέρα είναι εξίσου σημαντική, καθώς όταν υπάρχουν απώλειες ψυχρού αέρα από την καμπίνα, ο συμπιεστής δουλεύει εντονότερα για να τον αντικαταστήσει. Τέλος θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι ο συμπιεστής, λειτουργεί ομαλά, καθώς ο συμπιεστής είναι αυτός που ρυθμίζει τη θερμοκρασία του αέρα στην καμπίνα. Εάν αυτός, «αγωνίζεται» για να διατηρήσει τη θερμοκρασία στην καμπίνα, τότε καταναλώνει περισσότερη ενέργεια από αυτή που θα καταναλώνε υπό φυσιολογικές συνθήκες.

Πολύ σημαντική επίδραση στην κατανάλωση έχει και η σωστή ή μη **ρύθμιση του θερμοστάτη**. Σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες ρύθμισης της θερμοκρασίας του θερμοστάτη επιφέρουν άμεση και σημαντική αύξηση στην κατανάλωση. Για το λόγο αυτό πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη σωστή ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμοστάτη.

Η **θέση τοποθέτησης** του θερμοστάτη, είναι ένας ακόμα καθοριστικός παράγοντας της ενεργειακής απόδοσης. Πρέπει να διασφαλίζεται η σωστή κυκλοφορία αέρα γύρω από το ψυγείο και σε περίπτωση που τοποθετείται μαζί με άλλες καμπίνες θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δε μπλοκάρεται η κυκλοφορία αέρα σε αυτή. Παράλληλα, όταν αυτό καθίσταται δυνατό, τα ψυγεία δε θα πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία που έρχονται σε άμεση επαφή με τις ακτίνες του ηλίου ή βρίσκονται κοντά σε πηγές θερμότητας, καθώς τότε η ενεργειακή του απόδοση μειώνεται σημαντικά. Η ιδανική θέση τοποθέτησης του στο χώρο, είναι η θέση με τη χαμηλότερη θερμοκρασία.

6.21 Συστήματα ψύξης με αέριο

Κλείνοντας να επισημάνουμε ότι οι **συσκευές αερίου** έχουν αρχίσει να κερδίζουν και πάλι την προτίμηση του καταναλωτικού κοινού, αφού υπερτερούν των ηλεκτρικών τόσο σε οικονομία, όσο και σε απόδοση, ενώ είναι ιδιαίτερα «φιλικές» και προς το περιβάλλον. Το αέριο είναι μια εναλλακτική πηγή ενέργειας, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει γίνει διαθέσιμη στο ελληνικό καταναλωτικό κοινό, ενώ είναι ιδιαίτερα αποδοτικό, αλλά και φιλικό προς το περιβάλλον, καθώς η καύση του είναι καθαρή και αφήνει λίγα υπολείμματα. Πρόκειται για μια ασφαλή πηγή ενέργειας, που χρειάζεται όμως κάποια προσοχή κατά τη χρήση της, για αυτό και όλες οι συσκευές που χρησιμοποιούν αέριο για τη λειτουργία τους, διαθέτουν διάφορες ασφαλιστικές δικλείδες (αισθητήρες, διακόπτες κ.τ.λ.) έτσι ώστε να διακόπτεται η παροχή αερίου σε περίπτωση βλάβης ή διαρροής. Τα είδη αερίου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικιακή και επαγγελματική χρήση χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: το φυσικό αέριο και το υγραέριο (LPG).

Σε ψυγεία που χρησιμοποιείται αμμωνία ως ψυκτικό μέσο, γνωστά και ως ψυγεία απορρόφησης, καθ' ότι χρησιμοποιούν μια πηγή για την απορρόφηση της θερμότητας από το χώρο ψύξης, χρησιμοποιείται νερό, αμμωνία, αέριο και υδρογόνο για την δημιουργία ενός κύκλου για την αμμωνία. Τα ψυγεία αυτού του είδους αποτελούνται από 5 μέρη: την γεννήτρια, τον διαχωριστή, τον συμπυκνωτή, τον εξατμιστή και τον απορροφητή. Αρχικά προωθείται στην γεννήτρια μίγμα αμμωνίας και νερού, το οποίο με την βοήθεια του αερίου θερμαίνεται. Όταν το μίγμα φτάσει σε σημείο βρασμού ρέει μέσα στο διαχωριστή, όπου η αμμωνία διαχωρίζεται από το νερό. Στη συνέχεια η αέρια αμμωνία πηγαίνει στο συμπυκνωτή, όπου διαχέει την θερμότητα που έχει, συμπυκνώνεται και μετατρέπεται πάλι σε υγρό. Η υγρή αμμωνία κατευθύνεται προς τον εξατμιστή όπου αναμιγνύεται με αέριο υδρογόνο και εξατμίζεται, παρέχοντας ψύξη στο εσωτερικό του ψυγείου. Η αμμωνία και το υδρογόνο πλέον βρίσκονται στον απορροφητή, όπου το νερό που είχε συλλεχθεί αναμιγνύεται με την αμμωνία και αέρια υδρογόνου. Η αμμωνία σχηματίζει ένα διάλυμα με το νερό και απελευθερώνει το αέριο υδρογόνο, το οποίο ρέει πίσω στον εξατμιστή. Τέλος, το διάλυμα αμμωνίας και νερού ρέει προς τη γεννήτρια για να επαναλάβει τον κύκλο. Με αυτό τον τρόπο παράγεται η απαραίτητη ψύξη για την διατήρηση μιας χαμηλής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του ψυγείου. Παρόλο που στην χρήση τους είναι οικονομικά, το κόστος για την αγορά μιας τέτοιας συσκευής είναι μεγάλο συγκρινόμενο με το κόστος των συμβατικών ψυγείων. Συγκεκριμένα ενώ ένα συμβατικό ψυγείο 220 λίτρων κοστίζει περίπου 300-400 ευρώ, οι τιμές για αντίστοιχο ψυγείο αερίου κυμαίνεται περίπου στα 1000 ευρώ. Στην Ελλάδα αποτελούν μια ιδιαίτερα περιορισμένη αγορά καθώς μόνο μεμονωμένα μοντέλα είναι σήμερα διαθέσιμα [54,55,56].

7 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο κεφάλαιο γίνεται ενεργειακή ανάλυση, των λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας που βρίσκουν εφαρμογή σε όλες τις διατάξεις ψύξης που περιλαμβάνονται στη μεταπτυχιακή αυτή εργασία.

7.1 Ψυκτικού συστήματος Supermarket

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας για τα συστήματα ψύξης των supermarket και τις δυσκολίες για την εφαρμογή τους. Ο Πίνακες 39-44 που ακολουθούν παρουσιάζουν την οικονομική ανάλυση των συστημάτων ψύξης των supermarket και συγκεκριμένα για τα «Display-Cases», τα «compressor racks», τους συμπυκνωτές και το κεντρικό σύστημα ελέγχου. Το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας, συγκρίνει τη μείωση κατανάλωσης ενέργειας σε σύγκριση με την τυπική κατανάλωση ενέργειας. Να σημειώσουμε εδώ ότι όλοι οι πίνακες του κεφαλαίου αυτού αποτυπώνονται στο παράρτημα με τη μορφή γραφήματος [4, 25,26,57-59].

7.1.1 Display-Cases

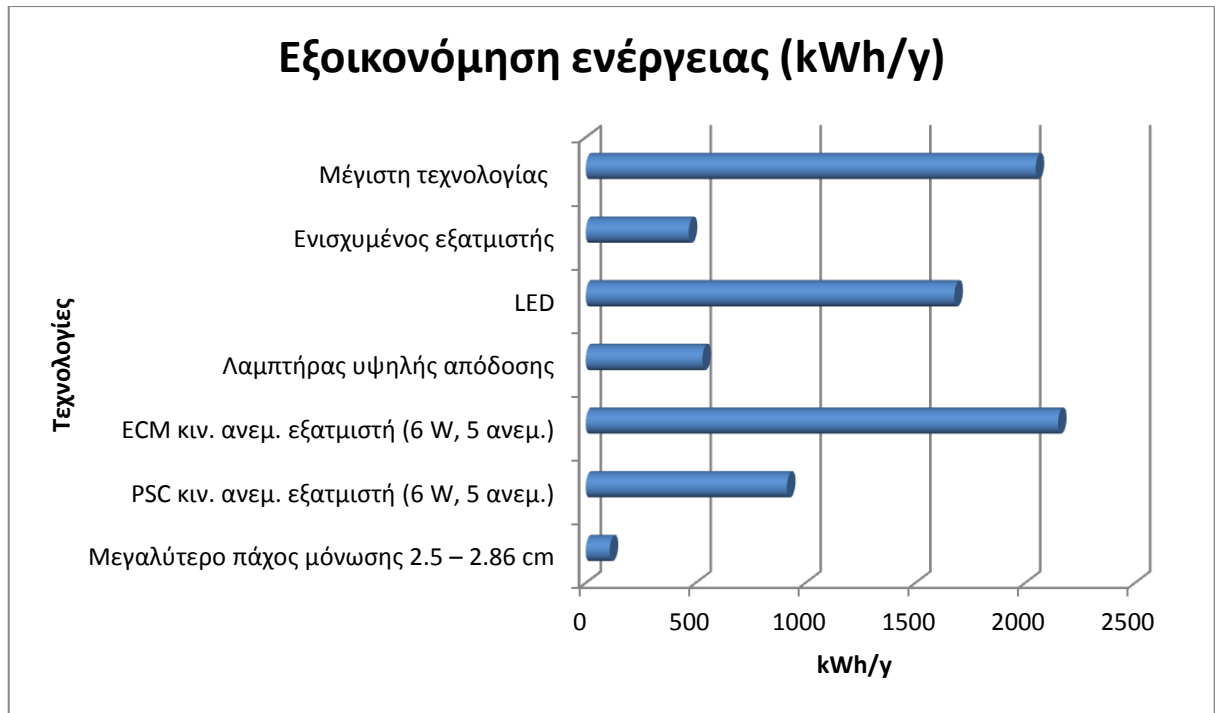
Η τυπική μονάδα αναφοράς είναι μέσης θερμοκρασίας κατακόρυφη καμπίνα, με γυάλινες πόρτες και κατανάλωση ενέργειας 9.107kWh/y (DOE2009). Στον πίνακα 38 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση ανοιχτού τύπου Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket.

Πίνακας 38: Ενεργειακή ανάλυση ανοιχτού τύπου Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket

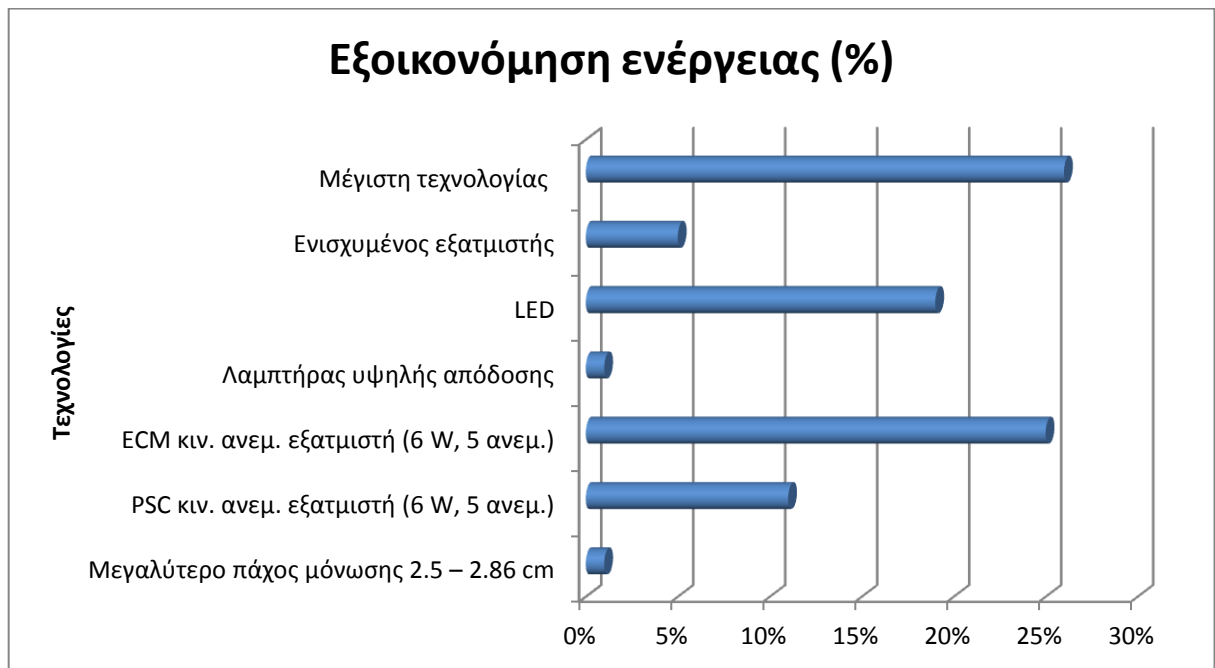
	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Μεγαλύτερο πάχος μόνωσης 2.5 – 2.86 cm	109	1%
2	PSC κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	916	11%
3	ECM κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	2.150	25%
4	Φωτισμός Λαμπτήρας υψηλής απόδοσης, Χαμηλού BF (ballast factor)	531	1%
5	Φωτισμός LED	1.678	19%
6	Ενισχυμένος εξατμιστής ¹	469	5%
	Μέγιστη τεχνολογίας (2,3,4)	2.048	26%

1. Υψηλότερος συντελεστής UA του εξατμιστή, λόγω αυξημένων πτερυγίων και της επιφάνειας αυτού.

Στο σχήμα 46 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυσης ανοιχτού τύπου Display – Cases Μέσης θερμοκρασίας, του πίνακα 38.



a.



b.

Σχήμα 46: Ενεργειακή ανάλυση ανοιχτού τύπου Display-Cases Μέσης Θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

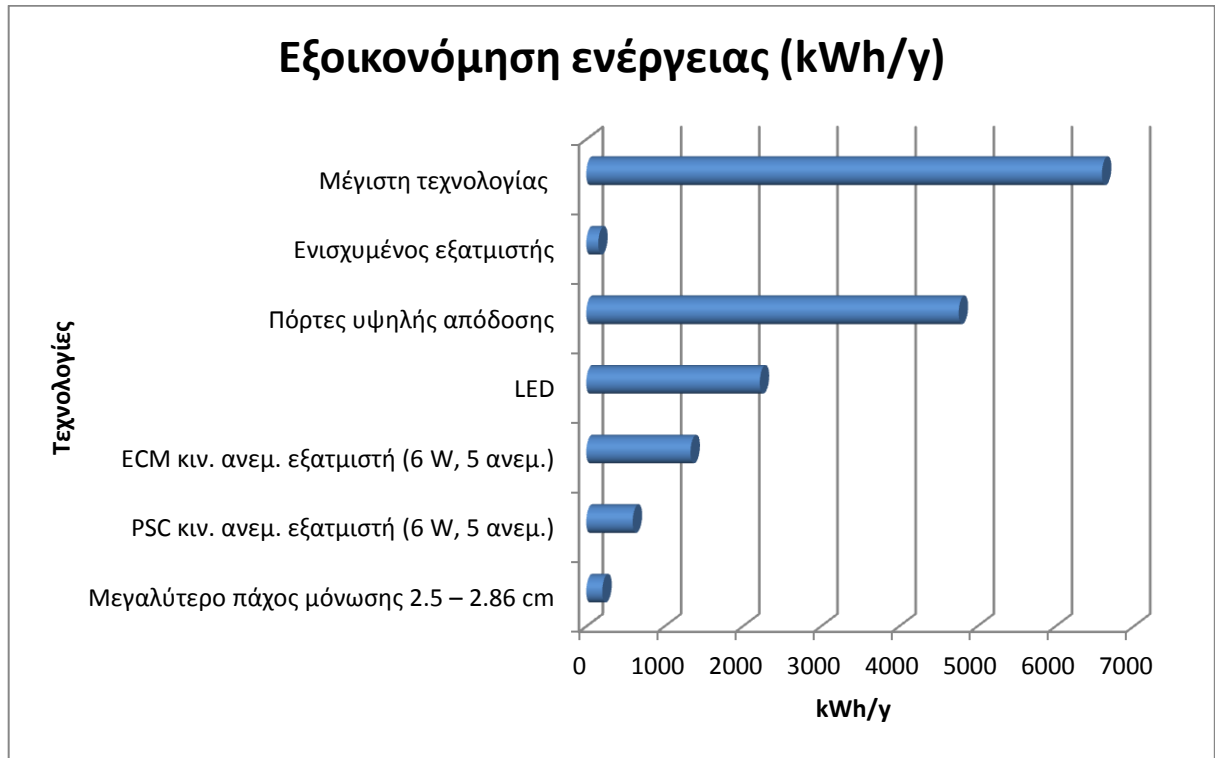
Στον πίνακα 39, παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Χαμηλής θερμοκρασίας, Supermarket.

Πίνακας 39: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Χαμηλής θερμοκρασίας, Supermarket

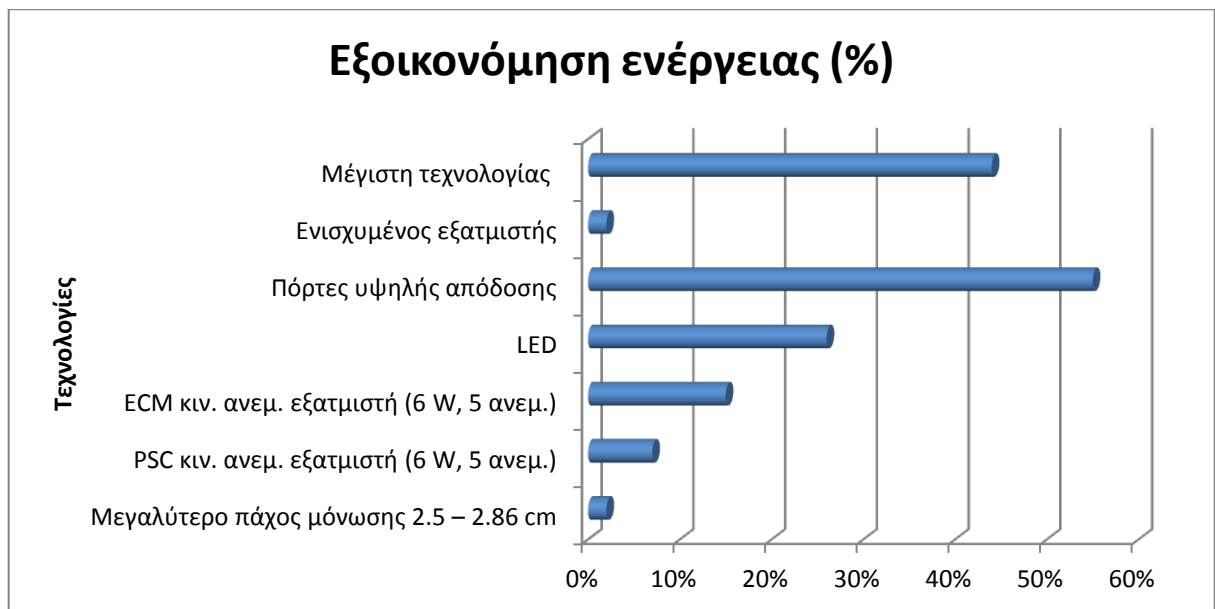
	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Μεγαλύτερο πάχος μόνωσης 2.5 – 2.86 cm	205	2%
2	PSC κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	594	7%
3	ECM κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	1.333	15%
4	Φωτισμός LED	2.219	26%
5	Πόρτες υψηλής απόδοσης ¹	4.763	55%
6	Ενισχυμένος εξατμιστής ²	153	2%
	Μέγιστη τεχνολογίας (1-5)	6.596	44%

1. Εγκατάσταση, θυρών υψηλής απόδοσης με αποδοτικότερη αντι-θαμβωτική θέρμανση, πλαίσιο συνθέτου βινυλίου και γυαλί υψηλής απόδοσης.
2. Υψηλότερος συντελεστής UA του εξατμιστή, λόγω αύξησης των πτερυγίων και της επιφάνειας αυτού.

Στο σχήμα 47 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυσης κλειστού τύπου με τζάμι Display – Cases Χαμηλής θερμοκρασίας, του πίνακα 39.



a.



b.

Σχήμα 47: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Χαμηλής θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

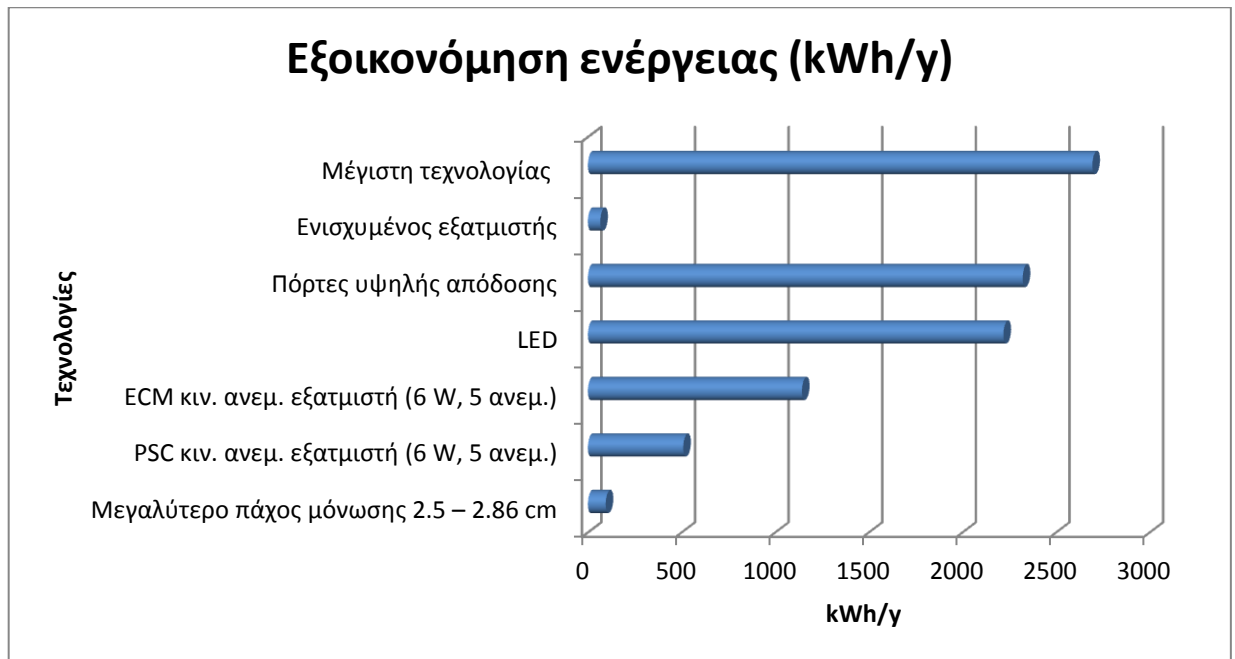
Στον πίνακα 40, παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket.

Πίνακας 40: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, Supermarket

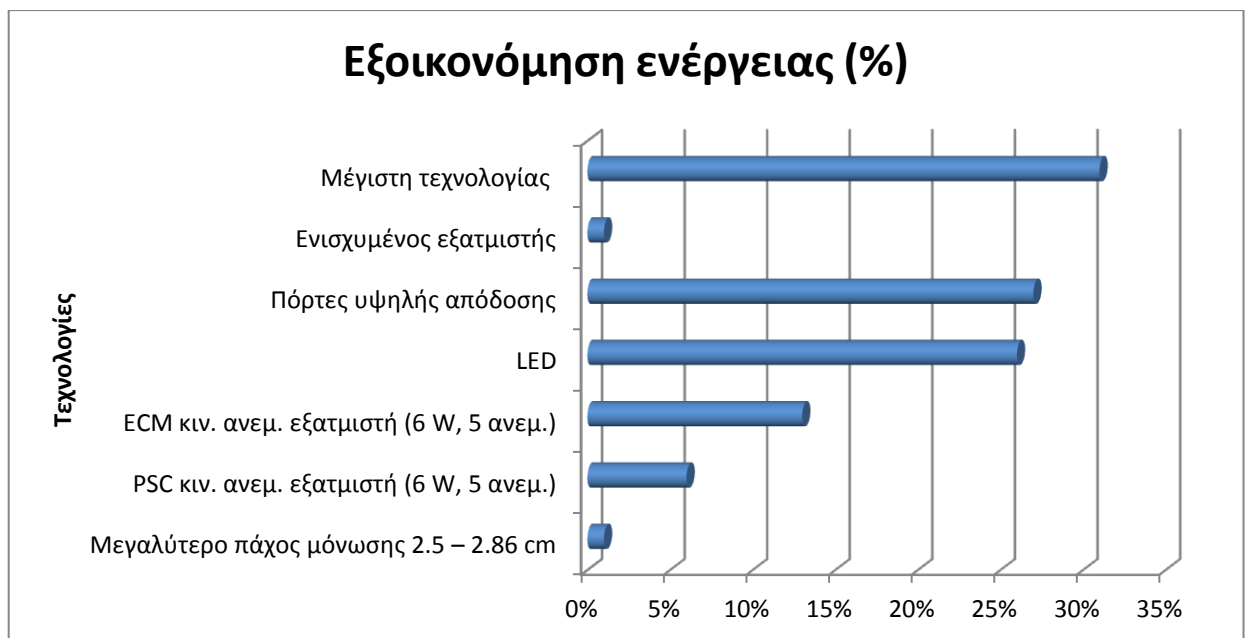
	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Μεγαλύτερο πάχος μόνωσης 2.5 – 2.86 cm	95	1%
2	PSC κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	509	6%
3	ECM κινητήρας ανεμιστήρα εξατμιστή (6 W, 5 ανεμιστήρες)	1.143	13%
4	Φωτισμός LED	2.219	26%
5	Πόρτες υψηλής απόδοσης ¹	2.322	27%
6	Ενισχυμένος εξατμιστής ²	66	1%
	Μέγιστη τεχνολογίας (2-4)	2.694	31%

1. Εγκατάσταση, θυρών υψηλής απόδοσης με αποδοτικότερη αντι-θαμβωτική αντίσταση, πλαίσιο συνθέτου βινυλίου και γυαλί υψηλής απόδοσης.
2. Υψηλότερος συντελεστής UA του εξατμιστή, λόγω αύξησης των πτερυγίων και της επιφάνειας αυτού.

Στο σχήμα 48 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυσης κλειστού τύπου με τζάμι Display – Cases Μέσης θερμοκρασίας, του πίνακα 40.



a.



b.

Σχήμα 48: Ενεργειακή ανάλυση κλειστού τύπου με τζάμι Display-Cases Μέσης θερμοκρασίας, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.1.2 Compressor racks

Η βασική μονάδα «compressor rack» αποτελείται από 5 συμπιεστές που λειτουργούν σε μέση θερμοκρασία, ικανότητας περίπου 75.000 Btu/hr ο κάθε ένας και ετήσια κατανάλωση ενέργειας 1.000.000 kWh/έτος . Το φορτίο στο «rack» είναι 350.000 Btu/hr , με τους συμπιεστές να μοιράζονται το φορτίο ομοιόμορφα. Οι συμπιεστές χρησιμοποιούν ψυκτικό 404A. Στον πίνακα 41 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση συμπιεστών μηχανοστασίου "Compressor Racks", Supermarket.

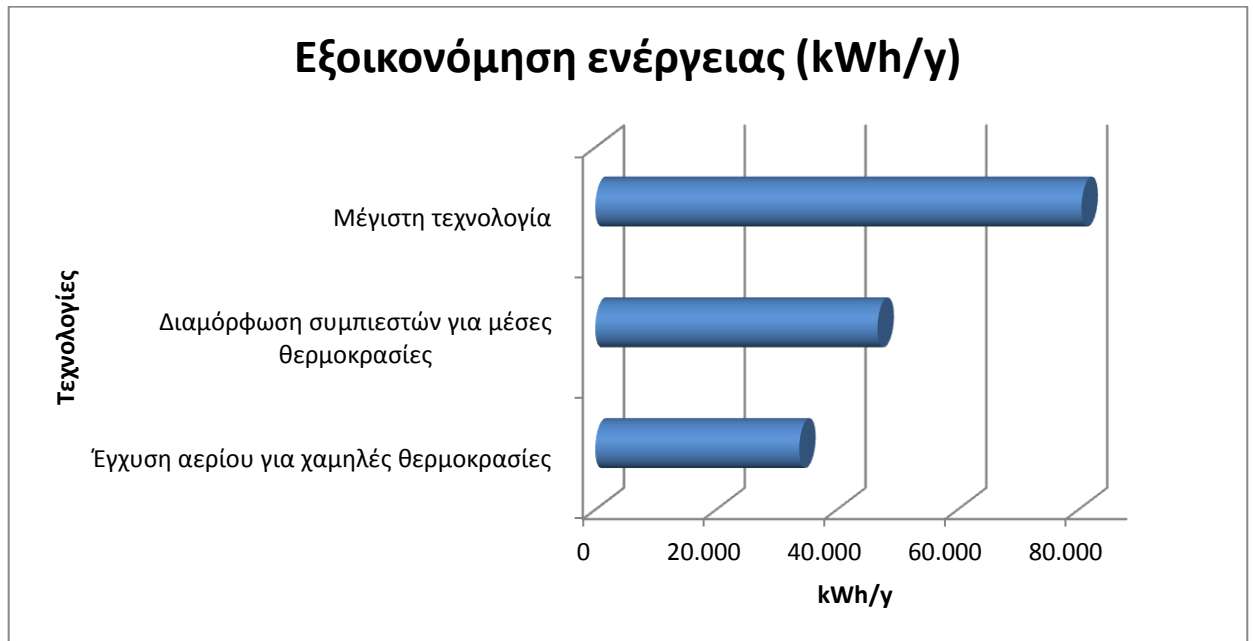
Πίνακας 41: Ενεργειακή ανάλυση συμπιεστών μηχανοστασίου "Compressor Racks", Supermarket

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Έγχυση αερίου για χαμηλές θερμοκρασίες ¹	33.782	4%
2	Διαμόρφωση συμπιεστών για μέσες θερμοκρασίες	46.750	5%
	Μέγιστη τεχνολογία (1&2)	80.532	9%

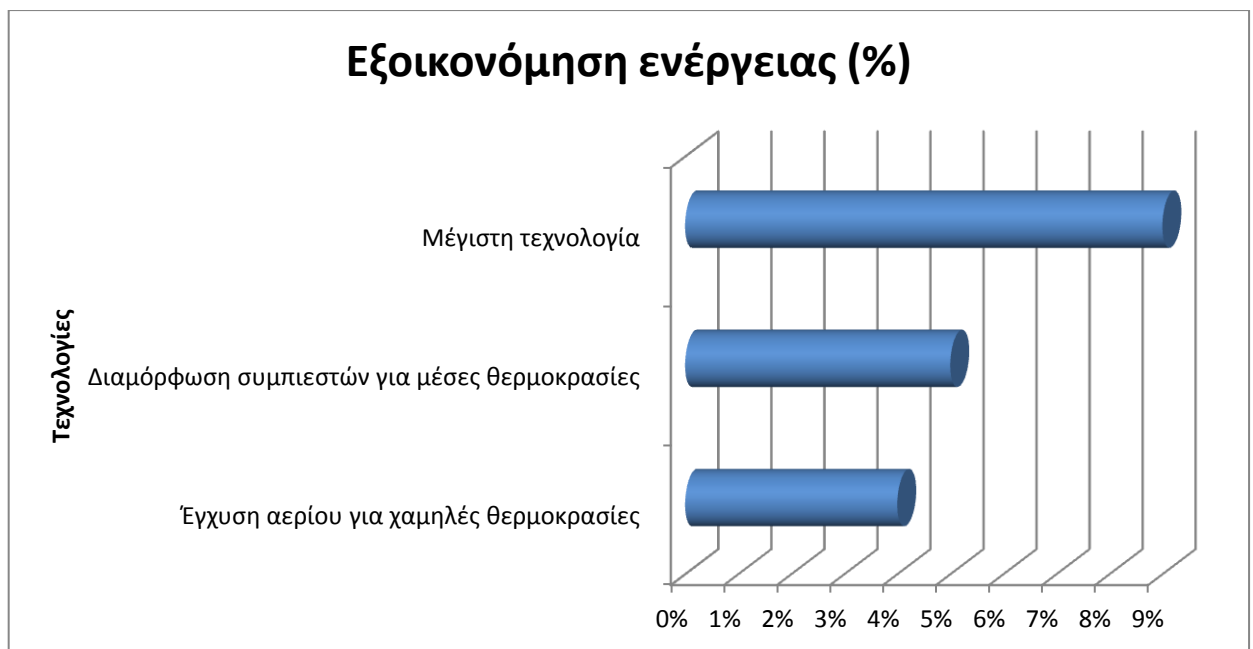
*Και οι δύο τεχνολογίες συμπιεστών έχουν χρόνο απόσβεσης περίπου 2-3 χρόνια.

1. Scroll w/V έγχυση ατμού (χαμηλή θερμ.)

Στο σχήμα 49 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυσης των συμπιεστών του μηχανοστασίου, του πίνακα 41.



a.



b.

Σχήμα 49: Ενεργειακή ανάλυση συμπιεστών μηχανοστασίου "Compressor Racks", Supermarket, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.1.3 Συμπυκνωτές

Η τυπική μονάδα, αποτελείται από 4 συμπυκνωτές με ικανότητα 1.520 MBtu και ετήσια κατανάλωση ενέργειας 120.000 KWh/y. Στον πίνακα 42 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση συμπυκνωτών, Supermarket.

Πίνακας 42: Ενεργειακή ανάλυση συμπυκνωτών, Supermarket

Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Συμπυκνωτής υψηλής απόδοσης	33.113	28%

*Πηγή EIA 2008

7.1.4 Σύστημα ελέγχου Supermarket

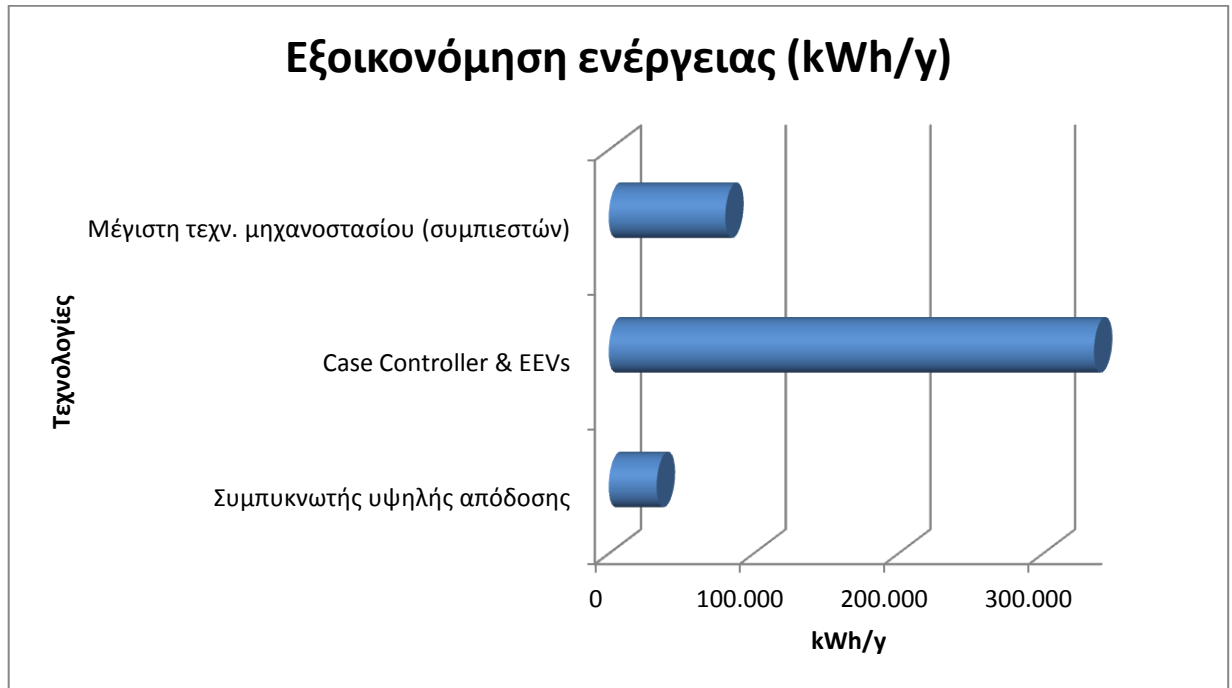
Το supermarket αναφοράς περιλαμβάνει 60 display-cases, compressor-racks και τέσσερις συμπυκνωτές, με τα χαρακτηριστικά που περιγράφονται παραπάνω. Η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας του καταστήματος είναι 2.037.000 kWh/έτος. Στον πίνακα 43 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση συστήματος ελέγχου και EEVs Supermarket.

Πίνακας 43: Ενεργειακή ανάλυση συστήματος ελέγχου Supermarket

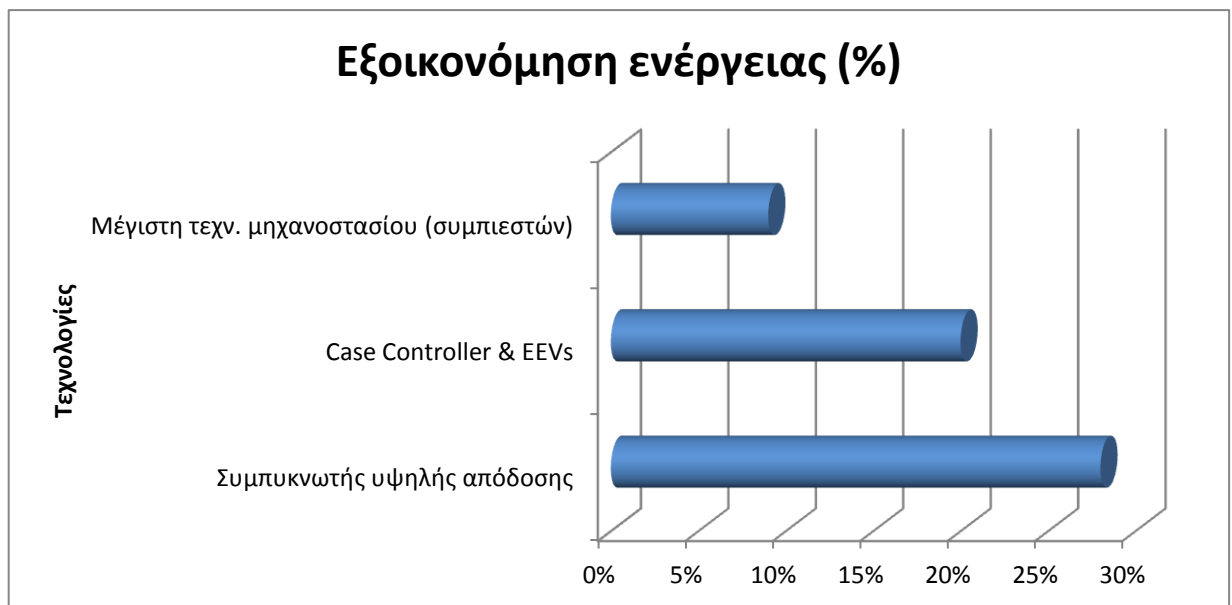
Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
Case Controller & EEVs	335.318	20%

*Lazzarin 2008

Στο σχήμα 50 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση των συμπυκνωτών και του συστήματος ελέγχου Supermarket, των πινάκων 42-44.



a.



b.

Σχήμα 50: Ενεργειακή ανάλυση συμπυκνωτών, συμπιεστών και Case controls - EEVs Supermarket, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.1.5 Walk-Ins των Supermarket

Προκειμένου να ποσοτικοποιήσουμε την εξοικονόμηση των supermarket στα Walk-ins, υποθέτουμε ότι η «μέγιστη τεχνολογική» εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται για αυτόνομα Walk-ins, είναι επίσης εφικτή για τα Walk-ins των Supermarket, εκτός της εξοικονόμησης συμπυκνωτή και συμπιεστή. Ως εκ τούτου, υπολογίζουμε ότι τα ψυγεία Walk-ins των supermarket μπορούν να εξοικονομήσουν 46% και οι καταψύκτες Walk-ins 31%.

7.1.6 Μέγιστη εξοικονόμηση με συνδυασμό τεχνολογιών σε Supermarket

Ο Πίνακας 44 παρουσιάζει την υψηλότερη δυνατή δυναμική εξοικονόμησης ενέργειας για supermarket, συνδυάζοντας τις μέγιστες δυνατές επιλογές τεχνολογίας για κάθε ένα από τα επιμέρους μέρη του ψυκτικού συστήματος. Σημειώνεται ότι οι εξοικονομήσεις, δεν είναι προσθετικές. Το συνολικό φορτίο ψύξης μειώνεται κατά μέσο όρο 29% όταν εφαρμόζονται όλες οι σχεδιαστικές επιλογές. Πριν τον υπολογισμό των ποσοστών εξοικονόμησης των συμπιεστών και των συμπυκνωτών, μειώσαμε την κατανάλωση ενέργειας αναφοράς κατά 29% για να προσμετρήσουμε το χαμηλότερο φόρτο εργασίας που προκύπτει από τις βελτιώσεις των display-cases. Εφαρμόζοντας όλες τις τεχνολογίες, με περιόδους αποπληρωμής, κάτω των 7 ετών, έχουμε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας στα supermarket της τάξης των 196 TBtu/yr.

Πίνακας 44: Συνδυασμός τεχνολογιών μέγιστης εξοικονόμησης Supermarket

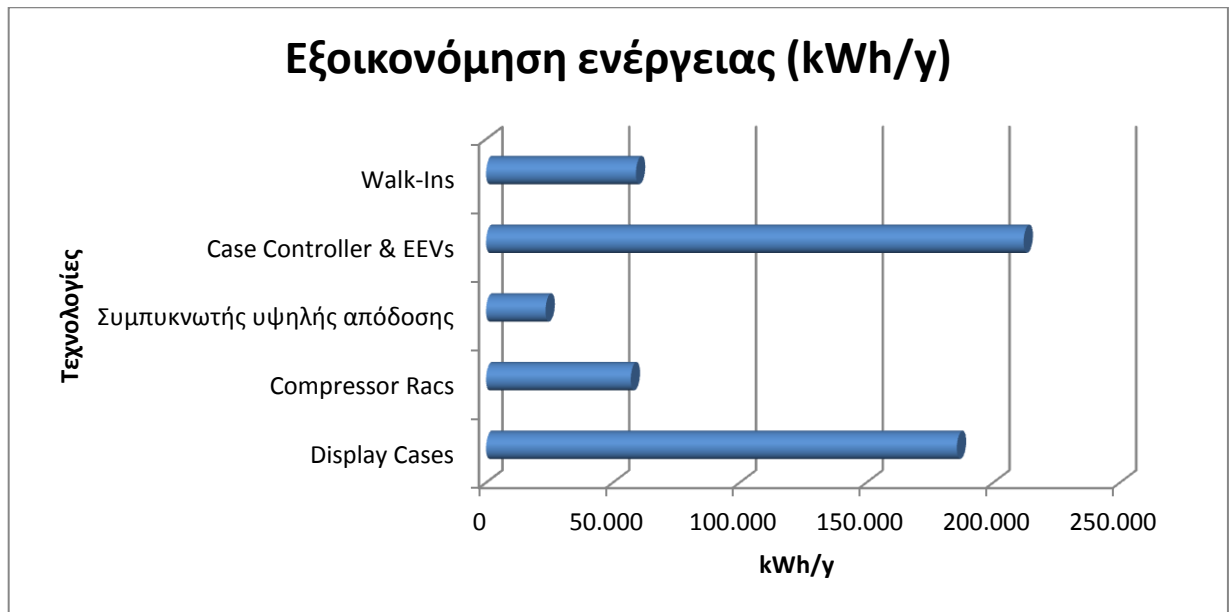
Τεχνολογία	«Τυπικά νέο» UEC (kWh/y)	Ποσοστό εξοικονόμησης (%)	Μέγιστη τεχνολογία UEC (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας καταστήματος (kWh/y)	Συνολική εξοικονόμηση ηλεκτρισμού (TWh/y)	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (TBtu/y)	
Display Cases (60)	8.894	35%	5.799	185.695	6.5	68	
Compressor Racks	637.681 ¹	9%	580.621	57.060	2.0	21	
Condensers	85.024 ¹	28%	61.563	23.461	0.8	9	
Walk-Ins	Ποικίλει		Ποικίλει	59.119	2.1	22	
Συνολικό σύστημα ψύξης							118
Προσθήκη Case controllers & EEVs ²				212.037	7.4	77	
Εξοικονόμηση μέγιστου συνδυασμού τεχνολογιών Supermarket							196

*Lazzarin 2008

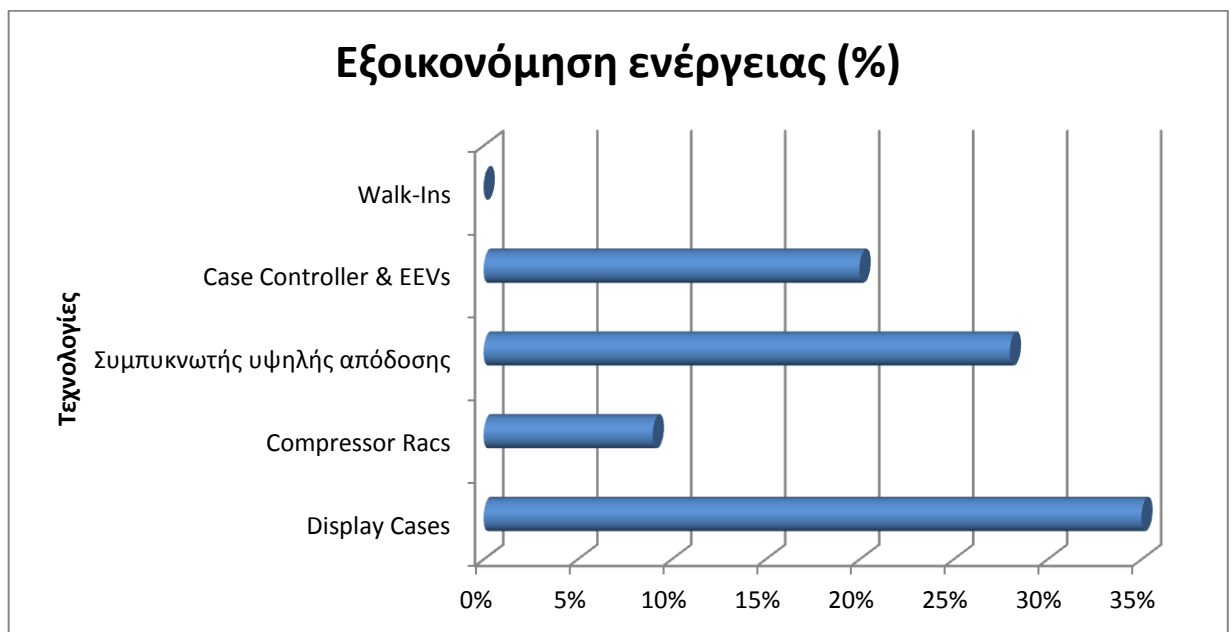
1. Μειωμένη κατά 29%

2. 20% μείωση ψυκτικής ενέργειας καταστήματος

Στο σχήμα 51 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση του συνδυασμού τεχνολογιών μέγιστης εξοικονόμησης Supermarket, του πίνακα 44.



a.



b.

Σχήμα 51: Ενεργειακή ανάλυση συνδυασμού τεχνολογιών μέγιστης εξοικονόμησης Supermarket, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.1.7 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης στα Supermarket

Τα βασικά εμπόδια στη βελτίωση της απόδοσης του ψυκτικού συστήματος των Supermarket είναι:

1. Display Cases: Οι αλυσίδες supermarket, επιλέγουν τα Display-Cases με βάση, το πόσο καλά παρουσιάζουν αυτά το προϊόν, με στόχο τη μεγιστοποίηση των πωλήσεων, χωρίς η κατανάλωση ενέργειας συχνά, να λαμβάνεται υπόψη. Στην πραγματικότητα, μερικά από τα χαρακτηριστικά που βελτιώνουν την παρουσίαση των προϊόντων, έρχονται σε αντίθεση με τον ενεργειακά αποδοτικό σχεδιασμό. Για παράδειγμα, τα Display-Cases συχνά δεν έχουν πόρτες, (για να καταστήσουν το προϊόν πιο ελκυστικό και να είναι ευκολότερο για τους αγοραστές να το πάρουν) και έχουν γενικά δυσανάλογες διαστάσεις, γεγονός που οδηγεί σε περιοχές μεγάλης επιφάνειας συγκριτικά με τον όγκο των αποθηκευμένων προϊόντων. Η επένδυση θεωρείται καλύτερη όταν αφορά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που ενισχύουν τις πωλήσεις απ' ό,τι λειτουργίες εξοικονόμησης ενέργειας. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια η νοοτροπία αυτή φαίνεται να αλλάζει και το ενδιαφέρον επένδυσης με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας έχει αυξανόμενο ρυθμό.
2. Τα supermarket τείνουν να λειτουργούν σε πολύ στενά όρια και να έχουν γενικά περιορισμένο κεφαλαίο για την πραγματοποίηση επενδύσεων ενεργειακής απόδοσης. Η απόσβεση επένδυσης 2-3 ετών είναι προαπαιτούμενο από τα περισσότερα supermarket, ενώ μερικά μπορεί να απαιτούν ακόμα και απόσβεση σε χρονικό διάστημα μικρότερο του έτους.
3. Η Αξιοπιστία (και η αντίληψη της αξιοπιστίας) είναι εξαιρετικά σημαντικά. Όπως ήδη αναφέρθηκε, τα ψυγμένα εμπορεύματα εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύουν περίπου το 45% των πωλήσεων των supermarket. Αναπόδεικτες τεχνολογίες δεν είναι εύκολα αποδεκτές. Οι νέες τεχνολογίες θα πρέπει να έχουν δοκιμαστεί και αποδειχθεί σε πραγματικό περιβάλλον πριν γίνουν γενικά αποδεκτές. Ορισμένες μεγάλες αλυσίδες supermarket δοκιμάζουν νέες τεχνολογίες σε καταστήματα επίδειξης, για να δείξουν-εξετάσουν την αξιοπιστία τους, πριν κινηθούν προς την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών ευρέως.
4. Εφαρμογή Ενεργειακών Προτύπων: Οι σχεδιαστικές πρακτικές συστημάτων ψύξης supermarket, ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό και απαιτούν εξαιρετική επιτόπου-εξειδικευμένη μηχανολογία, γεγονός που καθιστά δύσκολη τη δημιουργία προτύπων ενέργειας. Οι αλληλεπιδράσεις με το σύστημα HVAC (heating, ventilation, air-conditioning) του supermarket και του κτιριακού κελύφους περιπλέκουν ακόμα περισσότερο την καθιέρωση προτύπων.

5. Οι Συμπυκνωτές εξάτμισης, προσθέτουν κόστος συντήρησης και κατανάλωσης νερού σε σύγκριση με τους αερόψυκτους συμπυκνωτές. Αυτή η τεχνολογία δεν έχει σημαντική διείσδυση στην παγκόσμια αγορά, εκτός από αρκετά ξηρές περιοχές. Οι συμπυκνωτές αυτοί, χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά σε εφαρμογές ψύξης, αποθήκευσης και επεξεργασίας τροφίμων, οδηγώντας σε ένα τυπικό σχεδιασμό του συμπυκνωτή θερμοκρασίας 35°C (σε σύγκριση με 43.3°C έως 46.1°C για τα supermarket). Η επιθυμία να κρατηθεί το κόστος συντήρησης στο ελάχιστο δυνατό, αποτελεί ένα βασικό ζήτημα για τα supermarket.
6. Display - Cases: Μπορεί να καταστεί δύσκολη και δαπανηρή η ενσωμάτωση LED φωτισμού στα ψυγεία βιτρίνες. Ορισμένα τρόφιμα απαιτούν συγκεκριμένο χρώμα και ποιότητα φωτισμού για να μεγιστοποιήσουν της ελκυστικότητάς τους προς τους πελάτες. Η απόκτηση κατάλληλου χρώματος και ποιότητας φωτισμού, απαιτεί να επιλεγούν συγκεκριμένα LED, γεγονός που αυξάνει την τιμή των LEDs του εμπορικού εξοπλισμού ψύξης.

7.2 Αυτόνομα Walk-In ψυγεία και καταψύκτες

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που ισχύουν για τα Walk – In ψυγεία και καταψύκτες καθώς και τα εμπόδια για την υλοποίησή αυτών.

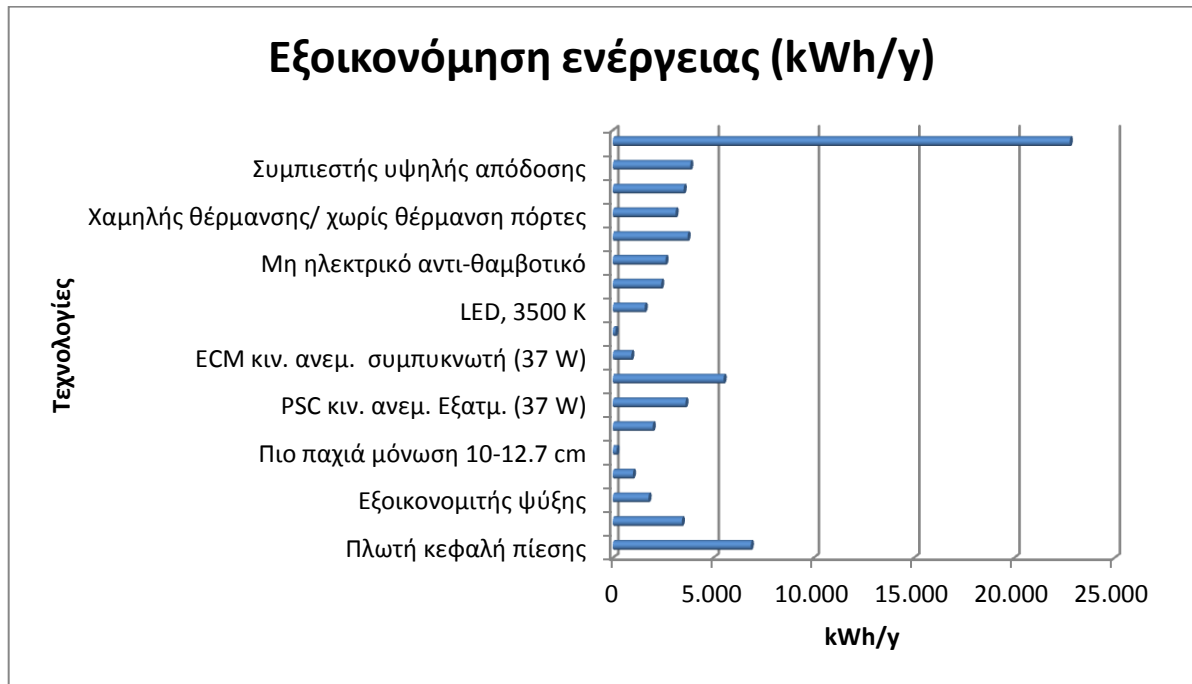
7.2.1 Walk – In ψυγεία

Η τυπική αυτόνομη μονάδα ψύξης Walk - In έχει ετήσια κατανάλωση ενέργειας 42.182 KWh/y. Στον πίνακα 45 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in ψυγείων.

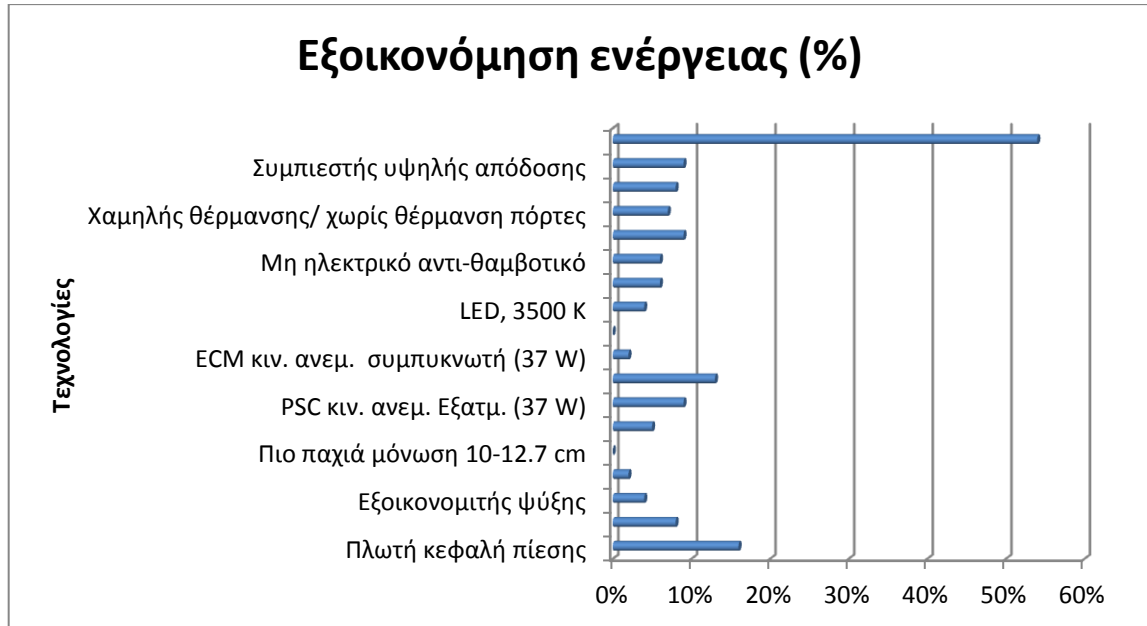
Πίνακας 45: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-In ψυγείων

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πλωτή κεφαλή πίεσης	6.882	16%
2	Περιβαλλοντική υπόψυξη	3.441	8%
3	Εξοικονομητής ψύξης	1.781	4%
4	Έλεγχος αντι-θαμβωτικής θέρμανσης	1.004	2%
5	Πιο παχιά μόνωση 10 - 12.7 cm	191	0%
6	Έλεγχος ανεμιστήρα εξατμιστή	1.993	5%
7	PSC κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (37 W)	3.623	9%
8	ECM κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (37 W)	5.525	13%
9	ECM κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (37 W)	925	2%
10	Φωτισμός Λαμπτήρας υψηλής απόδοσης, Χαμηλού BF	129	0%
11	Φωτισμός, LED, 3500 K	1.592	4%
12	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	2.414	6%
13	Μη ηλεκτρικό αντι-θαμβωτικό	2.628	6%
14	Κουρτίνες λωρίδας	3.730	9%
15	Χαμηλής θέρμανσης/ χωρίς θέρμανση πόρτες	3.130	7%
16	Αυτόματο κλείσιμο πόρτας	3.535	8%
17	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	3.863	9%
	Μέγιστη τεχνολογία (1,2,6,8,9,11,13,14)	22.778	54%

Στο σχήμα 52 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in ψυγείων, του 45.



a.



b.

Σχήμα 52: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-In ψυγείων, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

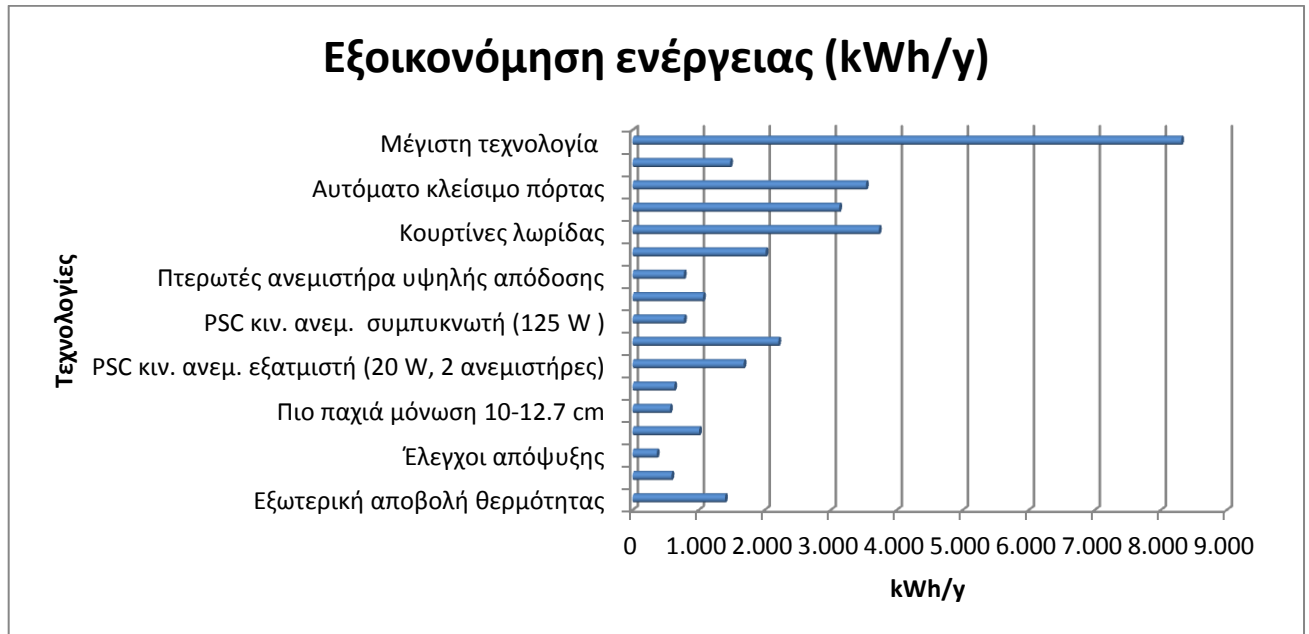
7.2.2 Walk – In καταψύκτες

Η τυπική αυτόνομη μονάδα κατάψυξης Walk – In έχει ετήσια κατανάλωση ενέργειας 15.524 KWh/y. Στον 46 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in καταψυκτών.

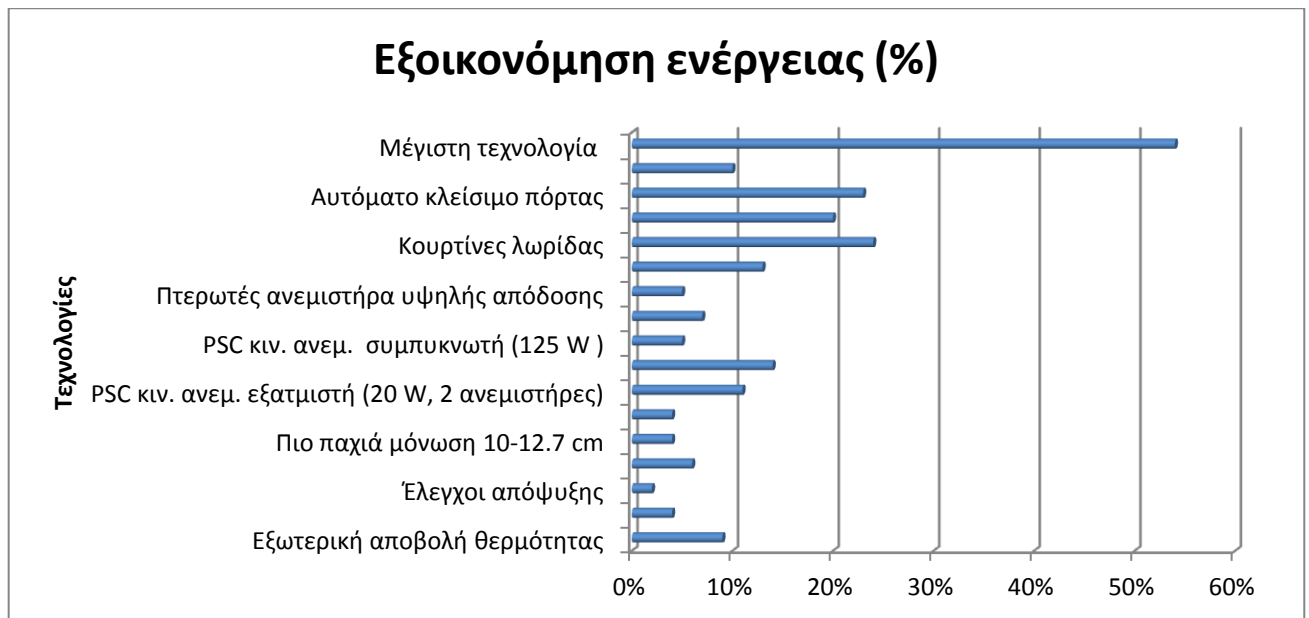
Πίνακας 46: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in καταψυκτών

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Εξωτερική αποβολή θερμότητας	1.399	9%
2	Απόψυξη θερμού αερίου	589	4%
3	Έλεγχοι απόψυξης	367	2%
4	Έλεγχος θέρμανσης αντι-υγροποίησης	1.007	6%
5	Πιο παχιά μόνωση 10-12.7 cm	566	4%
6	Έλεγχος ανεμιστήρα εξατμιστή	631	4%
7	PSC κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (20 W, 2 ανεμιστήρες)	1.682	11%
8	ECM κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (20 W, 2 ανεμιστήρες)	2.208	14%
9	PSC κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (125 W)	779	5%
10	ECM κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (125 W)	1.067	7%
11	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	776	5%
12	Αντι-υγροποίηση θερμού αερίου	2.015	13%
13	Κουρτίνες λωρίδας	3.730	24%
14	Χαμηλής θέρμανσης / χωρίς θέρμανση πόρτες	3.130	20%
15	Αυτόματο κλείσιμο πόρτας	3.535	23%
16	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	1.477	10%
	Μέγιστη τεχνολογία (1,2,6,8,10,12)	8.310	54%

Στο σχήμα 53 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in καταψυκτών, του πίνακα 46.



a.



b.

Σχήμα 53: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόνομων Walk-in καταψυκτών, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.2.3 Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Walk – ins

Εμπόδια για την ευρεία διάδοση των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας σε Walk-ins:

1. Οι αποφάσεις αγοράς ψυγείων Walk - In γενικά δεν γίνονται με βάση το κόστος του κύκλου ζωής τους ή σκέψεις αποπληρωμής. Ένας ανάδοχος εγκατάστασης μίας καμπίνας Walk-in, έχει κίνητρο να επιλέξει τον εξοπλισμό χαμηλότερου κόστους που πληροί τις προδιαγραφές ενεργειακής απόδοσης. Συχνά, δεν υπάρχει επαρκές κεφάλαιο κατά τη στιγμή της αγοράς του εξοπλισμού, για να ληφθούν υπόψη μελλοντικά οφέλη, που μπορεί να επηρεάσουν την απόφαση. Οι μακροπρόθεσμες προοπτικές για νέα εστιατόρια συνήθως δε λαμβάνονται υπόψη και στις εγκαταστάσεις αυτές γενικά επιλέγεται ο εξοπλισμός με το χαμηλότερο κόστος. Σε αρκετές περιπτώσεις, εάν είναι διαθέσιμος, επιλέγεται μεταχειρισμένος εξοπλισμός ψύξης.
2. Μπορεί να είναι δύσκολο για τους τελικούς χρήστες να αξιολογήσουν σωστά, κατά πόσον το πρόσθετο κόστος της τεχνολογίας εξοικονόμησης ενέργειας, θα ανακτηθεί αρκετά γρήγορα μέσω της εξοικονόμησης. Στους παράγοντες περιπλοκότητας περιλαμβάνονται:
 - Η πολυπλοκότητα των συστημάτων ψύξης, μπορεί να καταστήσει δύσκολη την πρόβλεψη της εξοικονόμησης ενέργειας.
 - Η πολυπλοκότητα των εμπορικών δομών κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος. Τα επιμέρους ποσοστά κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, μπορεί να είναι πολύπλοκα, καθώς υπάρχουν εξαρτήματα που χρησιμοποιούν ρεύμα λειτουργίας αλλά και βάση ζήτησης. Η κατανάλωση ρεύματος σε αυτά μπορεί να ποικίλει σε συνάρτηση του χρόνου χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια περαιτέρω περιπλοκότητα προκύπτει για τα ψυλικάζιδικα ή τις αλυσίδες εστιατορίων που επιδιώκουν να εφαρμόσουν τις πρότυπες προδιαγραφές σχεδίασης, σε όλες τις εγκαταστάσεις τους, αλλά αντιμετωπίζουν διαφορετικές δομές ηλεκτρικής ισχύος σε διαφορετικές τοποθεσίες.
 - Οι αντικαταστάσεις έκτακτης ανάγκης, περιορίζουν σημαντικά το διαθέσιμο χρόνο αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων εξοπλισμού καθιστώντας τη χρηματοδότηση για αυτές ακόμα πιο δύσκολη.
3. Η αγορά walk-in είναι πολύ ανταγωνιστική, με πολλούς προμηθευτές, μη έχοντας κανένας δεσπόζουσα θέση στην αγορά . Πρωτίστως, το κόστος είναι η κύρια βάση διαφοροποίησης μεταξύ των ανταγωνιστών. Επιπλέον, υπάρχουν πολλές επιλογές εφοδιασμού: ένας τελικός χρήστης, μπορεί να αγοράσει τη Walk-in καμπίνα από έναν κατασκευαστή και τον εξοπλισμό

ψύξης από αλλού, ή μπορεί να αγοράσει ολόκληρο το σύστημα από τον ίδιο κατασκευαστή Walk-in. Η εγκατάσταση μπορεί να παρέχεται από τον κατασκευαστή Walk-in ή από ανάδοχο συνεργάτη. Τα μικρά Walk-ins μπορούν να αγοραστούν ως προκατασκευασμένες μονάδες ή μπορούν να συναρμολογηθούν επί τόπου .

- Τα Walk-ins γενικά αποτελούνται από μία καμπίνα μονωμένη με ψύκτες τοποθετημένους μέσα σε αυτό. Υπάρχει ελάχιστη ενσωμάτωση αυτών των δύο τμημάτων του Walk-in (πέραν της κατάλληλης θέσης του εξαμιστή μέσα στην καμπίνα) τα οποία κατασκευάζονται γενικά από διαφορετικές εταιρείες. Αυτό καθιστά την εφαρμογή των μη ηλεκτρικών συστημάτων αντι-υγροποίησης δύσκολη, διότι θα απαιτούσε από τον κατασκευαστή της καμπίνας την εγκατάσταση ψυκτικού σωλήνα και την παροχή συνδέσεων για το σύστημα ψύξης.
4. Μια σειρά από εμπόδια λόγω δομής της αγοράς, δυσκολεύουν την αυξημένη χρήση των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στα Walk-ins
- Πολλές από τις τεχνολογίες που συζητήθηκαν (δηλαδή, κυμαινόμενη υψηλή πίεση, περιβαλλοντική υπόψυξη, έλεγχος απαίτησης απόψυξης και κλείσιμο ανεμιστήρα εξαμιστή) απαιτούν επιπρόσθετη πολυπλοκότητα του συστήματος ψύξης και τον έλεγχο συγχρόνως αυτού. Η εκπαίδευση είναι απαραίτητη για του περισσότερους τεχνικούς ψύξης, προκειμένου να είναι σε θέση να παρέχουν υπηρεσίες για τα συστήματα walk-in.
 - Η χρήση ελέγχου «πλωτής υψηλής πίεσης», θα απαιτούσε τη χρήση βαλβίδων εκτόνωσης εξισορρόπησης, για να επιτρέψει ικανοποιητική ροή ψυκτικού, σε ένα εύρος της υψηλών πιέσεων. Η εφαρμογή κυμαινόμενου ελέγχου υψηλής πίεσης, θα απαιτούσε συντονισμό επίσης μεταξύ του κατασκευαστή ηλεκτών ψύξης, του κατασκευαστή του συστήματος ψύξης, καθώς και του κατασκευαστή walk-in. Η συνεργασία αυτή είναι εφικτή αλλά αποτελεί εμπόδιο για την εφαρμογή.
 - Οι ECM κινητήρες δεν είναι ευρέως διαθέσιμοι στα μεγέθη που απαιτούνται για τους ανεμιστήρες των Walk-ins. Ακόμα και αν είχε εγκατασταθεί μια μονάδα ψύξης με ECM κινητήρες, η εύρεση κινητήρα αντικατάστασης θα ήταν δύσκολη, και θα απαιτούσε επιπλέον χρόνο. Αυτοί οι κινητήρες θα πρέπει να εισέλθουν στην αγορά και να αναπτυχθεί ένα μεγαλύτερο δίκτυο τροφοδοσίας, για να περιοριστεί ο κίνδυνος να μην είναι σε θέση να βρεθεί γρήγορα κινητήρας προς αντικατάσταση ελαττωματικού.
 - Η αγορά για Walk-ins είναι αρκετά κατακερματισμένη. Πολλοί κατασκευαστές πρέπει να εισαγάγουν επιτυχώς μία τεχνολογία εξοικονόμησης ενέργειας, για να τραβήξουν ένα σημαντικό τμήμα της αγοράς. Επιπλέον, δεν

υπάρχει ένωση-σύλλογος που εκπροσωπεί τους κατασκευαστές Walk-in, που θα παρέχει ένα φόρουμ για τη συζήτηση τεχνικών θεμάτων ενώ παράλληλα δεν έχει υπάρξει και ενδιαφέρον για τη δημιουργία της ένωσης αυτής μεταξύ των κατασκευαστών.

7.3 Εξοπλισμός ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης

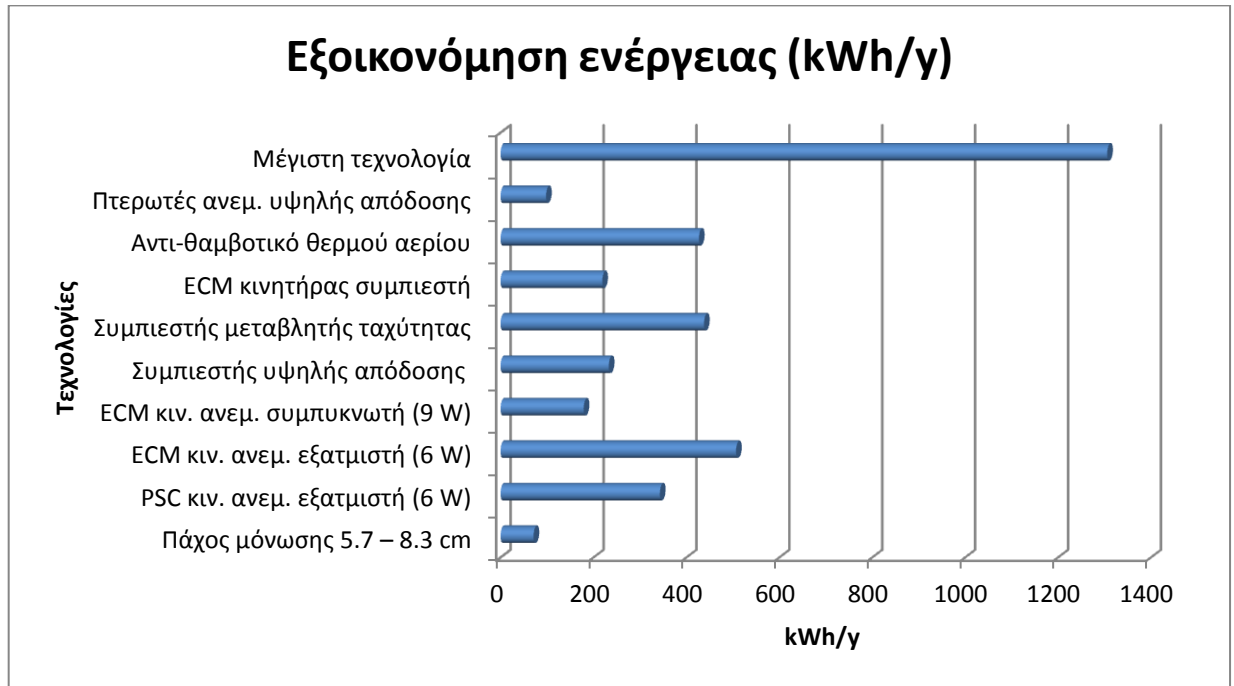
Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογή στον εξοπλισμό παροχής φαγητού καθώς και τα εμπόδια για την υλοποίησή αυτών.

Η τυπική μονάδα, είναι μία αυτόνομη τράπεζα προετοιμασίας με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 2.341 KWh/y. Στον πίνακα 47 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης.

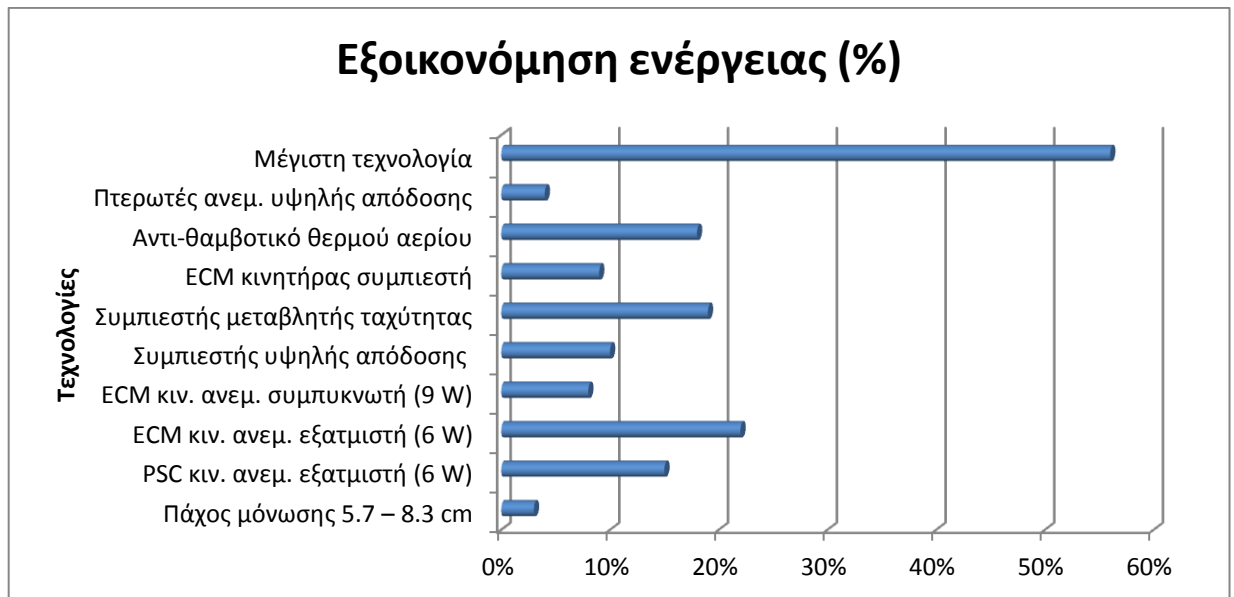
Πίνακας 47: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 5.7 – 8.3 cm	71	3%
2	PSC Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (6 W)	343	15%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (6 W)	507	22%
4	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (9 W)	179	8%
5	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	233	10%
6	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	438	19%
7	ECM κινητήρας συμπιεστή	219	9%
8	Αντι-θαμβοτικό θερμού αερίου	427	18%
9	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	98	4%
	Μέγιστη τεχνολογία (3,4,5,8)	1.306	56%

Στο σχήμα 54 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης, του πίνακα 47.



a.



b.

Σχήμα 54: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών εξοπλισμών ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.3.1 Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας στους εξοπλισμούς ψύξης παροχής υπηρεσιών εστίασης

Περιορισμοί χώρου, περιορίζουν τα αποδεκτά πάχη μόνωσης της καμπίνας. Ως εκ τούτου, αύξηση του πάχους της μόνωσης, μπορεί απλώς να μην είναι αποδεκτή.

Το φράγμα του αρχικού κόστους, μπορεί να είναι σημαντικό, για τον εξοπλισμό εστίασης και πολλές εγκαταστάσεις παροχής υπηρεσιών εστίασης, είναι πολύ περιορισμένες οικονομικά. Ως εκ τούτου, οι αγοραστές εξοπλισμού παροχής υπηρεσιών εστίασης, μπορεί να μην είναι απρόθυμοι να πληρώσουν το επιπλέον κόστος για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, οι εγκαταστάτες, συχνά δεν λαμβάνουν καν υπόψη τα ενεργειακά κόστη, κατά τη λήψη της απόφασης αγοράς. Ακόμα και οι αλυσίδες υπηρεσιών εστίασης, που συνολικά έχουν υψηλά ενεργειακά κόστη, και θα δικαιολογούσαν την εξέταση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας, μπορεί να μην στραφούν προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς το «franchisee» (τυπικά ανήκει σε ένα ή ενδεχομένως δύο αλυσίδεςεστιατορίων) πληρώνει σε κάποιες περιπτώσεις το κόστος ενέργειας.

7.4 Reach-Ins

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογή στα ψυγεία και στους καταψύκτες Reach-in, καθώς και τα εμπόδια για την υλοποίησή τους.

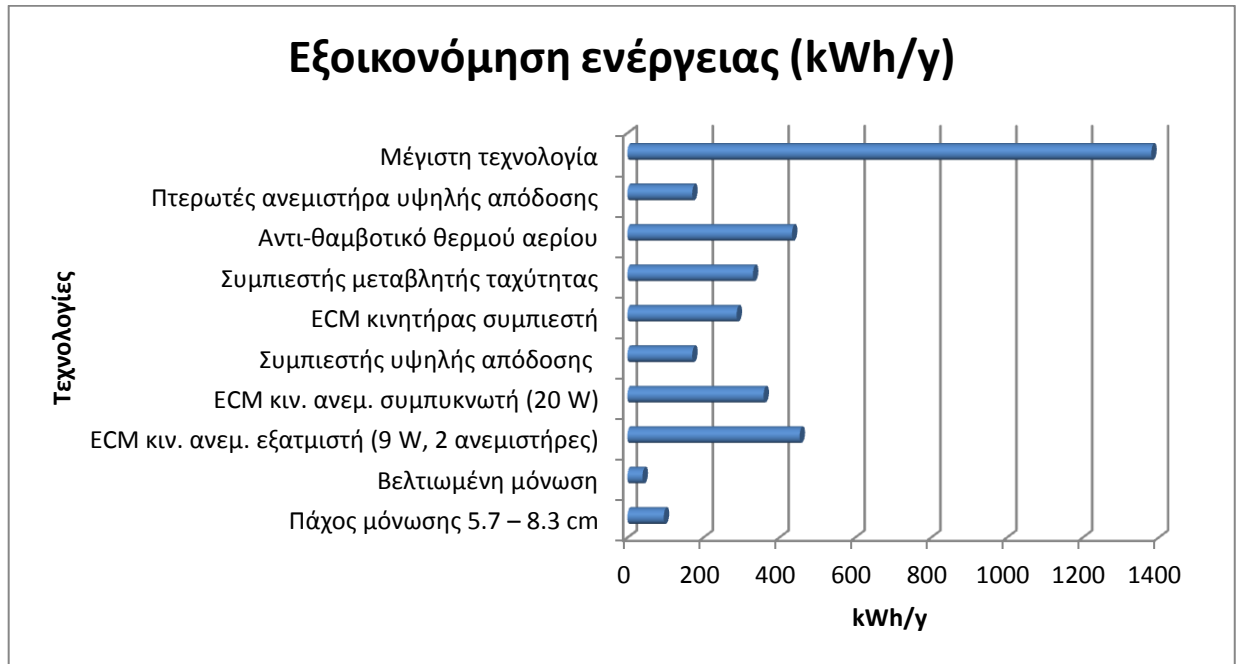
7.4.1 Reach-in ψυγείο

Η τυπική μονάδα, έχει «συμπαγείς» πόρτες και εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας 2.477 KWh/y. Στον πίνακα 48 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων.

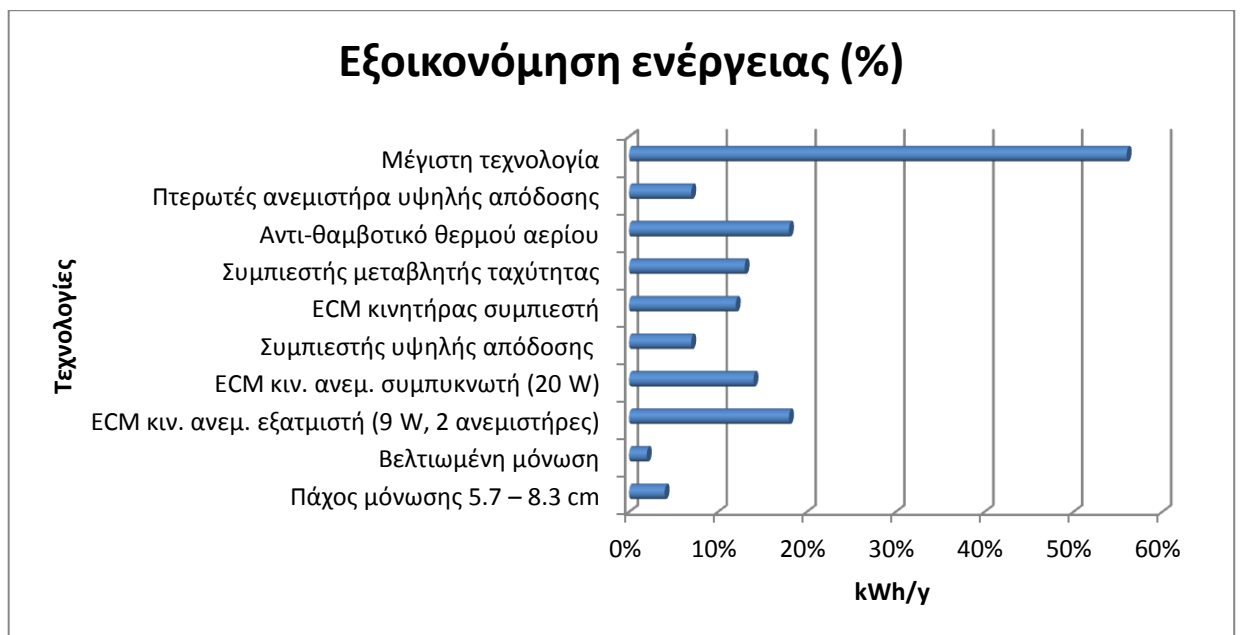
Πίνακας 48: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 5.7– 8.3 cm	96	4%
2	Βελτιωμένη μόνωση	40	2%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (9 W, 2 ανεμιστήρες)	454	18%
4	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (20 W)	359	14%
5	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	171	7%
6	ECM κινητήρας συμπιεστή	288	12%
7	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	331	13%
8	Αντι-θαμβοτικό θερμού αερίου	434	18%
9	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	171	7%
	Μέγιστη τεχνολογία (3,4,5,5,8)	1.381	56%

Στο σχήμα 55 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων, του πίνακα 48.



a.



b.

Σχήμα 55: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in ψυγείων, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

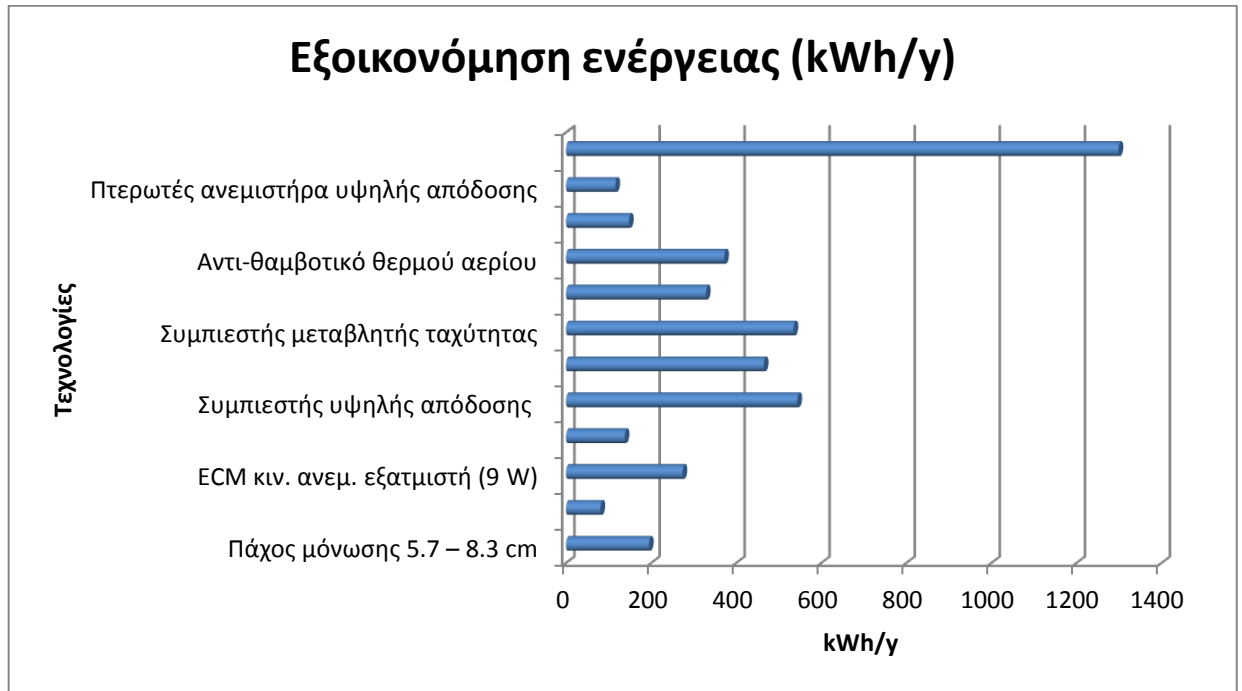
7.4.2 Reach-in καταψύκτης

Η τυπική μονάδα, έχει «συμπαγείς» πόρτες και εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση ενέργειας 3.960 KWh/y. Στον πίνακα 49 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών.

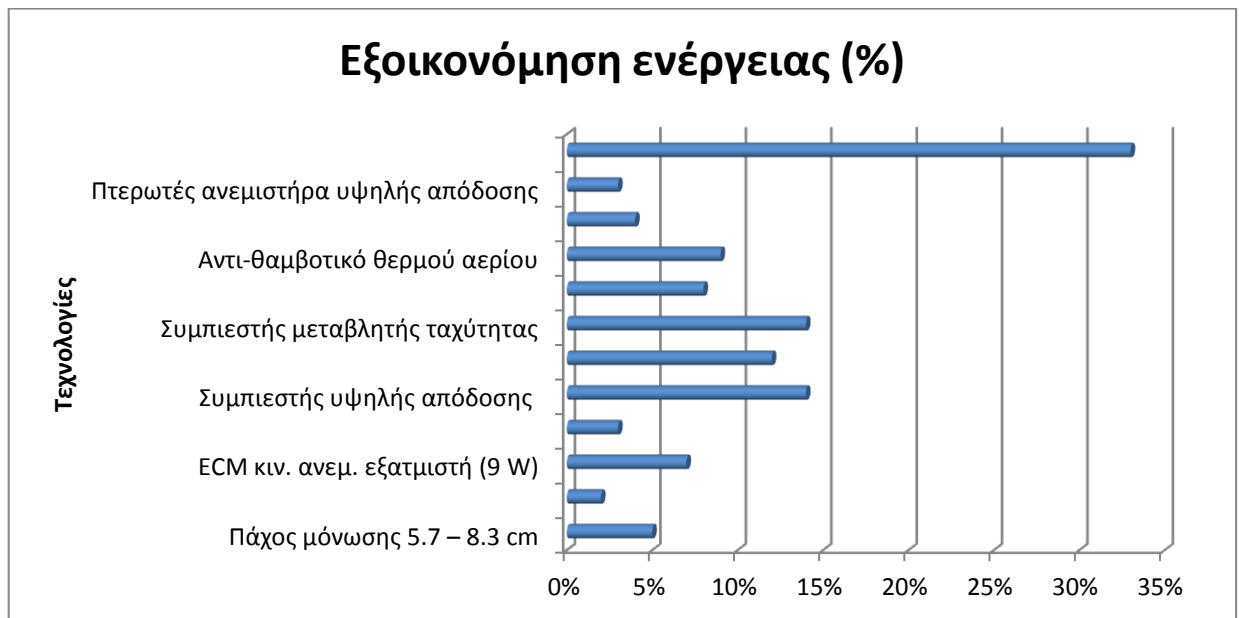
Πίνακας 49: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 5.7 – 8.3 cm	195	5%
2	Βελτιωμένη μόνωση	81	2%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (9 W)	274	7%
4	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (37 W)	138	3%
5	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	544	14%
6	ECM κινητήρας συμπιεστή	465	12%
7	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	535	14%
8	Απόψυξη θερμού αερίου	329	8%
9	Αντι-θαμβοτικό θερμού αερίου	372	9%
10	Έλεγχος απόψυξης	148	4%
11	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	116	3%
	Μέγιστη τεχνολογία (3,4,5,5,8)	1.299	33%

Στο σχήμα 56 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών, του πίνακα 49.



a.



b.

Σχήμα 56: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών Reach-in καταψυκτών, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.4.3 Εμπόδια στην εφαρμογή τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Reach-ins

1. Ο εξοπλισμός υψηλής απόδοσης με επιπλέον κόστος, είναι ανεπιθύμητος για την εκκίνηση εστιατορίων, στα οποία η επένδυση κεφαλαίου είναι περιορισμένη. Εάν η απόσβεση της επένδυσης, δεν είναι εξαιρετικά γρήγορη, ο εξοπλισμός αυτός δε λαμβάνεται υπόψη.
2. Υπάρχει σχετικά υψηλός αριθμός κατασκευαστών Reach-in και ο καθένας πρέπει να πληροί τις ανάγκες ενός ευρύ φάσματος τελικών χρηστών. Ο προκύπτων μικρός όγκος παραγωγής, καθιστά δύσκολη την εφαρμογή των βελτιώσεων απόδοσης.

7.5 Beverage Merchandisers

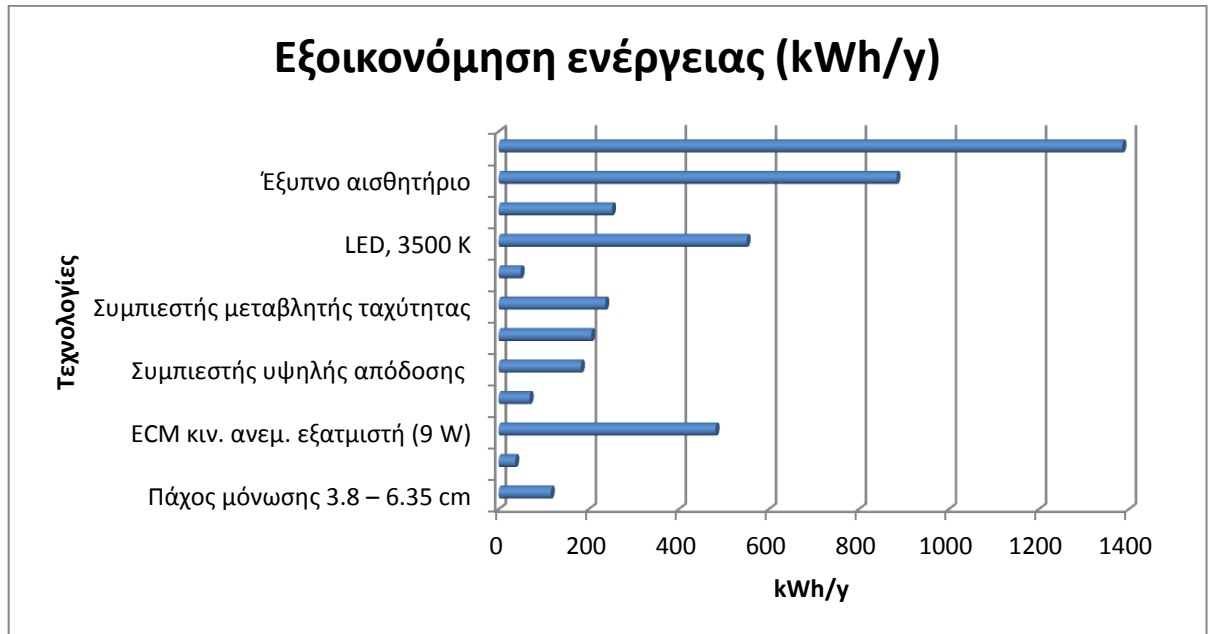
Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογή στα ψυγεία beverage merchandisers, καθώς και τα εμπόδια για την εφαρμογή τους.

Η τυπική μονάδα, είναι μια μονό-πορτη μονάδα με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 2.527 KWh/y. . Στον πίνακα 50 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks" (Beverage Merchandisers).

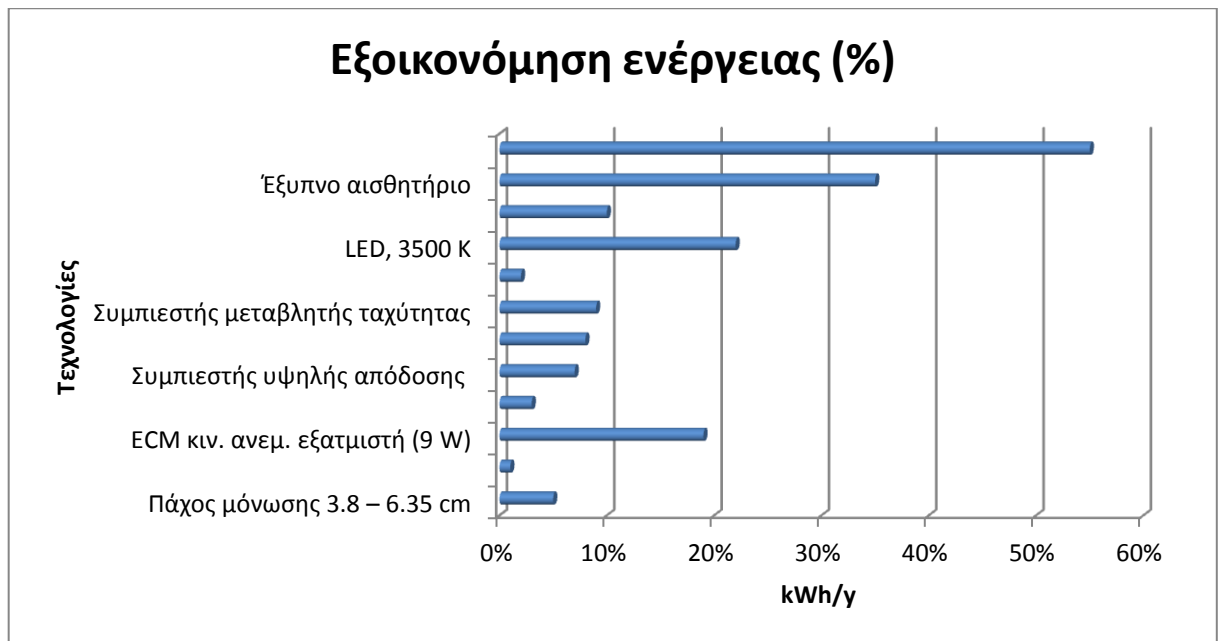
**Πίνακας 50: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks"
(Beverage Merchandisers)**

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 3.8– 6.35 cm	116	5%
2	Βελτιωμένη μόνωση	37	1%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξαμιστή (9 W)	482	19%
4	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (9 W)	69	3%
5	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	183	7%
6	ECM κινητήρας συμπιεστή	206	8%
7	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	237	9%
8	Φωτισμός Λαμπτήρας υψηλής απόδοσης, Χαμηλού BF	49	2%
9	Φωτισμός, LED, 3500 K	551	22%
10	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	252	10%
11	Έξυπνο αισθητήριο	884	35%
	Μέγιστη τεχνολογία (1,3,4,7,9)	1.386	55%

Στο σχήμα 57 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks" (Beverage Merchandisers), του πίνακα 50.



a.



b.

Σχήμα 57: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών ψυγείων εμπορίας "soft - drinks" (Beverage Merchandisers), a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.5.1 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των Beverage Merchandisers

1. Η πλειονότητα των «Beverage Merchandisers» ανήκει σε εταιρείες εμφιάλωσης, όπως η Coca-Cola. Οι εταιρείες εμφιάλωσης δεν πληρώνουν τους λογαριασμούς κοινής ωφελείας, για τα κτίρια όπου βρίσκονται τα ψυγεία, γεγονός που εξαλείφει το κίνητρο τους προς μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.
2. Τα ενεργειακά κόστη είναι μικρά συγκριτικά με τα έσοδα από τις πωλήσεις των «αναψυκτικών» (soft drinks), με αποτέλεσμα οι κατασκευαστές να έχουν την τάση, να παραβλέπουν τα ενεργειακά θέματα, υπέρ σχεδιαστικών αλλαγών που ευνοούν τις πωλήσεις, όπως είναι η αύξηση της έντασης του φωτισμού.
3. Η αύξηση του πάχους της μόνωσης είναι δύσκολη λόγω της έλλειψης χώρου στα beverage merchandisers. Η μείωση της ικανότητας αποθήκευσης ενός δεδομένου μηχανήματος δεν είναι γενικά αποδεκτή.
4. Μηχανολογικές δαπάνες και δαπάνες εργαλείων, που συνδέονται με την κατασκευή εμπορικού εξοπλισμού, δεν απορροφούνται εύκολα, λόγω των χαμηλών όγκων παραγωγής.
5. Αρκετά πρότυπα αξιολόγησης, βασίζονται στην κατάσταση σταθερής λειτουργίας, με αποτέλεσμα τεχνολογίες όπως το συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (EMS), που σβήνει τα φώτα ή επιτρέπει στις θερμοκρασίες να «πλέουν», να μη λαμβάνουν πίστωση για την εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχουν. Ομοίως, και οι συμπίεστες μεταβλητής ταχύτητας, εξοικονομούν ενέργεια, σε συνθήκες περιορισμένης λειτουργίας (μερικού φορτίου) και όχι σε συνθήκες διαβάθμισης, με αποτέλεσμα να μη λαμβάνουν την πίστωση της εξοικονόμησης ενέργειας που παρέχουν πραγματικά. Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, οι κατασκευαστές να έχουν περιορισμένο κίνητρο για να εφαρμόσουν αυτές τις δαπανηρές τεχνολογίες, ακόμη και αν αυτές εξοικονομούν στην πράξη σημαντικά ποσά ενέργειας.

7.6 Μηχανές παραγωγής πάγου

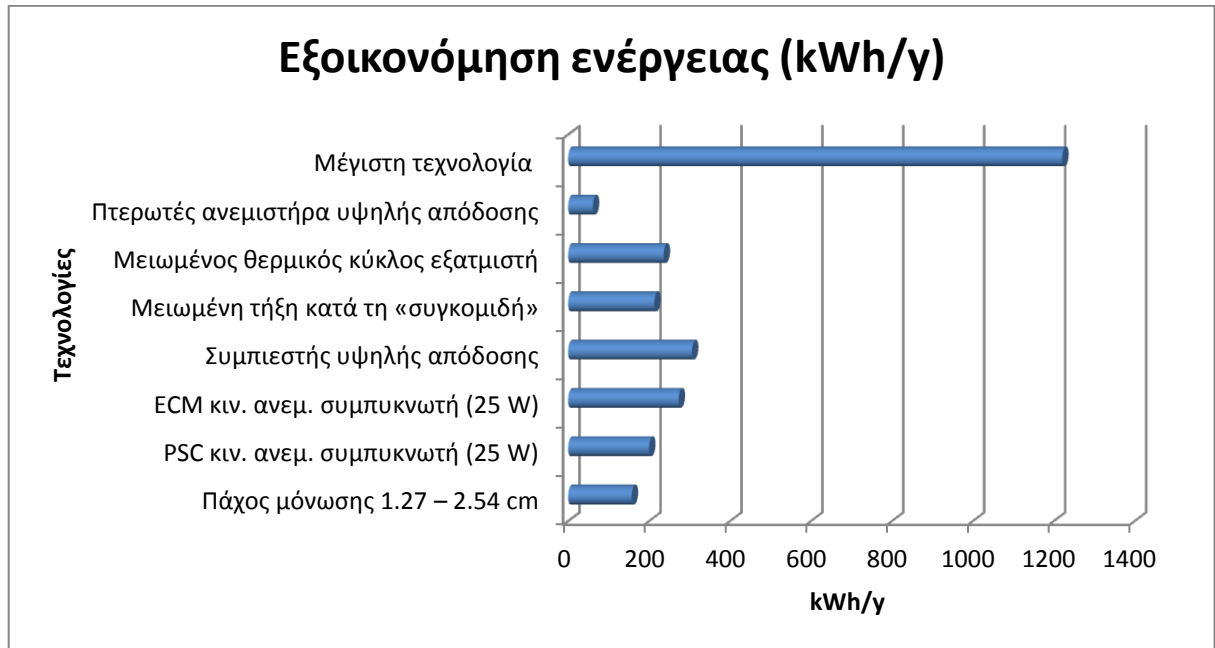
Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογή στις μηχανές παραγωγής πάγου, καθώς και τα εμπόδια για την εφαρμογή τους.

Η τυπική μονάδα, είναι μια αυτόνομη αερόψυκτη μονάδα, με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 5.248 KWh/y. Στον πίνακα 51 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγου "ice machines".

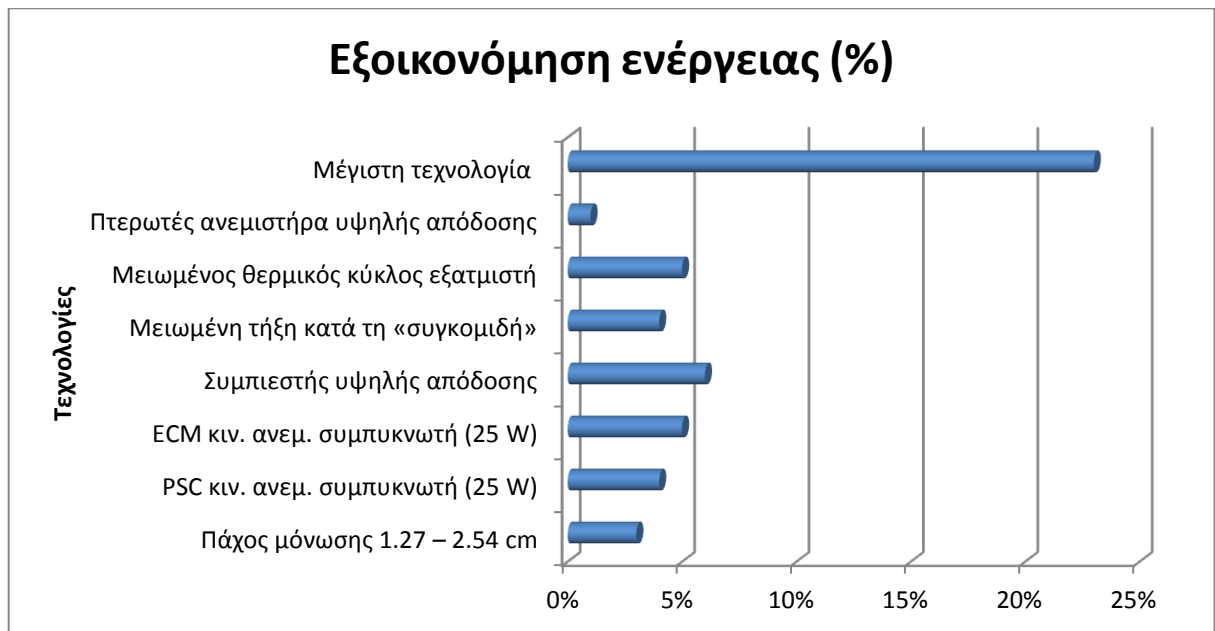
Πίνακας 51: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγους "ice machines"

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 1.27 – 2.54 cm	157	3%
2	PSC Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (25 W)	200	4%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (25 W)	273	5%
4	Συμπιεστής υψηλής απόδοσης	306	6%
5	Μειωμένη τήξη κατά τη «συγκομιδή»	213	4%
6	Μειωμένος θερμικός κύκλος εξατμιστή	236	5%
7	Πτερωτές ανεμιστήρα υψηλής απόδοσης	61	1%
8	Μέγιστη τεχνολογία (1,3-7)	1.221	23%

Στο σχήμα 58 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγους "ice machines", του πίνακα 51.



a.



b.

**Σχήμα 58: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών μηχανών παραγωγής πάγους "ice machines",
a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %**

7.6.1 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των μηχανών παραγωγής πάγου

1. Η τάση στις μηχανές παραγωγής πάγου, όπως και σε άλλους εμπορικούς εξοπλισμούς ψύξης, είναι η μείωση του φυσικού τους μεγέθους. Η τάση αυτή, καθιστά την αύξηση του πάχους της μόνωσης και την εγκατάσταση πληρωτών, καθαρισμού του νερού, πιο δύσκολο να εφαρμοστούν.
2. Μειώσεις στις ποσότητες καθαρισμού του νερού, δίνουν τη δυνατότητα μείωσης της ενέργειας χρήσης. Ωστόσο, οι μειώσεις αυτές, συνδέονται με τον κίνδυνο αύξησης της κλίμακας συσσώρευσης αλάτων κ.α., που μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της απόδοσης. Αν η ροή καθαρισμού του νερού είναι πολύ χαμηλή, απαιτείται συχνός καθαρισμός των μηχανών, για την εξάλειψη της κλιμάκωσης συσσώρευσης ακαθαρσιών - αλάτων καθώς και για τη μείωση-αποφυγή κινδύνου νοσημάτων.
3. Οι κατασκευαστές γενικώς απαιτούν απόσβεση το πολύ 1 έως 2 έτη, των δαπανών απαναεξοπλισμού, που συνδέονται με σχεδιαστικές τροποποιήσεις (τα έξοδα του μηχανικού συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη, κατά την αξιολόγηση των αλλαγών) . Αυτό καθιστά τους κατασκευαστές διστακτικούς στην εφαρμογή των αλλαγών του προϊόντος, εάν δε μπορούν να αποσβέσουν γρήγορα το κόστος επένδυσης, μέσω της αύξησης της τιμής του προϊόντος. Από την άλλη πλευρά, η ανταγωνιστικότητα της αγοράς, καθιστά την αύξηση αυτή της τιμής δύσκολο να πραγματοποιηθεί, ακόμη και αν η απόσβεση στους τελικούς χρήστες μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας είναι άμεση.

7.7 Αυτόματοι πωλητές

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας με τις τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογή στους αυτόματους πωλητές, καθώς και τα εμπόδια για την εφαρμογή τους.

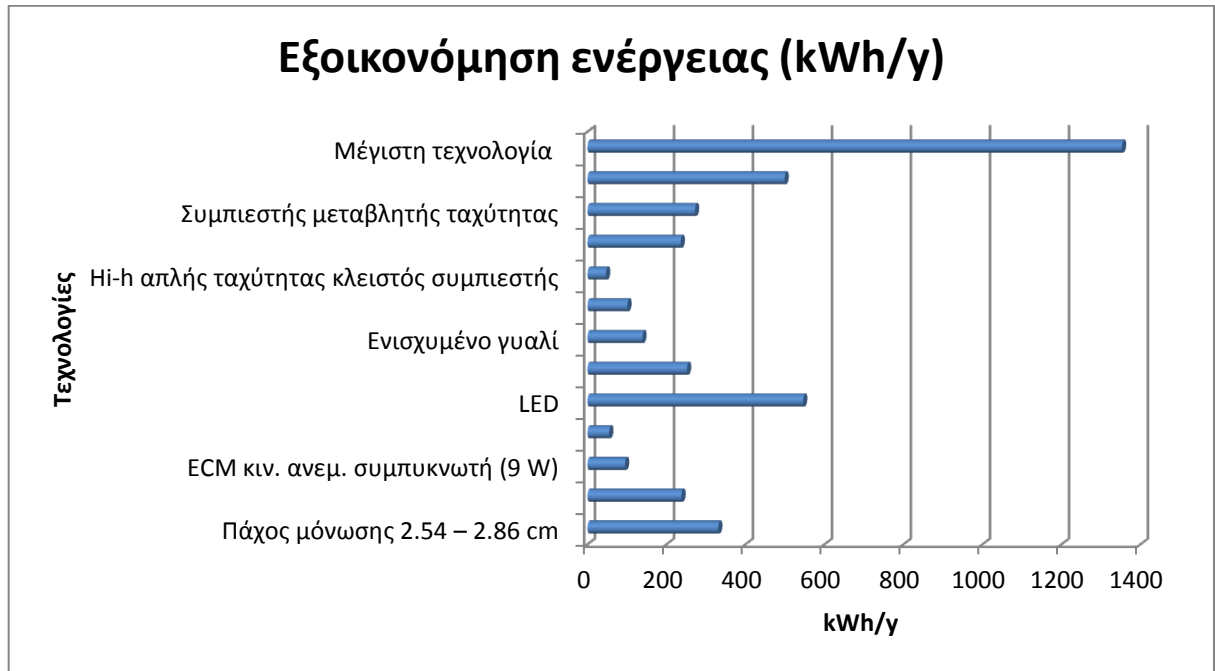
7.7.1 Αυτόματοι πωλητές, πλήρους ψύξης

Η τυπική μονάδα, είναι μια αυτόνομη αερόψυκτη μονάδα, με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 2.494 KWh/y. Στον πίνακα 52 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-ψύξης.

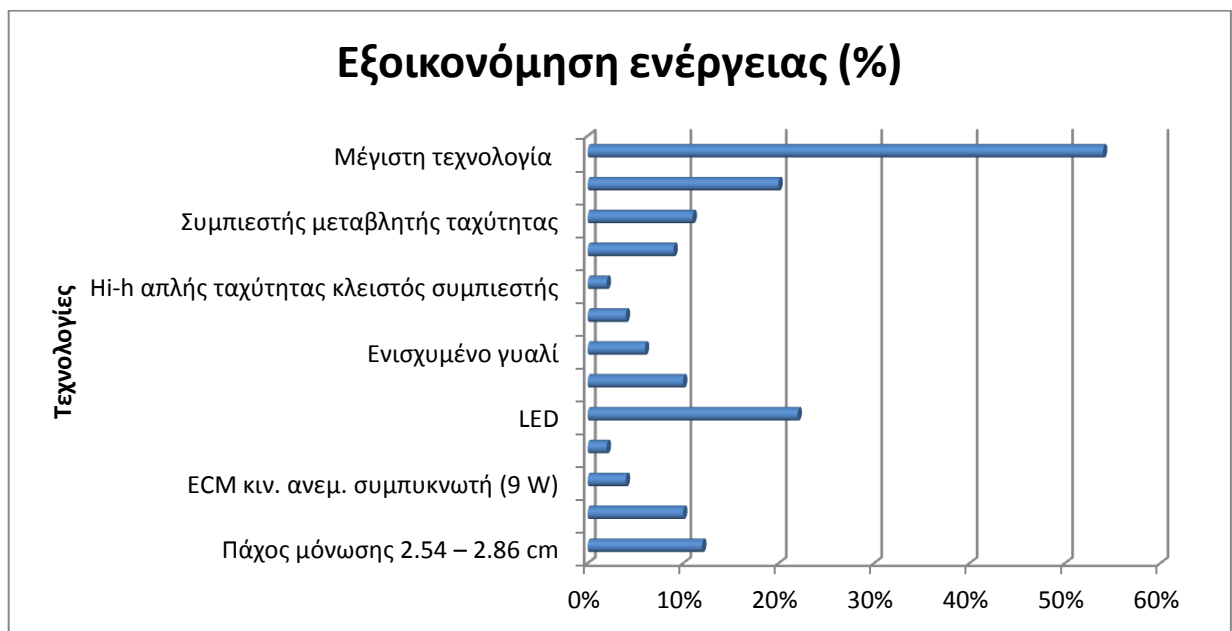
Πίνακας 52: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-ψύξης

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 2.54 – 2.86 cm	331	12%
2	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (9 W)	238	10%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (9 W)	95	4%
4	Φωτισμός BF T8 (4 λαμπτήρες)	55	2%
5	Φωτισμός LED	546	22%
6	Ελεγκτής ανεμιστήρα εξατμιστή	252	10%
7	Ενισχυμένο γυαλί	139	6%
8	Ενισχυμένος συμπυκνωτής	101	4%
9	Hi-h απλής ταχύτητας κλειστός συμπιεστής	47	2%
10	ECM κινητήρας συμπιεστή	236	9%
11	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	272	11%
12	Σύστημα διαχείρισης ενέργειας (EMS)	499	20%
	Μέγιστη τεχνολογία (1,2,3,5,6,8,9,12)	1.353	54%

Στο σχήμα 59 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-Ψύξης, του πίνακα 52.



a.



b.

Σχήμα 59: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Πλήρους-Ψύξης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

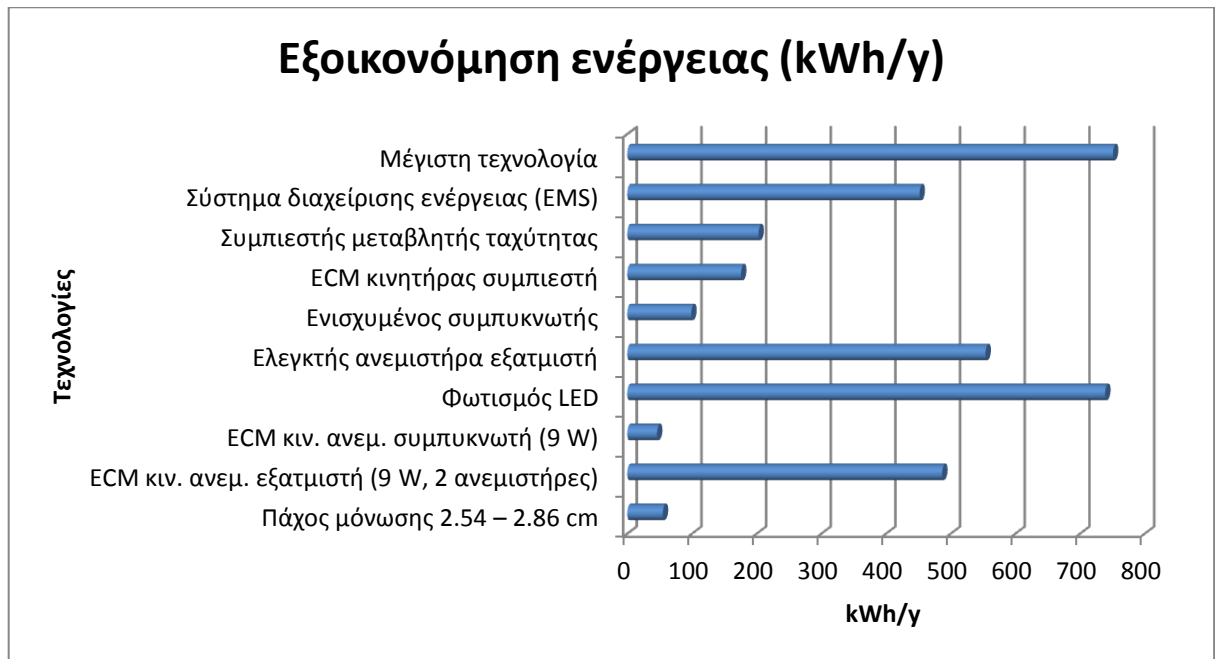
7.7.2 Αυτόματοι πωλητές, ζώνης ψύξης

Η τυπική μονάδα, είναι μια αυτόνομη αερόψυκτη μονάδα, με ετήσια κατανάλωση ενέργειας 2.258 kWh/y. Στον 53 παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης-ψύξης.

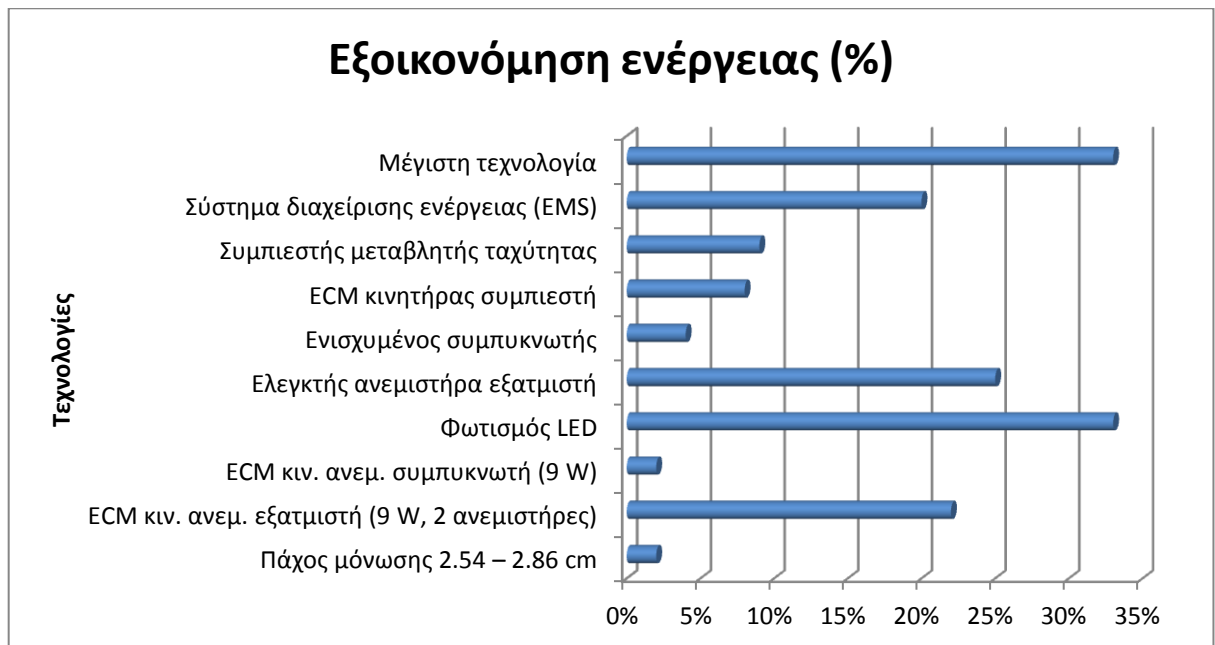
Πίνακας 53: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης - Ψύξης

	Τεχνολογία	Εξοικονόμηση ενέργειας (kWh/y)	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)
1	Πάχος μόνωσης 2.54 – 2.86 cm	55	2%
2	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων εξατμιστή (9 W, 2 ανεμιστήρες)	487	22%
3	ECM Κινητήρες ανεμιστήρων συμπυκνωτή (9 W)	46	2%
4	Φωτισμός LED	739	33%
5	Ελεγκτής ανεμιστήρα εξατμιστή	554	25%
6	Ενισχυμένος συμπυκνωτής	99	4%
7	ECM κινητήρας συμπιεστή	176	8%
8	Συμπιεστής μεταβλητής ταχύτητας	203	9%
9	Σύστημα διαχείρισης ενέργειας (EMS)	452	20%
	Μέγιστη τεχνολογία (1,2,3,5,6,9)	751	33%

Στο σχήμα 60 απεικονίζονται τα δεδομένα, της ενεργειακής ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης-Ψύξης, του πίνακα 53.



a.



b.

Σχήμα 60: Ενεργειακή ανάλυση τυπικών αυτόματων πωλητών Ζώνης - Ψύξης, a. Εξοικονόμηση ενέργειας σε kWh/y, b. Εξοικονόμηση ενέργειας %

7.7.3 Εμπόδια στην εφαρμογή των τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας των αυτόματων πωλητών

1. Οι εταιρείες εμφιάλωσης ή οι διανομείς, αγοράζουν σχεδόν όλα τα μηχανήματα αυτόματης πώλησης από τους κατασκευαστές εξοπλισμού, αλλά δεν πληρώνουν τους λογαριασμούς κοινής ωφελείας που σχετίζονται με τη λειτουργία τους, δημιουργώντας ένα σύστημα διχασμού των κινήτρων. Το Αμερικανικό Συμβούλιο, για μια ενεργειακά αποδοτική Οικονομία, είχε περιγράψει το πρόβλημα της διαίρεσης - κινήτρων ως το μεγαλύτερο εμπόδιο στη βελτίωση της απόδοσης των μηχανημάτων αυτόματης πώλησης αναψυκτικών (Nadel 2002). Οι περισσότερες εταιρείες εμφιάλωσης και οι διανομείς, είναι συνδεδεμένοι κατά κύριο λόγο με τα πρώτα έξοδα και έχουν μικρό ενδιαφέρον για την ενεργειακή απόδοση, επειδή δεν πληρώνουν τους λογαριασμούς κοινής ωφελείας. Ως εκ τούτου, οι κατασκευαστές δεν περιλαμβάνουν τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης στα σχέδιά τους, εάν τα μέτρα αυτά αυξάνουν το αρχικό κόστος, ακόμη και αν οι περίοδοι αποπληρωμής είναι σύντομες.
2. Η επιθυμία να μεγιστοποιηθεί η ποσότητα του προϊόντος που αποθηκεύεται, τοποθετεί το χώρο στα αυτόματα μηχανήματα πώλησης στην πρώτη προτεραιότητα. Ως εκ τούτου, αυξήσεις στο πάχος της μόνωσης είναι ανεπιθύμητες. Οι εξωτερικές διαστάσεις των μηχανών αυτόματης πώλησης περιορίζεται επίσης, από την ανάγκη να χωρέσουν μέσα από το πόρτες.
3. Αρκετά πρότυπα αξιολόγησης, βασίζονται στην κατάσταση σταθερής λειτουργίας, με αποτέλεσμα τεχνολογίες όπως το συστήματα ενεργειακής διαχείρισης (EMS), που σβήνει τα φώτα ή επιτρέπει στις θερμοκρασίες να «πλέουν», να μη λαμβάνουν πίστωση για την εξοικονόμηση ενέργειας που παρέχουν. Ομοίως, και οι συμπίεστες μεταβλητής ταχύτητας, εξοικονομούν ενέργεια, σε συνθήκες περιορισμένης λειτουργίας (μερικού φορτίου) και όχι σε συνθήκες διαβάθμισης, με αποτέλεσμα να μη λαμβάνουν την πίστωση της εξοικονόμησης ενέργειας που παρέχουν πραγματικά. Το γεγονός αυτό, έχει ως αποτέλεσμα, οι κατασκευαστές να έχουν περιορισμένο κίνητρο για να εφαρμόσουν αυτές τις δαπανηρές τεχνολογίες, ακόμη και αν αυτές εξοικονομούν στην πράξη σημαντικά ποσά ενέργειας.

8 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ραγδαία εξάπλωση της βιομηχανικής επανάστασης και η τεράστια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην οποία οδήγησε, έχει καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον, καθιστώντας πλέον άμεση την ανάγκη μείωσης της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η Εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί σήμερα θέμα ζωτικής σημασίας, τόσο για την προστασία του περιβάλλοντος όσο και για την εξοικονόμηση πόρων ενέργειας αλλά και για τη μείωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας για τους ίδιους τους καταναλωτές. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον σε όλους τους τομείς, σχετικά με του τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας έχει κορυφωθεί. Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αναμφίβολα ο ταχύτερος, ο οικονομικότερος και ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα καθώς και για μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η φιλοσοφία της εξοικονόμησης ενέργειας, βασίζεται στην προσπάθεια από τη μία πλευρά εξεύρεσης τρόπων μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης του εξοπλισμού που καταναλώνει ενέργεια, χωρίς από την άλλη πλευρά να θυσιάζονται οι συνθήκες άνεσης των χρηστών. Στα πλαίσια αυτά, η ενεργειακή αναβάθμιση των ψυγείων, καθίσταται αναγκαία καθώς τα ψυγεία είναι από τις πλέον διαδεδομένες ηλεκτρικές συσκευές παγκοσμίως, κατέχοντας σημαντικό μερίδιο στην κατανάλωση ενέργειας παγκοσμίως.

Οι χαρακτηριστικότερες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, με σημαντικά ποσοστά εξοικονόμησης και ευρύ πεδίο εφαρμογής είναι οι κινητήρες των ανεμιστήρων ECM, τα φώτα Led, οι συμπίεστες μεταβλητής ταχύτητας, τα αντι-θαμβωτικά συστήματα ελέγχου και θερμού αερίου κ.α. Στα συστήματα ψύξης των Supermarket είναι ιδιαίτερα σημαντική η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί με συστήματα αυτοματισμού και ηλεκτρονικές βαλβίδες εκτόνωσης (EEVs) καθώς και με επεμβάσεις στα ψυγεία βιτρίνες (Display – Cases). Η μετατροπή ψυγείων βιτρινών ανοιχτού τύπου σε κλειστού τύπου, με την τοποθέτηση τζαμιού υψηλής απόδοσης, εξοικονομεί σημαντικά ποσά ενέργειας της τάξης του 55% και αυτός είναι και ένας από τους λόγους, σε συνδυασμό με τα ενεργειακά πρότυπα, που ήδη στις μέρες μας πολλά Supermarket στρέφονται προς αυτή την τεχνολογία. Το σύστημα ελέγχους υψηλής πίεσης (floating head pressure control) επιφέρει εξοικονόμηση της τάξης του 16% σε ψυγεία Walk – in, ενώ στους καταψύκτες Walk – in απλές τεχνολογίες όπως η χρήση κουρτινών τύπου λωρίδας επιφέρει εξοικονόμηση 24%, η χρήση αντιστάσεων στις πόρτες χαμηλής θερμοκρασίας ή η μη χρήση τους επιφέρει εξοικονόμηση της τάξεως του 20%, το αυτόματο κλείσιμο της πόρτας επιφέρει εξοικονόμηση 23%. Το σύστημα αντιμετώπισης σχηματισμού υγρασίας θερμού αερίου (anti-sweat hot gas) βρίσκει εφαρμογή με αξιόλογα αποτελέσματα εξοικονόμησης σε καταψύκτες Walk- in, σε ψυγεία παροχής υπηρεσιών εστίασης και

σε reach – ins. Τέλος και η χρήση έξυπνου αισθητηρίου μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση σε Beverage merchandisers.

Πέρα των τεχνολογιών αυτών που μόλις αναφέραμε, υπάρχει μια σειρά τεχνολογιών που μπορούν να συμβάλλουν προς την κατεύθυνση αυτή. Η συνδυασμένη μάλιστα χρήση των τεχνολογιών αυτών μεγιστοποιεί τα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας των ψυγείων. Αξίζει μάλιστα να επισημάνουμε τη σημασία των ευρημάτων της ενεργειακής ανάλυσης, βάση των οποίων γίνεται ξεκάθαρο πως υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια εξοικονόμησης ενέργειας στα συστήματα επαγγελματικής ψύξης, με χρήση των ήδη γνωστών και ανεπτυγμένων τεχνολογιών. Μάλιστα όλοι οι τρόποι ενεργειακής αναβάθμισης που πραγματεύεται η εργασία αυτή δεν ξεπερνούν τα 7 χρόνια απόσβεσης.

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης στα Supermarket με συνδυασμένη χρήση των τεχνολογιών εξοικονόμησης είναι:

- Ψυγεία βιτρίνες (Display – cases) 35%
 - Σε ανοιχτού τύπου μέσων θερμοκρασιών 26%
 - Σε κλειστού τύπου χαμηλών θερμοκρασιών 44%
 - Σε κλειστού τύπου μέσων θερμοκρασιών 31%
- Μηχανοστάσιο συμπιεστών (Compressor racks) 9%
- Συμπυκνωτές 28%
- Συστήματα ελέγχου & ηλεκτρονικές βαλβίδες εκτόνωσης 20%

Οι δυνατότητες εξοικονόμησης στα αυτόνομα συστήματα επαγγελματικής ψύξης με συνδυασμένη χρήση των τεχνολογιών εξοικονόμησης είναι:

- Ψυγεία και καταψύκτες αποθήκευσης τροφίμων (Walk – Ins) 54%
- Ψυγεία παροχής υπηρεσιών εστίασης 56%
- Ψυγεία και καταψύκτες πρόσβασης (Reach – ins) 56% και 33% αντίστοιχα
- Ψυγεία εμπορίας αναψυκτικών-χυμών-μπύρας-ενεργειακών ποτών (Beverage Merchandisers – soft drinks) 55%
- Μηχανές παραγωγής πάγου (Ice – Machines) 23%
- Ψυγεία αυτόματοι πωλητές Πλήρους ψύξης και Ζώνης ψύξης (Refrigerated Vending Machines) 54% και 33% αντίστοιχα

Ωστόσο δεν πρέπει να παραβλέπουμε και τις δυσκολίες που υπάρχουν στην υλοποίηση των προτάσεων ενεργειακής αναβάθμισης όπως έχουν ήδη αναφερθεί στην εργασία αυτή και κατά κύριο λόγο έχουν να κάνουν με:

- Συχνά στόχος είναι η μεγιστοποίηση των πωλήσεων, χωρίς η κατανάλωση ενέργειας να λαμβάνεται υπόψη.

- Ο χρόνος απόσβεσης απαιτείται συχνά να είναι εξαιρετικά μικρός. Για παράδειγμα στα Supermarket που η απόσβεση της επένδυσης πρέπει να είναι τα 2 -3 έτη ενώ σε ορισμένα ίσως και λιγότερο του έτους.
- Οι νέες τεχνολογίες θα πρέπει να έχουν δοκιμαστεί και αποδειχθεί σε πραγματικό περιβάλλον, πριν γίνουν αποδεκτές.
- Συχνά σε μια νέα επιχείρηση επιλέγεται ο εξοπλισμός με το χαμηλότερο κόστος, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη μακροχρόνιες προοπτικές.
- Μπορεί για τους τελικούς χρήστες να είναι δύσκολο να αξιολογήσουν σωστά την επένδυση και το χρόνο απόσβεσης αυτής, λόγω παραγόντων περιπλοκότητας.
- Η πλειονότητα των Beverage Merchandisers ανήκει σε εταιρείες εμφιάλωσης, όπως η Coca-Cola οι οποίες δεν πληρώνουν τους λογαριασμούς κοινής ωφελείας μη έχοντας άμεσο κίνητρο προς εξοικονόμηση.
- Αρκετά πρότυπα αξιολόγησης βασίζονται σε κατάσταση σταθερής λειτουργίας, με αποτέλεσμα, έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας, συμπίεστές μεταβλητής ταχύτητας να μην παίρνουν πιστοποίηση της πραγματικής εξοικονόμησης που επιτυγχάνουν αλλά μικρότερης.

Πέραν των προτάσεων εξοικονόμησης που αναλύθηκαν στην εργασία αυτή, θα πρέπει να γίνει και περαιτέρω διερεύνηση σε τεχνολογίες οι οποίες δεν έχουν ακόμα αναπτυχθεί πλήρως, αλλά μπορούν να συμβάλλουν μελλοντικά σημαντικά προς αυτή την κατεύθυνση. Οι τεχνολογίες αυτές θα πρέπει να εξετασθούν ως προς το δυναμικό τους όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας, τον τεχνολογικό κίνδυνο και το χρόνο εμπορευματοποίησής τους. Τέτοιου είδους τεχνολογίες είναι: η μαγνητική ψύξη, η θερμο-ακουστική ψύξη, η θερμοηλεκτρική ψύξη, δευτερεύοντες βρόχοι ψύξης, πάνελ μόνωσης κενού, προηγμένες αεροκουρτίνες, EHD (ηλεκτρο-υδρο-δυναμικοί) εναλλάκτες, προσθήκη νανο-σωματιδίων στο ψυκτικό, φωτισμός με οπτικές ίνες, φωτισμός στερεάς κατάστασης plasma κ.α.. [55,60-67]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.bigee.net/media/filer_public/2012/12/04/bigee_doc_1_refrigerators_freezers_user_savings_20121130.pdf
2. <http://www.achrnews.com/articles/the-basic-refrigeration-cycle>
3. Pearson . S. Forbes Pearson. —Refrigerants Past, Present and Future, International Institute of Refrigeration.
4. ADL - Energy Potential Report for Commercial Refrigeration Equipment, Final Report, prepared by Arthur D. Little, Inc. for U.S. Department of Energy, Office of Building Technologies, 1996.
5. EPA Supermarket Energy Use Profile, Environmental Protection Agency, 2007.
6. <http://effbox.com/product/how-it-works/>
7. CEC —Investigation of Secondary Refrigeration Loop Supermarket Refrigeration Systems, California Energy Commission, March 2004.
8. Shaw’s Supermarkets: A Comprehensive Environmental Commitment, Clean Air-Cool Planet.
9. TIAX. Zogg, R., and Roth, K. —Assessment of Combined Heat and Power in Supermarket Applications, Final Report, prepared by TIAX, LLC for U.S. Department of Energy, Distributed Energy Program.
10. Appliance Magazine. The Share-of-Market Picture for 2004, 2005. (Refrigerated display cases)
11. Freedonia 2004. Energy Savings in Refrigerated Walk-in Boxes, DOE/EE-0170, 2004.
12. Analysis of Standards Options for Walk-in Coolers (Refrigerators) and Freezers, Codes and Standards Enhancement Initiative: Title 20 Standards Development, prepared for Pacific Gas and Electric Company, Davis Energy Group.
13. Appliance Magazine - 55th Annual Report: Statistical Review 1998-2007, 2008. (Reach-ins)

14. Appliance Magazine - 54th Annual Report: Statistical Review 1998-2006, 2007. (Ice machines)
15. AHRI - ARI 810: Performance Rating of Automatic Commercial Ice Makers, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute, 2007.
16. CEE High Efficiency Specifications for Ice Machines, Consortium for Energy Efficiency, 2006.
17. Automatic Merchandiser. Automatic Merchandiser Magazine, 2007.
<http://www.amonline.com/>
18. DOE Energy Conservation Standards for Beverage Vending Machines: ANOPR Technical Support Document, U.S. Department of Energy, 2008.
19. FEMP How to Buy Energy-Efficient Refrigerated Beverage Vending Machines, Federal Energy Management Program, 2008.
20. Vending Times. Census of the Industry, 2008.
21. <http://www.enigin.com/products/chilled-unit-energy-saver>
22. <http://www.maced.org/e3/documents/E3%20Cost%20of%20Refrigeration.pdf>
23. DoC, Current Industrial Report, U.S. Department of Commerce 2007.
24. DOE, Commercial Energy End-Use Splits, Buildings Energy Data Book, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, S2008.
25. DOE, Energy Conservation Standards for Commercial Refrigeration Equipment: Technical Support Document, U.S. Department of Energy, 2009.
26. DOE, Energy Conservation Standards for Commercial and Industrial Equipment: Commercial Refrigeration Equipment, 10 CFR Part 431, Department of Energy, 2009.
27. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/commercial_refrig_report_10-09.pdf
28. Development and Testing of a Linear Compressor Sized for the European Market,|| *Proceedings of the International Appliance Technology Conference*. Sunpower, Inc., Athens, OH.

29. Tecumseh. Compressor Data, Tecumseh Compressor Company.
http://202.56.127.90/nacg/pro_comp.html
30. http://www.eurocooling.com/public_html/articleembraco.pdf (Συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας)
31. <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1614&context=iracc> (Συμπιεστές μεταβλητής ταχύτητας)
32. <http://bea.coopwebbuilder2.com/sites/bea/files/PDF/Tech/EvaporatorFanControllers.pdf> (Ελεγκτές ανεμιστήρων εξατμιστή)
33. http://www.encyvermont.com/docs/for_my_business/publications_resources/RefrigerationGuideToSavings.pdf (Τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας επαγγελματικής ψύξης)
34. http://www.michigan-energy.org/sites/michigan-energy.org/files/pdfs/21588_factSHEET_commFRIDGE_0713.pdf
35. <http://www.sourcerefrigeration.com/services-optimization.php> (Ενεργειακή βελτιστοποίηση EMS)
36. <http://effbox.com/product/how-it-works/> (Ψυκτικό κύκλωμα)
37. <http://carbonarchitecture.co.uk/products/floating-head-pressure-control> (Έλεγχος διακύμανσης υψηλής πίεσης)
38. https://focusonenergy.com/sites/default/files/Doug_R_Refrigeration_2_Handout_Final.pdf
39. <http://savingenergy.co.za/saving-energy-on-refrigeration/>
40. http://www.seai.ie/EnergyMAP/Energy_Wizard/Action/Subcooling.html (Υπόψυξη)
41. LIFI, Frequently Asked Questions for General Lighting, Luxim Corporation, accessed January 2009. <http://www.lifi.com/dynamic/display.php/31>
42. SCE —T-8s, LED and Fiber Optic Lighting Compared, Refrigeration & Thermal Test Center, Southern California Edison, accessed February 2009. http://www.sce.com/bsb/design_services/RTTC/ResearchProjects/supermarket/t8_led_fiberoptic.htm

43. Ramesh Raghavan and Nadarajah Narendran, —Refrigerated Display Case Lighting with LEDs, Lighting Research Center
44. Lazzarin, R., Nardotto, D., and Noro, M. —Energy savings and economic benefits of using electronic expansion valves in supermarket display cabinets. International Journal of Low Carbon Technologies, Volume 3, Number 3, 2008.
45. Heat Exchanger Development, Pacific Northwest National Laboratory. <http://www.pnl.gov/microcats/aboutus/capabilities/heatexchdev.html>
46. <http://gfp.lbl.gov/papers/lbl-36658.pdf> (Πόρτες με μόνωση-αερίου)
47. CEE, High Efficiency Specifications for Solid Door Refrigerators and Freezers and Glass Door Refrigerators, Consortium for Energy Efficiency, January 2006.
48. <http://bea.coopwebbuilder2.com/sites/bea/files/PDF/Tech/EvaporatorFanControllers.pdf> (Ελεγκτές ανεμιστήρων εξατμιστή)
49. <http://www.tmi-pvc.com/caser-display-curtain.html> (Κουρτίνες λωρίδας)
50. Glacier Bay - Barrier Ultra-Rtm High-Performance Insulation, Glacier Bay, Inc, accessed January 2009. <http://www.glacierbay.com/ultra-r.asp>
51. http://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Heat-recovery-in-the-refrigeration-cycle_8357_hq-en.pdf (Ανάκτηση θερμότητας Siemens)
52. IEA Annex 26: Advanced Supermarket Refrigeration/Heat Recovery Systems, Final Report Volume 1 – Executive Summary. Compiled by Van D. Baxter, Oak Ridge National Laboratory, April 2003. (Ανάκτηση θερμότητας Supermarket)
53. <http://saveenergy.about.com/od/tutorials/ss/RefreigSavings.htm> (Απλοί τρόποι βελτίωσης λειτουργίας)
54. http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/98680.asp (Ψυγεία αμμωνίας)
55. D.L Antonijevic. —Carbon Dioxide as the Replacement for Synthetic Refrigerants in Mobile Air Conditioning, Thermal Science, 12, 55-65 (2008).
56. Sustainable Business. —GE Submits Hydrocarbon Refrigerant for EPA Approvall, SustainableBusiness.com.

57. ORNL, D. H. Walker, R. T. Faramarzi, H. Navaz, and D. Dabiri —Air Curtain Stability and Effectiveness in Open Vertical Refrigerated Display Cases: Project Final Report, December 2008, US Department of Energy.
58. AHRI, Directory of Certified Product Performance, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute, 2008.
59. Krack , Commercial Price List. Krack Corporation, Ingersoll Rand Climate Control Technologies. 2009.
60. ACR —Nanotechnology Could Boost Chiller Efficiency, ACR News, 2008.
61. ASHRAE —Magnetic Refrigeration, Dieckmann, John, Dr. Roth, Kurt, and Brodrick, James, ASHRAE Journal, 2007.
62. Glacier Bay —Vacuum Insulation Panels (VIPs) Principles, Performance and Lifespan. Inc., accessed January 2009.
<http://www.glacierbay.com/vacpanelinfo.asp>
63. K.A. Gschneidner, Jr., V.K. Pecharsky. —Thirty years of near room temperature magnetic cooling: Where we are today and future prospects. *International Journal of Refrigeration*. September, 2008.
64. GSET Research Journal —Thermoacoustic Refrigeration, Newman, J., Cariste, B., Queiruga, A., 2006.
65. International Journal of Refrigeration —Experimental and Numerical Study on Microchannel and Round-Tube Condensers in a R410A Residential Air-Conditioning System, 2008.
66. Kedzierski 2007. M.A. Kedzierski and M. Gong, —Effect of CuO Nanolubricant on R134a Pool Boiling Heat Transfer with Extensive Measurement and Analysis Details, NISTIR 7454, 2007.
67. Large Electrocaloric Effect in Ferroelectric Polymers Near Room Temperature, Neese, B., Chu, B., Lu, S., Wang, Y., Furman, E., and Zhang, Q., *Science*.

