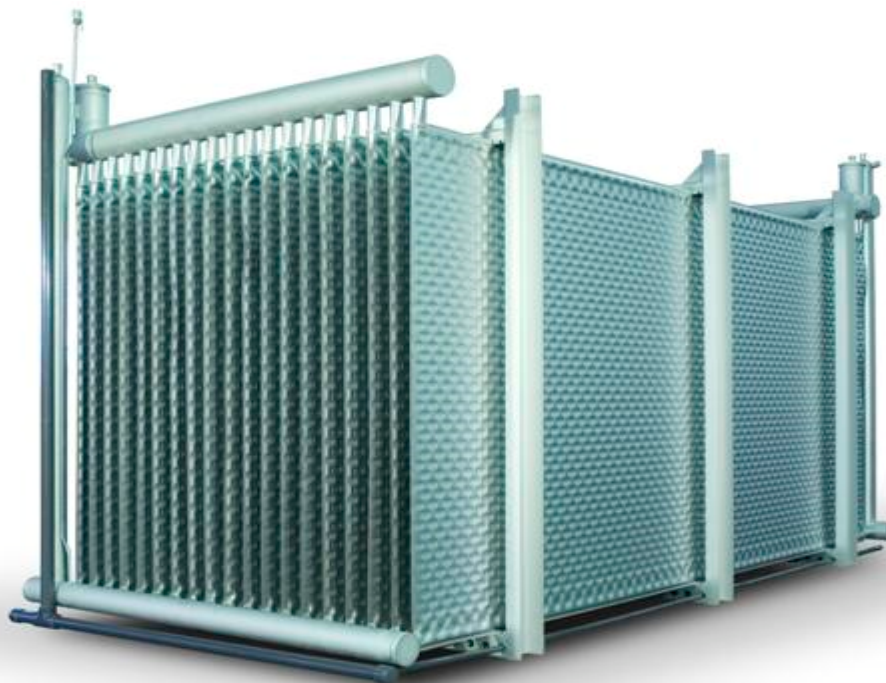




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ



ΦΛΩΡΟΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΚΙΜΩΝ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2010

Πρόλογος

Στη σύγχρονη εποχή όπου η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει αυξηθεί αρκετά, κρίνεται απαραίτητος ο κλιματισμός του χώρου εργασίας, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη απόδοση του εργατικού δυναμικού. Η χρήση των κλιματιστικών μηχανημάτων όμως, είναι αρκετά ενεργοβόρα και απαιτεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός των μεγάλων βιομηχανιών και των εμπορικών κέντρων όπου υπάρχουν μεγάλες κλιματιστικές μονάδες, άρα και πολύ ενεργοβόρες, τα τελευταία χρόνια παρατηρούμε μεγάλη αύξηση των κλιματιστικών που χρησιμοποιούνται σε οικιακούς χώρους. Έτσι τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η χρήση των κλιματιστικών αυξάνει, η ΔΕΗ έχει πρόβλημα στο να ανταπεξέρθει. Ειδικότερα τις μεσημεριανές ώρες όπου η ζήτηση φτάνει στο μέγιστο (peak). Τότε η ΔΕΗ αναγκάζεται να διακόψει την παροχή ρεύματος για λίγες ώρες σε κάποιες περιοχές, έτσι ώστε να μην υπερφορτωθεί το σύστημα παροχής ενέργειας. Επίσης για την κάλυψη των αναγκών η ΔΕΗ πρέπει να κατασκευάζει νέες μονάδες παραγωγής ενέργειας, οι οποίες έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής. Η χρήση παγολεκάνων όμως μπορεί να βοηθήσει σε αυτό το πρόβλημα. Με την χρήση παγολεκάνων γίνεται μετατόπιση των ψυκτικών φορτίων από ώρες υψηλής ζήτησης, σε ώρες χαμηλής ζήτησης. Με αυτό το τρόπο μειώνεται αισθητά το μέγιστο της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας στις ώρες αιχμής. Όμως η αγορά των παγολεκάνων έχει μεγάλο κόστος και για να πειστεί ο ιδιώτης και οι βιομηχανίες να τις εγκαταστήσουν πρέπει να υπάρχουν κάποια κίνητρα από την εταιρεία παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Το πιο σημαντικό από όλα τα κίνητρα είναι η προσφορά μειωμένου τιμολογίου κατά τις βραδυνές ώρες λειτουργίας των παγολεκάνων.

Θέμα της διπλωματικής είναι η μελέτη περίπτωσης εφαρμογής συστήματος κλιματισμού με παγολεκάνες σε κτίριο γραφείων. Γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων σε σχέση με την συμβατική περίπτωση κλιματισμού (χωρίς τη χρήση παγολεκάνων). Εφαρμόζονται διάφορα σενάρια χρήσης των παγολεκάνων, ξεκινώντας από την πλήρη αποθήκευση πάγου και καταλήγοντας σε διάφορες περιπτώσεις μερικής αποθήκευσης πάγου. Στο τέλος παραθέτονται τα οικονομικά στοιχεία για κάθε περίπτωση καθώς και τα έτη που απαιτούνται για την αποπληρωμή της δαπάνης.

Το συμπέρασμα το οποίο καταλήγουμε είναι ότι η χρήση παγολεκάνων συμφέρει κυρίως στην περίπτωση της πλήρους αποθήκευσης πάγου (24ωρης αδιάκοπης λειτουργίας). Ο χρόνος αποπληρωμής της δαπάνης είναι ελάχιστος και η συνεχής λειτουργία του ψύκτη μειώνει το κόστος συντήρησης, αφού ο ψύκτης λειτουργεί αδιάκοπα σε σταθερή ισχύς. Όμως για να κριθεί η όλη επένδυση συμφέρουσα πρέπει από την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας να υπάρχει συμφωνία για οικονομικό τιμολόγιο.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της. Αρχικά ευχαριστώ τον Καθηγητή του Ε.Μ.Π κ. Κ. Αντωνόπουλο για την ανάθεση του θέματος, την εποπτεία της εργασίας και την ουσιαστική συνδρομή του κατά την διεξαγωγή της. Επίσης τον κ. Α. Μπότζιο-Βαλασκάκη Μηχανολόγο Μηχανικό, απόφοιτο του Imperial College (Λονδίνο), για την πολύτιμη βοήθειά του.

Περιεχόμενα

1^ο Κεφάλαιο

1.1	Εισαγωγή.....	5
1.2	Ενεργειακή Πολιτική Ε.Ε.....	8
1.3	Εθνική Ενεργειακή Πολιτική.....	9

2^ο Κεφάλαιο

2	Βάση Λειτουργίας Συστημάτων Αποθήκευσης Ψύξης.....	10
2.1	Τρόποι αποθήκευσης ψυκτικής ενέργειας.....	11
2.1.1	Αποθήκευση Ψυχρού Ύδατος.....	11
2.1.2	Παγολεκάνες.....	14
2.1.3	Εύτηκτα Άλατα.....	17
2.2	Στρατηγικές Αποθήκευσης Ψύξης.....	18
2.3	Εποχιακή Διακύμανση Φορτίων.....	20
2.4	Σύγκριση των τεχνολογιών αποθήκευσης.....	20
2.5	Τρόποι Λειτουργίας.....	20

3^ο Κεφάλαιο

3	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Συστημάτων Αποθήκευσης Ψύχους.....	23
---	--	----

4^ο Κεφάλαιο

4	Εφαρμογή στην Ελλάδα – Κεντρικά Γραφεία ΑΒΑΞ.....	25
4.1	Παραγωγή Θέρμανσης και Ψύξης.....	26
4.2	Ηλεκτρικές και Θερμικές Εγκαταστάσεις.....	27
4.3	Προδιαγραφές και Χαρακτηριστικά Παγολεκάνων.....	29
4.4	Αποτελέσματα Προσομοίωσης Έτους.....	30
4.5	Τελική Ανάλυση.....	31

5^ο Κεφάλαιο

5	Αερολιμένας στη Μάλαγα – Ισπανία.....	32
5.1	Περιγραφή Κτιρίου.....	32
5.2	Θέρμανση, Ψύξη Και Εξαερισμός.....	33

5.3 Μονάδες Παραγωγής Θερμότητας και Ψύξης.....	33
5.4 Σύστημα Ελέγχου.....	36
5.5 Σχόλια για την Εγκατάσταση.....	36
5.6 Ενεργειακή Ανάλυση.....	37
5.7 Ενεργειακή Ανάλυση της Συμβατικής Λύσης.....	37

6° Κεφάλαιο

6 Εφαρμογή στην Πορτογαλία.....	38
6.1 Περιγραφή Κτιρίου.....	38
6.2 Κλιματισμός.....	39
6.3 Παραγωγή Θερμότητας και Ψύξης.....	40
6.4 Κεντρική Τεχνική Διαχείριση.....	42
6.5 Μονάδα Παραγωγής Ψύχους.....	43
6.6 Διανομή Αέρα – VAV (variable air volume).....	44
6.7 Ενεργειακή Ανάλυση.....	45
6.8 Ανάλυση της Συμβατικής Εναλλακτικής Λύσης.....	45
6.9 Αντίκτυπος από την απουσία των Παγολεκάνων.....	46

7° Κεφάλαιο

7 Περίπτωση Εφαρμογής.....	47
7.1 Παραδοχές Εφαρμογής.....	47
7.2 Διαδικασία Μελέτης.....	48
7.3 Εφαρμογή Αυγούστου.....	51
7.4 Εφαρμογή Απριλίου.....	59
7.5 Εφαρμογή Μαΐου.....	66
7.6 Εφαρμογή Ιουνίου.....	73
7.7 Εφαρμογή Ιουλίου.....	80
7.8 Εφαρμογή Σεπτεμβρίου.....	87
7.9 Εφαρμογή Οκτωβρίου.....	94
7.10 Οικονομικά Στοιχεία.....	101

Παράρτημα

- A. Βιβλιογραφία
- B. Τιμολόγιο ΔΕΗ

Κεφάλαιο 1°

1.1 Εισαγωγή

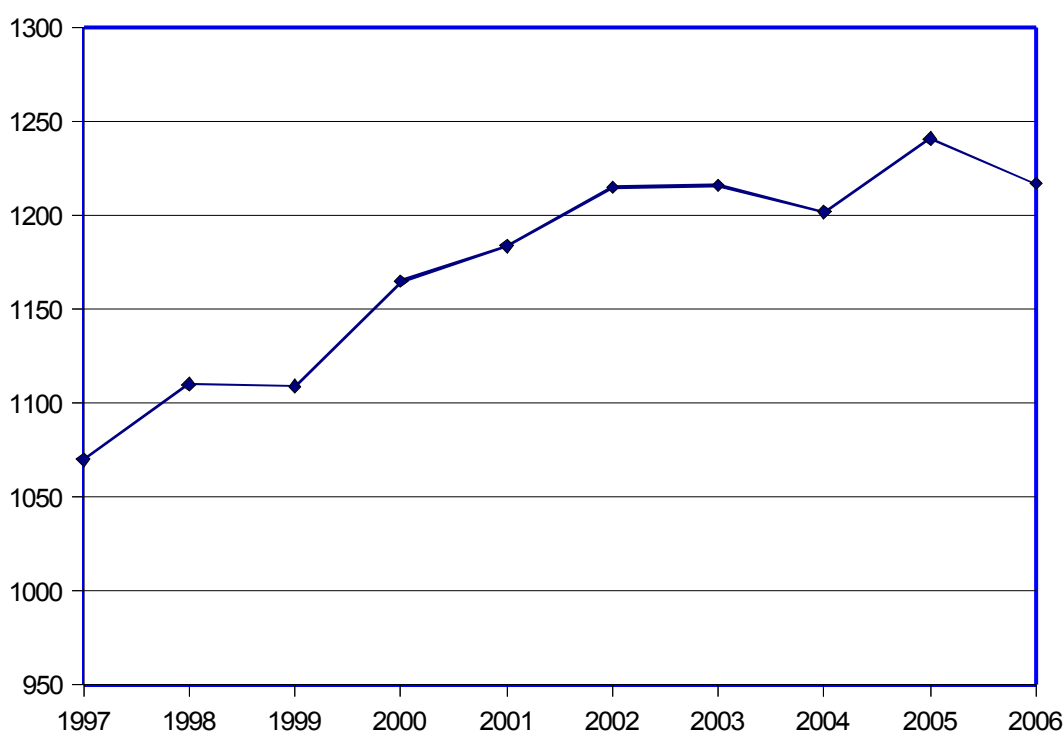
Ο όρος κλιματισμός χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών διαβίωσης και εργασίας για τον άνθρωπο σε εσωτερικούς χώρους. Υπάρχουν αναφορές για εφαρμογή κλιματισμού χώρου στην αρχαία Ρώμη όπως και στην μεσαιωνική Περσία, όπου νερό από υδραγωγείο χρησιμοποιήθηκε για την μείωση της θερμοκρασίας σε σπίτια.

Στη σύγχρονη εποχή αναπτύχθηκε η τεχνολογία δημιουργίας κλιματιστικών συστημάτων. Αρχικά οι κατασκευάστριες εταιρίες προσέφεραν στους καταναλωτές απλά μηχανήματα, τα οποία με τον πέρασμα των χρόνων εξελίχθηκαν σε πιο πολύπλοκα μηχανήματα. Ωστόσο τα κλιματιστικά μηχανήματα καταναλώνουν αρκετή ενέργεια, η οποία επιβαρύνει οικονομικά και τους καταναλωτές, αλλά και την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ).

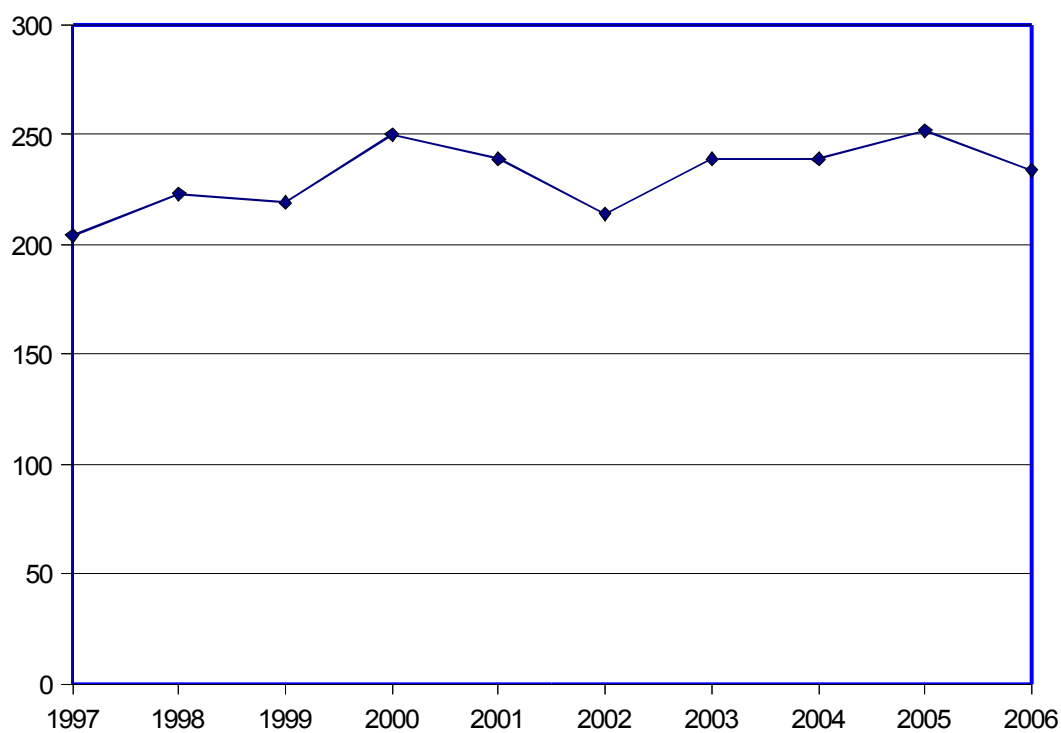
Συγκεκριμένα την τελευταία δεκαετία η κατανάλωση ενέργειας για συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού έχει αυξηθεί σημαντικά και σήμερα αναλογεί στο 25 με 45% της συνολικής ενέργειας στον τομέα αυτό, με την ψύξη του χώρου να καταλαμβάνει ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι.

Πιο αναλυτικά μπορούμε να δούμε την αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας. Μετά από έρευνα και συλλογή στοιχείων από την ιστοσελίδα του ΥΠ.ΑΝ. προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες όσων αφορά στην κατανάλωση ενέργειας. Αναφέρουμε ότι στον οριζόντιο άξονα είναι οι χρονολογίες και στον κάθετο 100 ΤΠΠ.

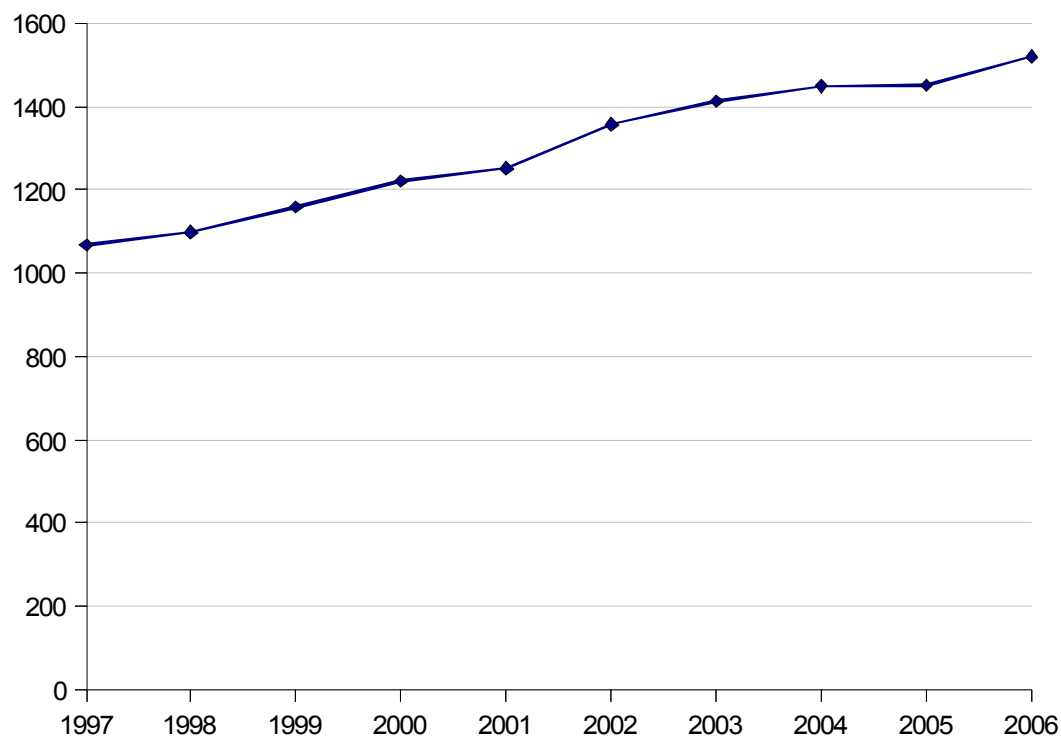
Πίνακας 1. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Βιομηχανία



Πίνακας 2. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας στον Αγροτικό Τομέα



Πίνακας 3. Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας στον Οικιακό Τομέα



Παρατηρούμε ότι η αύξηση στη κατανάλωση της ενέργειας είναι της τάξεως του 20% στη Βιομηχανία και στον Αγροτικό τομέα και 50% περίπου στον Οικιακό τομέα. Ποσοστό αρκετά μεγαλύτερο από τις άλλες δυο περιπτώσεις και που φανερώνει την μεγάλη αύξηση σε χρήση κλιματιστικών. Αυτό γίνεται περισσότερο αντιληπτό με τον παρακάτω πίνακα όπου βλέπουμε την ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο.

Πίνακας 4. Κατανάλωση Ενέργειας Ανά Κάτοικο (σε kWh)

1950	1960	1970	1980	1990	2000	2007
88	265	976	2106	2923	4113	4970

- Τα τελευταία είκοσι χρόνια η κατανάλωση έχει αυξηθεί περίπου κατά 70%.

Η ΔΕΗ για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών υποχρεούται να κατασκευάσει καινούργιες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν μεγάλο κόστος κατασκευής και αυξάνουν την εξάρτηση της χώρας σε εισαγωγές πετρελαίου και φυσικό αέριου, που εκτός των άλλων έχουν και σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Με την χρησιμοποίηση συστημάτων αποθήκευσης ψύχους δεν επιτυγχάνουμε μείωση στην κατανάλωση, αλλά μετατόπιση της κατανάλωσης σε ώρες όπου δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας (βραδινές). Με την μετατόπιση ηλεκτρικών φορτίων σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ενέργειας και ισχύος, η ΔΕΗ δεν χρειάζεται να αυξήσει την εγκαταστημένη ισχύ.

Για την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ψύξης σε οικιακούς και εργασιακούς χώρους θα πρέπει να δοθούν κάποια κίνητρα από τη ΔΕΗ. Λόγω του υψηλού κόστους αγοράς πρέπει από τη ΔΕΗ να προσφέρεται μειωμένο τιμολόγιο για την βραδινή κατανάλωση ενέργειας έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη μείωση στο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης με αποτέλεσμα την πιο γρήγορη αποπληρωμή της επένδυσης.

Άρα πέρα από το όφελος στη ΔΕΗ, τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας έχουν και οικονομικό όφελος για τον επενδυτή, αφού μετά την αποπληρωμή της επένδυσης, η οποία χρειάζεται συνήθως περίπου επτά με δέκα χρόνια, τα επόμενα χρόνια ο καταναλωτής θα κερδίζει σε κατανάλωση ενέργειας η οποία θα είναι πολύ πιο μικρή σε σχέση με την συμβατική περίπτωση κλιματισμού.

1.2 Ενεργειακή Πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Τα προβλήματα παραγωγής, μεταφοράς και χρήσης της ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, σε συνδυασμό με την αλματώδη αύξηση της ζήτησης στην Κίνα και Ινδία, τη μείωση των συμβατικών αποθεμάτων και την κλιματική αλλαγή δημιουργούν μεγάλη ανασφάλεια ως προς τον απρόσκοπτο ενεργειακό εφοδιασμό με αποτέλεσμα την ανεξέλεγκτη πορεία των τιμών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κάλεσε τα κράτη μέλη και τα όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αναλάβουν δράσεις για την ανάπτυξη βιώσιμης και ολοκληρωμένης Ευρωπαϊκής πολιτικής για το κλίμα και την ενέργεια, δηλαδή για την εξασφάλιση ανταγωνιστικής και καθαρής ενέργειας. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, εάν ένα Κράτος Μέλος δεν ανταποκριθεί στην πρόκληση αυτή, τα άλλα κράτη μέλη θα υποστούν τις συνέπειες. Εάν ανακύψουν προβλήματα εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης, αυτά μπορούν να έχουν αντίκτυπο στο σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο κάθε κράτος μέλος χρειάζεται μια ισχυρή ενεργειακή πολιτική. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η Ευρώπη χρειάζεται μία ισχυρή ενεργειακή πολιτική ώστε να μετατραπεί σε μία οικονομία υψηλής ενεργειακής απόδοσης με χαμηλές εκπομπές ρύπων, ικανή να αντιμετωπίσει τις κλιματικές αλλαγές, τη γεωπολιτική ρευστότητα και τις συνεχώς μεταβαλλόμενες παγκόσμιες οικονομικές ισορροπίες.

Ο κύριος στρατηγικός στόχος της νέας ευρωπαϊκής ενεργειακής πολιτικής είναι τα λεγόμενα τρία 20 ως το 2020, δηλαδή μείωση των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου κατά 20%, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% και αύξηση του ποσοστού διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο 20% της τελικής κατανάλωσης. Μέχρι το 2020 προβλέπεται επίσης συμμετοχή των βιοκαυσίμων στις μεταφορές σε ποσοστό 10%. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή σχεδιάζει τη σύνταξη και αναθεώρηση κάθε δύο χρόνια μιας Στρατηγικής Ενεργειακής Επισκόπησης, και βάσει αυτής να βελτιώνει και να επικαιροποιεί το σχετικό Σχέδιο δράσης. Εκκίνηση για αυτή τη διαδικασία αποτελούν τα Δέκα Μέτρα του Ευρωπαϊκού Ενεργειακού Σχεδίου Δράσης.

Τα δέκα μέτρα είναι τα εξής :

- Καλύτερη λειτουργία της Εσωτερικής Αγοράς Ενέργειας
- Ανάπτυξη αλληλεγγύης των κρατών-μελών για την περίπτωση ενεργειακών κρίσεων
- Βελτίωση του Κοινοτικού Μηχανισμού Εμπορίας Εκπομπών Αερίου του θερμοκηπίου
- Φιλόδοξο πρόγραμμα για μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε κοινοτικό, εθνικό τοπικό και διεθνές επίπεδο
- Αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Ανάπτυξη, βελτιστοποίηση και μείωση κόστους νέων ενεργειακών τεχνολογιών
 - Χρήση ορυκτών καυσίμων με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα
 - Ασφάλεια και προστασία της πυρηνικής ενέργειας
 - Ενεργειακή πολιτική με κοινούς στόχους για όλα τα κράτη μέλη
 - Βελτίωση της κατανόησης της Ευρωπαϊκής κοινής γνώμης ως προς το τι συμβαίνει στην Ευρώπη στους τομείς της ενεργειακής προσφοράς και ζήτησης.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένοι από τους στόχους του Ευρωπαϊκού Ενεργειακού Πακέτου είναι για πρώτη φορά δεσμευτικοί.(βλέπε [2])

1.3 Εθνική Ενεργειακή Πολιτική

Ο Μακροχρόνιος Ενεργειακός Σχεδιασμός, εξετάζει τις ενεργειακές ανάγκες της Χώρας, λαμβάνει υπόψη τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τις διεθνείς συνθήκες και συμβάσεις και καθορίζει τους βασικούς άξονες, που με τη σειρά τους προσδιορίζουν τους στόχους που πρέπει να υλοποιηθούν. Οι βασικοί άξονες γύρω από τους οποίους κινείται η Εθνική Ενεργειακή Στρατηγική είναι:

- Η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού με διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών και με παράλληλη ενδυνάμωση του γεωστρατηγικού ρόλου της χώρας στην ευρύτερη περιοχή.
- Η εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας
- Η προστασία του περιβάλλοντος και η Βιώσιμη Ανάπτυξη, στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων.
- Η συμβολή του Ενεργειακού Τομέα στην Παραγωγικότητα και Ανταγωνιστικότητα της Εθνικής Οικονομίας, στον Υγιή Ανταγωνισμό και στην Ισόρροπη Περιφερειακή Ανάπτυξη.

Ορισμένες από τις παραπάνω γενικές επιδιώξεις της Εθνικής Ενεργειακής Στρατηγικής έχουν ήδη μετατραπεί σε συγκεκριμένους αριθμητικούς και δεσμευτικούς για τη χώρα στόχους κατ' ακολουθία της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής. (Μείωση μέχρι το 2020 των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 4% σε σχέση με το 2005, για τις κατηγορίες εκτός πεδίου εφαρμογής των ETS, συμμετοχή των ΑΠΕ στην τελική χρήση ενέργειας κατά 18% για το 2020, και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20%).(βλέπε [2])

Αξίζει να αναφέρουμε ότι η χρησιμοποίηση των συστημάτων αποθήκευσης πάγου μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην εξοικονόμηση και ορθολογική χρήση της ενέργειας.

Κεφάλαιο 2°

Βάση Λειτουργίας Συστημάτων Αποθήκευσης Ψύξης

Η λειτουργία των συστημάτων αποθήκευσης ψύχους βασίζεται στην πρόσκαιρη αποθήκευση θερμικής ενέργειας χαμηλής θερμοκρασίας, κατά την διάρκεια των εκτός αιχμής ωρών και την απόδοσή της σε ώρες αιχμής, όταν και η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο υψηλή. Με αυτό τον τρόπο μειώνουμε το κόστος εκμετάλλευσης και μετατοπίζουμε το ηλεκτρικό φορτίο.

Αν παρατηρήσουμε ένα τυπικό ημερήσιο προφίλ ψυκτικών φορτίων, για παράδειγμα σε ένα κτίριο γραφείων, θα διαπιστώσουμε ότι υπάρχει διακύμανση, ενώ το μέγιστο φορτίο συνήθως παρατηρείται μόνο για κάποιες ώρες μεταξύ 1-4 μ.μ., όπου η εξωτερική θερμοκρασία είναι μέγιστη.

Η επιλογή του ψύκτη γίνεται βάσει του μέγιστου ψυκτικού φορτίου, οπότε ο ψύκτης θα λειτουργεί στην ονομαστική ισχύ μόνο για 1-2 ώρες από τις συνολικές ώρες λειτουργίας του, που συνήθως είναι 10-12 την ημέρα. Τις υπόλοιπες ώρες θα αποδίδει μικρότερη ισχύ από την ονομαστική. Γίνεται φανερό ότι δεν εκμεταλλευόμαστε τον ψύκτη με τον καλύτερο τρόπο καθώς λειτουργεί μόνο για 10-12 ώρες το 24ωρο, κατά τις οποίες μάλιστα λειτουργεί σε μικρότερη ισχύ από την ονομαστική. Ένας τρόπος καλύτερης εκμετάλλευσης του ψύκτη σε μία εγκατάσταση κλιματισμού είναι η χρησιμοποίηση συστήματος αποθήκευσης ψύχους.

Αντί λοιπόν να έχουμε έναν ψύκτη μεγάλης ισχύος που θα λειτουργεί 10-12 ώρες την ημέρα, χρησιμοποιούμε έναν μικρότερης ισχύος ο οποίος θα λειτουργεί ως εξής : Κατά την περίοδο της ημέρας όπου υπάρχει ευνοϊκό τιμολόγιο της ηλεκτρικής ενέργειας (βραδυνές ώρες), θα αποθηκεύουμε ψυκτική ενέργεια την οποία θα χρησιμοποιούμε τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου για να καλύψουμε το ψυκτικό φορτίο.

Δηλαδή μετατοπίζουμε μέρος ή ολόκληρο το ηλεκτρικό φορτίο από τις ώρες αιχμής σε ώρες χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο νέος ψύκτης σε σχέση με την συμβατική περίπτωση θα λειτουργεί περισσότερες ώρες την ημέρα και με μικρότερη ισχύς η οποία όμως θα είναι κοντά στην ονομαστική του. Άρα ο ψύκτης θα έχει καλύτερη απόδοση.

Ο ψύκτης όταν φτιάχνει πάγο λειτουργεί υπό διαφορετικές συνθήκες (χαμηλότερη θερμοκρασία περιβάλλοντος) σε σχέση με την περίπτωση που καλύπτει απευθείας τα ψυκτικά φορτία. Δηλαδή, όταν ο νέος ψύκτης λειτουργεί με σκοπό να αποθηκεύσει ψυκτική ενέργεια (θερμοκρασία περιβάλλοντος 25° C) θα έχει μειωμένη ισχύ κατά 20 – 30 C σε σχέση με τον αντίστοιχο ψύκτη νερού που καλύπτει απευθείας τα ψυκτικά φορτία στη συμβατική περίπτωση (θερμοκρασία περιβάλλοντος 35 C). Όσο αφορά τον βαθμό απόδοσης, η αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας γίνεται τις νυχτερινές ώρες όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι αρκετά χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της ημέρας,

οπότε ο βαθμός απόδοσης είναι μεγαλύτερος. Όμως λόγω της προσθήκης γλυκόλης ο βαθμός απόδοσης πέφτει, επομένως ο βαθμός απόδοσης είναι λίγο μεγαλύτερος από την συμβατική περίπτωση.(βλέπε [3])

2.1 Τρόποι αποθήκευσης ψυκτικής ενέργειας

Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε τους διάφορους τρόπους αποθήκευσης ψυκτικής ενέργειας. Ως μέσο αποθήκευσης ψυκτικής ενέργειας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ψυχρό νερό, πάγο ή διάφορα μίγματα εκτός από το νερό. Πολλά υλικά έχουν μελετηθεί στα εργαστήρια για αυτό τον σκοπό αλλά χωρίς ιδιαίτερη επιτυχία. Για εγκαταστάσεις κλιματισμού το νερό είναι το επικρατέστερο μέσο αποθήκευσης.

Η ψυκτική ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί με τους εξής τρόπους:

- Αποθήκευση ψυχρού ύδατος.
- Παγολεκάνες
- Εύτηκτα Άλατα

2.1.1 Αποθήκευση Ψυχρού Ύδατος

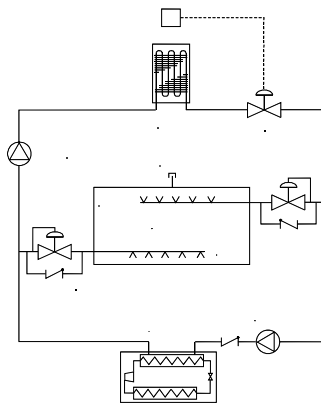
Τα συστήματα αποθήκευσης ψυχρού ύδατος χρησιμοποιούν την αισθητή ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού ($4.18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$), τη μεγαλύτερη μεταξύ των κοινών υλικών, προκειμένου να αποθηκεύσουν ενέργεια. Αυτή η τεχνολογία γίνεται σημαντικά αποδοτικότερη όσον αφορά το κόστος, με τη χρήση μεγαλύτερου μεγέθους δεξαμενών.

Περισσότερο οικονομική γίνεται η αποθήκευση ψυχρού ύδατος για εφαρμογές που απαιτούν αποθήκευση περισσότερων από 7000 kWh , ή περίπου 760 m³. Ένα σύστημα αποθήκευσης ψυχρού ύδατος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αποθήκη νερού για πυροπροστασία και επίσης σαν δεξαμενή θερμού ύδατος το χειμώνα.

Το κρίσιμο θέμα γι' αυτήν την τεχνολογία είναι το γεγονός ότι το ποσό της αποθηκευμένης ψυκτικής ενέργειας εξαρτάται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του ψυχρού ύδατος που είναι αποθηκευμένο στη δεξαμενή και του θερμού ύδατος επιστροφής από το φορτίο. Η διαφοροποίηση μεγιστοποιείται, μεγιστοποιώντας τη θερμοκρασία του νερού επιστροφής, ελαχιστοποιώντας τη θερμοκρασία αποθήκευσης (του νερού) και εμποδίζοντας το θερμό νερό επιστροφής να αναμιχθεί με το ψυχρό(κρύο) αποθηκευμένο νερό. Τα συστήματα αποθήκευσης επιτυγχάνουν αυτόν το διαχωρισμό με μια από τις παρακάτω μεθόδους:

A. Δεξαμενές αποθήκευσης ψυχρού ύδατος με φυσική στρωμάτωση (Natural stratified chilled water storage tanks)

Είναι τα συστήματα τα οποία βασίζονται στη φυσική τάση του νερού να δημιουργεί οριζόντια στρώματα ή θερμοκρασιακές ζώνες με βάση την πυκνότητά του. Καθώς το νερό ψύχεται κάτω από αυτό το σημείο, γίνεται λιγότερο πυκνό, μέχρι να παγώσει. Κατά τη διάρκεια του κύκλου φόρτισης, κρύο νερό από τον ψύκτη εισέρχεται στη δεξαμενή μέσω διαχυτήρων από το κάτω μέρος της δεξαμενής ενώ θερμό νερό εξέρχεται από τη δεξαμενή από το πάνω μέρος. Η ροή του νερού αντιστρέφεται κατά τη διάρκεια της αποφόρτισης. Με έναν κατάλληλα σχεδιασμένο ραντιστήρα το νερό εισέρχεται και εξέρχεται από τη δεξαμενή. Καλά σχεδιασμένα συστήματα μπορούν να μεταφέρουν το 85 με 95% της αποθηκευμένης ενέργειας σαν ωφέλιμη ψύξη. Η αποθήκευση ψυχρού ύδατος με φυσική στρωμάτωση αναγνωρίζεται γενικά, ως ο απλούστερος, περισσότερο αποδοτικός, και πιο οικονομικός τρόπος αποθήκευσης ψυχρού ύδατος.

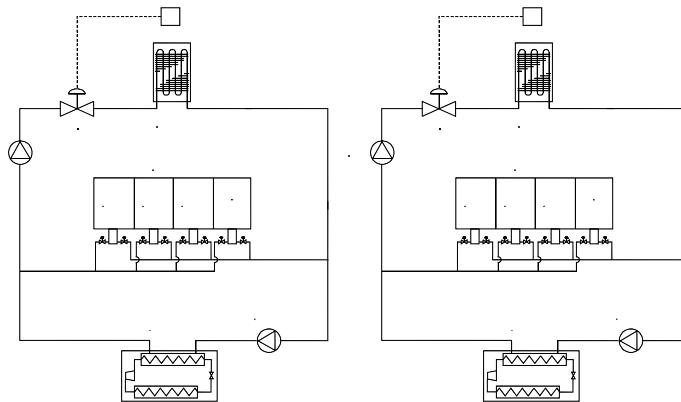


Σχήμα 1. Σύστημα αποθήκευσης ψυχρού ύδατος με φυσική στρωμάτωση

B. Πολλαπλών δεξαμενών ή άδειας δεξαμενής (Multy tank or empty tank)

Τα συστήματα αυτά διαχωρίζουν το θερμό και το ψυχρό νερό αποθηκεύοντας το καθένα σε ξεχωριστές δεξαμενές. Ο σχεδόν ολοκληρωτικός διαχωρισμός επιτρέπει στο αποθηκευμένο νερό να μεταφέρεται στο φορτίο σε μια σταθερή, ομοιόμορφη θερμοκρασία. Ένα άδειο σύστημα δεξαμενών αποτελείται από δύο ή περισσότερες δεξαμενές, μία από τις οποίες είναι πάντοτε άδεια στην αρχή του κύκλου φόρτισης.

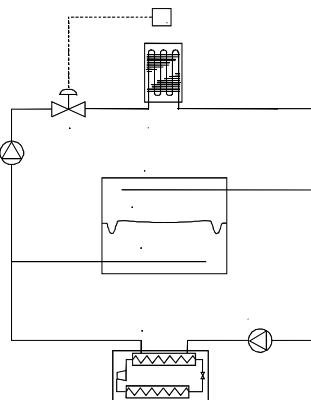
Κατά τη διάρκεια της αποφόρτισης, αποσύρεται αποθηκευμένο ψυχρό νερό, προκειμένου να καλύψει το ψυκτικό φορτίο και θερμό νερό επιστροφής προωθείται με αντλία στην άδεια δεξαμενή.



Σχήμα 2. Σύστημα πολλαπλών δεξαμενών

Γ. Μembrάνη ή διάφραγμα.

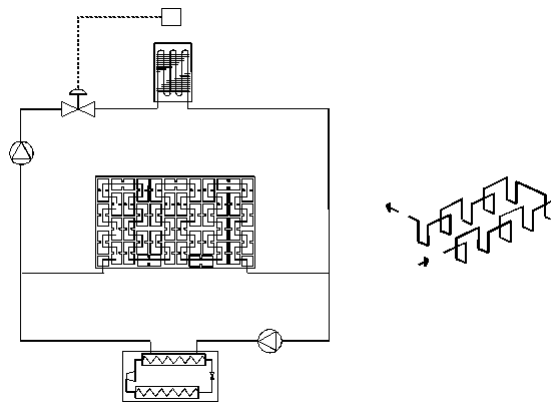
Η διάταξη αυτή χρησιμοποιεί μια άκαμπτη μεμβράνη ή ένα άκαμπτο μετακινούμενο διάφραγμα τοποθετημένο μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης προκειμένου να διατηρήσει το διαχωρισμό χωρίς ανάμιξη του ψυχρού και του θερμού νερού, χωρίς τη χρήση ραντιστών. Η μεμβράνη ή το διάφραγμα μετακινείται πάνω και κάτω καθώς η δεξαμενή γεμίζει ή αδειάζει.



Σχήμα 3 - Σύστημα Διαφράματος

Δ. Λαβύρινθοι και καθρέφτες (Labyrinth and Baffle)

Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν το διαχωρισμό του χώρου αποθήκευσης σε πολλαπλά τμήματα, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους με μερικά τοιχώματα.

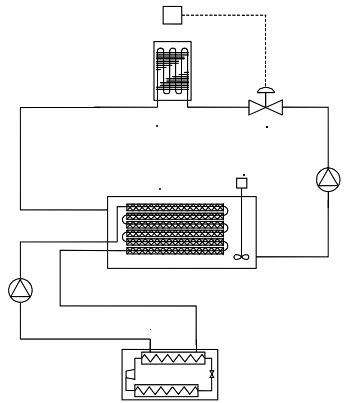


Σχήμα 4. Σύστημα Λαβύρινθοι και καθρέφτες

2.1.2 Παγολεκάνες

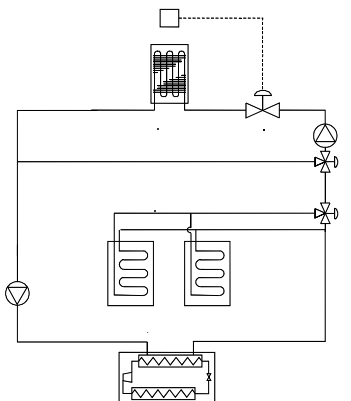
Η αποθήκευση ψυκτικής ενέργειας σε μορφή πάγου, κάνει χρήση της λανθάνουσας θερμότητας τήξης του νερού, 335 kJ/kg στους 0°C. Μπορεί να επιτευχθεί μείωση του όγκου αποθήκευσης μέχρι και 25% σε σύγκριση με εκείνου που απαιτείται αν χρησιμοποιηθεί αποθήκευση ψυχρού νερού για το ίδιο ποσό ενέργειας που αποθηκεύεται. Προκειμένου να αποθηκευθεί η ενέργεια, ο εξοπλισμός (η εγκατάσταση) ψύξης θα πρέπει να διαθέτει ψυκτικό υγρό σε θερμοκρασίες από -12 ως -5 °C. Το ρευστό μετάδοσης της θερμότητας που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του πάγου, θα μπορούσε να είναι ένα ψυκτικό ή ένα δευτερεύον ψυκτικό υγρό, όπως η γλυκόλη ή κάποιο άλλο αντι-ψυκτικό διάλυμα. Στις εφαρμογές αποθήκευσης πάγου συνήθως χρησιμοποιείται διάλυμα 25% αιθυλενογλυκόλης (ethylene glycol) σε νερό. Το κύκλωμα της γλυκόλης, (glycol loop) μπορεί να σταματήσει με τη χρήση ενός εναλλάκτη, ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του συστήματος κλιματισμού, ο οποίος εμποδίζει την κυκλοφορία της γλυκόλης σε ολόκληρο το σύστημα διανομής.(βλέπε [3]) Οι τεχνολογίες αποθήκευσης μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- 1) **Επιφανειακή τήξη πάγου σε σερπαντίνα (External melt ice-on-coil):** ο πάγος δημιουργείται πάνω σε εμβαπτισμένους σωλήνες ή αυλούς, μέσα στους οποίους ένα ψυκτικό υγρό κυκλοφορεί. Η ψύξη αποδίδεται με την κυκλοφορία του νερού που περιβάλλει τους σωλήνες πάγου, λιώνοντας τον πάγο από την εξωτερική του επιφάνεια. Ένας αναπνευστήρας αυξάνει τη μετάδοση θερμότητας.



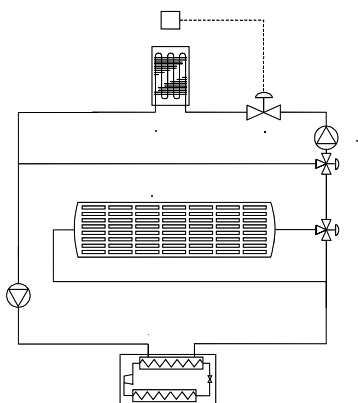
Σχήμα 5. Σύστημα εξωτερικής τήξης

- 2) **Εσωτερική τήξη πάγου σε σερπαντίνα (Internal melt ice-on-coil):** ο πάγος δημιουργείται σε εμβαπτισμένους σωλήνες ή αυλούς όμοιους με αυτούς του συστήματος εξωτερικής τήξης. Η ψύξη αποδίδεται μέσω της κυκλοφορίας ψυκτικού υγρού μέσα από τους σωλήνες, τήκοντας έτσι τον πάγο από την εσωτερική του επιφάνεια.



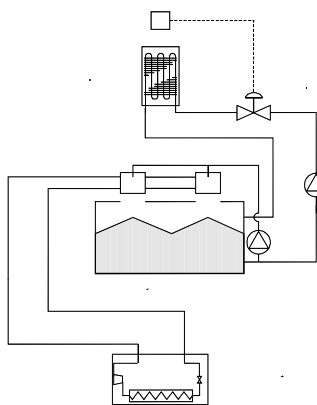
Σχήμα 6. Σύστημα εσωτερικής τήξης

- 3) **Εγκλωβισμένος πάγος (Encapsulated Ice)**: νερό, μέσα σε πλαστικά εμβαπτισμένα δοχεία (σφαιρικά ή ορθογώνια) παγώνει και καθώς κρύο ή θερμό ψυκτικό κυκλοφορεί μέσα στη δεξαμενή που περιέχει τα δοχεία. Όταν χρησιμοποιούνται ανοικτές δεξαμενές, απαιτείται κάποια εσχάρα ή ένα φράγμα συγκράτησης, το οποίο να διατηρεί βυθισμένα τα παγωμένα δοχεία.



Σχήμα 7. Σύστημα εγκλωβισμένου πάγου

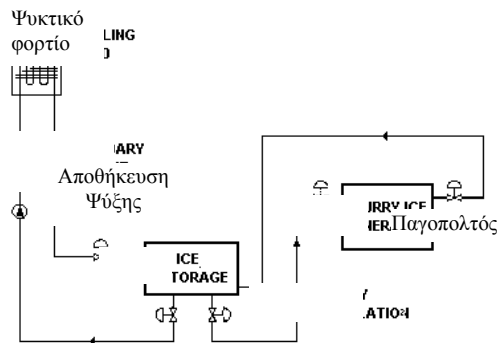
- 4) **Θρυμματοποίηση πάγου**: ο πάγος δημιουργείται πάνω στην επιφάνεια ενός εξατμιστή και περιοδικά αποδεσμεύεται σε μια δεξαμενή γεμάτη με νερό. Απαιτείται αρκετός ελεύθερος χώρος πάνω από τη δεξαμενή ώστε να τοποθετηθεί το συγκρότημα του εξατμιστή.



Σχήμα 8. Σύστημα θρυμματοποίησης πάγου

- 5) **Παγο-πολτός (ice slurry)**: σε αυτό το σύστημα ένα διφασικό διάλυμα γλυκόλης και νερού κυκλοφορεί μέσα από έναν εξατμιστή. Ένας πολτός κρυστάλλων ή πάγου σχηματίζεται στον εξατμιστή και προωθείται με αντλία για αποθήκευση. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των

συστημάτων παγοπολλτού (slurry) είναι ότι το σημείο πήξης του υγρού είναι ενδεικτικό της ποσότητας του πάγου που έχει αποθηκευτεί. Καθώς περισσότερος πάγος σχηματίζεται, η συγκέντρωση της γλυκόλης στο υπόλοιπο υγρό αυξάνει, ελαττώνοντας το σημείο πήξης. Υπάρχουν διεθνώς μόνο λίγες τέτοιες εγκαταστάσεις.

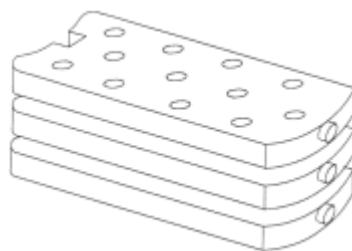


Σχήμα 9. Σύστημα παγο-πολλτού

2.1.3 Εύτηκτα άλατα (Eutectic Salts)

Τα υλικά αυτά, τα οποία περιλαμβάνονται σε μια ομάδα ουσιών, καλούνται γενικά ΥΜΦ (υλικά μεταβαλλόμενης φάσης) και αποτελούν ένα τμήμα της διαδικασίας λανθάνουσας θερμότητας τήξης. Τα εύτηκτα άλατα λιώνουν σε ένα συγκεκριμένο σημείο τήξης και διατηρούν την ίδια σύνθεση στη στερεά και στην υγρή φάση. Το υλικό εγκλωβίζεται μέσα σε ορθογώνια πλαστικά δοχεία, τα οποία στοιβάζονται μέσα σε μια δεξαμενή αποθήκευσης, μέσα στην οποία κυκλοφορεί νερό.

Ο πιο συνηθισμένος συνδυασμός είναι ένα μείγμα από ανόργανα άλατα (ιδίως θειούχο νάτριο), νερό και καταλύτες σύζευξης και σταθεροποίησης, το οποίο τήκεται και ψύχεται σε μια σταθερή θερμοκρασία γύρω στους 8,3°C (τροποποιημένο εύτηκτο άλας του Glaubert). Το υλικό αυτό δε διογκούται, δε συστέλλεται ούτε επιπλέει ή μετατοπίζεται όταν αλλάζει φάση και καθώς το υλικό δεν επιπλέει γιατί η πυκνότητά του είναι 1,5 φορά αυτή του νερού, οι μονάδες εύτηκτου άλατος δεν μετακινούνται ή μετατοπίζονται μέσα στη δεξαμενή κατά τη διάρκεια της πήξης και της τήξης.



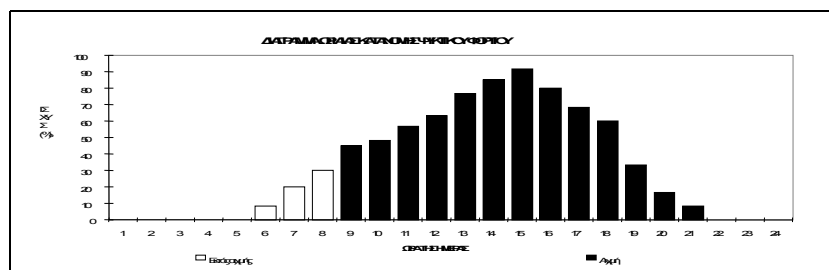
Σχήμα 10. Σύστημα εύτηκτου άλατος

Με αυτή την τεχνολογία είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί συμβατικός εξοπλισμός ψύξης σε τυποποιημένες θερμοκρασίες και νερό σαν δευτερεύον ψυκτικό. Η πιο συνηθισμένη προσέγγιση είναι αυτή όπου το υλικό που υφίσταται την αλλαγή φάσης βρίσκεται μέσα σε εμβαπτισμένα δοχεία, όμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση της τεχνολογίας εγκλωβισμένου πάγου. Ο όγκος αποθήκευσης είναι 33% του αντίστοιχου στην αποθήκευση ψυχρού ύδατος για την ίδια ποσότητα αποθηκευμένης ενέργειας, αλλά είναι μεγαλύτερος από το χώρο που χρειάζεται στην αποθήκευση πάγου. (βλέπε [3])

2.2 Στρατηγικές Αποθήκευσης Ψύξης

Οι στρατηγικές που υιοθετούνται στα πλαίσια της λειτουργίας των συστημάτων αποθήκευσης ψύξης, ουσιαστικά αποσκοπούν στο να συσχετίσουν τη λειτουργία των συστημάτων αυτών με το χρονικό πλαίσιο των προγραμματισμένων αναγκών ψύξης, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της ενέργειας που αντιστοιχεί σε κάθε τιμολογική περίοδο.

Προκειμένου να απλοποιήσουμε την ανάλυσή μας, θα θεωρήσουμε μόνο διακριτές τιμολογιακά περιόδους: τις ώρες αιχμής και τις ώρες εκτός αιχμής. Έχουν δημιουργηθεί στρατηγικές λειτουργίας για δύο βασικές λύσεις αποθήκευσης ψύξης – την **πλήρη αποθήκευση** και την **μερική αποθήκευση**, λαμβάνοντας ως δεδομένη μια υποθετική εγκατάσταση με ανάγκες ψύξης όπως φαίνονται παρακάτω.

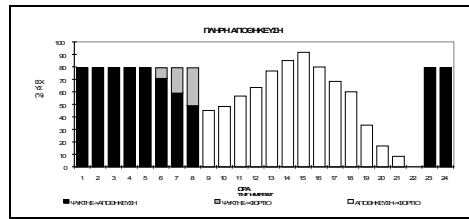


Σχήμα 11. Διάγραμμα ωριαίας κατανομής ψυκτικού φορτίου

Στις λύσεις **πλήρους αποθήκευσης** τα συστήματα αποθήκευσης ψύξης διαστασιοποιούνται έτσι ώστε να μπορούν να καλύψουν τις συνολικές ανάγκες ψύξης του κτιρίου κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής ενώ ο εξοπλισμός αποθήκευσης φορτίζεται κατά τη διάρκεια των εκτός αιχμής ωρών. Η στρατηγική αυτή μειώνει αφενός την ανάγκη για πολύ μεγάλες απαιτήσεις ισχύος και αφετέρου το κόστος ενέργειας, καθώς η κατανάλωση μετατοπίζεται από τις ώρες αιχμής στις ώρες εκτός αιχμής με τα συνακόλουθα οικονομικά οφέλη. Αλλά απαιτεί μια αυξημένη εγκατεστημένη χωρητική ικανότητα του συστήματος αποθήκευσης και κατά συνέπεια, μεγαλύτερο κόστος

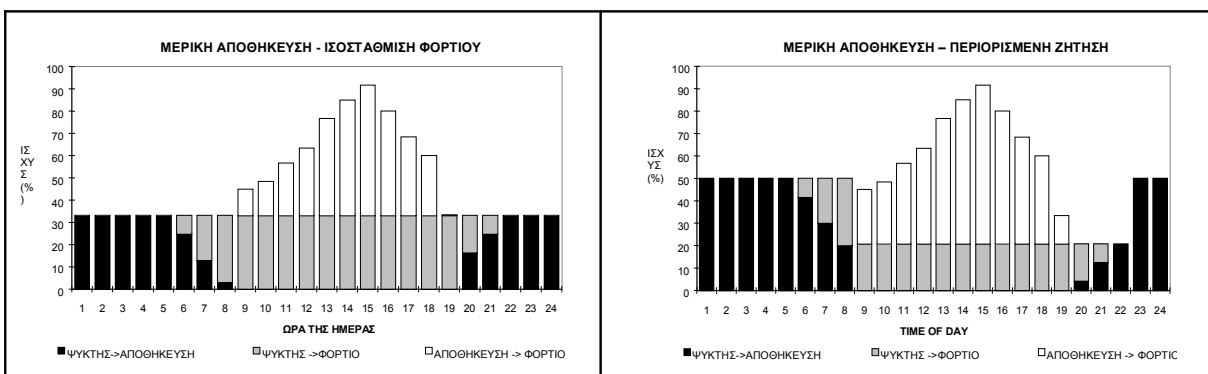
εφαρμογής και περισσότερο χώρο για την εγκατάσταση των δεξαμενών αποθήκευσης.

Επομένως αυτή η στρατηγική συστήνεται συνήθως για κτίρια με μεγάλο κόστος ενέργειας και ισχύος κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής και/ή με σχετικά μικρές περιόδους αιχμής.



Σχήμα 12. Πλήρης αποθήκευση.

Στις λύσεις **μερικής αποθήκευσης** η αποθηκευμένη ενέργεια καλύπτει μέρος μόνο των αναγκών ψύξης κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, ενώ η υπόλοιπη ζήτηση καλύπτεται με τη χρήση των ψυκτών. Η λύση αυτή έχει μικρότερες απαιτήσεις αποθήκευσης και ψυκτικής ικανότητας από τους ψύκτες, έχει θετική επίδραση στο αντίστοιχο κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής, αλλά δεν αφήνει περιθώρια για σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους. Η στρατηγική αυτή μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να περιλαμβάνει δυο ιδιαίτερους τρόπους λειτουργίας των ψυκτών: **με βάση την ισοστάθμιση του φορτίου (load levelling)**, όπου οι ψύκτες λειτουργούν στην ίδια ισχύ όλες τις ώρες της ημέρας και **με βάση τον περιορισμό της ζήτησης**, όπου οι ψύκτες λειτουργούν σε χαμηλότερη ισχύ κατά τη διάρκεια των ωρών αιχμής, προκειμένου να διατηρήσουν το επίπεδο ζήτησης της εγκατάστασης κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. (βλέπε [3])



Σχήμα 13.

Σχήμα 14.

Μερική αποθήκευση-ισοστάθμιση φορτίου Μερική αποθήκευση-περιορισμός ζήτησης

2.3 Εποχιακή διακύμανση φορτίων

Αν παρατηρείται μεγάλη εποχιακή διακύμανση των ψυκτικών φορτίων μπορούμε να έχουμε ολική αποθήκευση όταν η απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια είναι μικρή (τον Απρίλιο, Μάιο και τον Σεπτέμβριο) και μερική αποθήκευση όταν η απαιτούμενη ψυκτική ενέργεια είναι μεγάλη (τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο). Με αυτόν τον τρόπο η εγκατάσταση γίνεται αποδοτικότερη. (βλέπε [3])

2.4 Σύγκριση των τεχνολογιών αποθήκευσης

Τα συστήματα αποθήκευσης ψυχρού ύδατος και εύτηκτου άλατος χρησιμοποιούν τους τυπικούς ψύκτες ύδατος που λειτουργούν στις συμβατικές θερμοκρασίες των συστημάτων κλιματισμού. Αυτές οι τεχνολογίες αποθήκευσης γενικά εφαρμόζονται σε συστήματα με σχετικά μεγάλα ψυκτικά φορτία, όπου συνήθως χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικοί ψύκτες.

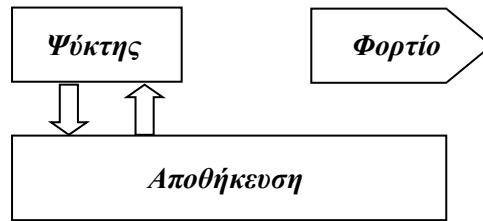
Οι τεχνολογίες του εσωτερικά τηκόμενου πάγου σε σωλήνες, του εγκλωβισμένου πάγου και σε μερικές περιπτώσεις του εξωτερικά τηκόμενου πάγου σε σερπαντίνα χρησιμοποιούν συγκροτήματα ψυκτών, τα οποία επιλέγονται για να ψύξουν δευτερεύοντα ψυκτικά υγρά σε θερμοκρασίες δημιουργίας πάγου. Σε αυτές τις τεχνολογίες τυπικά χρησιμοποιούνται ψύκτες με εμβολοφόρους, κοχλωτούς ή σπειροειδής συμπιεστές, εξοπλισμένους με πίνακες αυτοματισμού "διπλής ψύξης".

Τα συστήματα θρυμματοποίησης πάγου χρησιμοποιούν ετοιμοπαράδοτα ή συνθετημένα ψυκτικά συγκροτήματα με ειδικά σχεδιασμένα τμήματα εξατμιστών για τη δημιουργία και θρυμματοποίηση πάγου. Συστήματα εξωτερικής τήξης πάγου μπορούν, επίσης, να εγκατασταθούν με συνθετημένες ψυκτικές μονάδες, όπου το ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται ως το εργαζόμενο μέσο. (βλέπε [3])

2.5 Τρόποι λειτουργίας

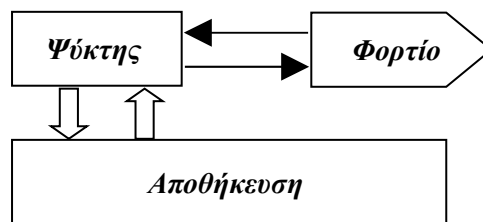
Οι πιθανοί τρόποι λειτουργίας για μια ψυκτική μονάδα με ένα σύστημα αποθήκευσης είναι οι ακόλουθοι πέντε:

- 1) **Φόρτιση Συστήματος αποθήκευσης:** στο οποίο οι ψύκτες παράγουν ψύξη μόνο για το σύστημα αποθήκευσης, λειτουργώντας στην ονομαστική τους ισχύ κατά τη διάρκεια των εκτός-αιχμής ωρών του συστήματος τιμολόγησης ηλεκτρισμού. Η κατάσταση αυτή δημιουργείται όταν το κτίριο δεν αποσχολείται και δεν υπάρχουν ανάγκες ψύξης.



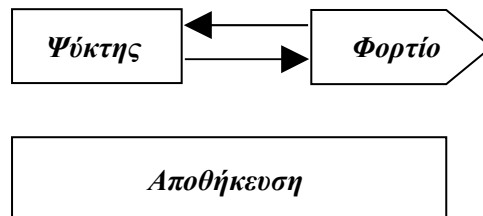
Σχήμα 15. Σύστημα αποθήκευσης φόρτισης

- 2) **Ταυτόχρονη φόρτιση αποθήκευσης και ψύξη υπάρχοντος φορτίου:** η ισχύς που παράγεται από τους ψύκτες χρησιμοποιείται για να ικανοποιήσει τις ανάγκες ψύξης του κτιρίου και η εναπομένουσα ψυκτική ισχύς χρησιμοποιείται στη φόρτιση του συστήματος αποθήκευσης.



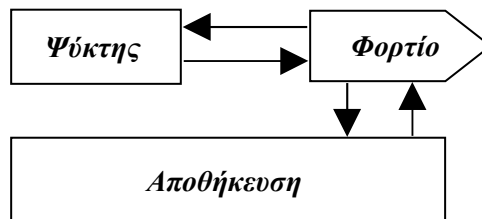
Σχήμα 16. Σύστημα φόρτιση αποθήκευσης και ψύξη υπάρχοντος φορτίου

- 3) **Ψύξη υπάρχοντος φορτίου:** οι ψύκτες λειτουργούν μόνο προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες ψύξης του κτιρίου.



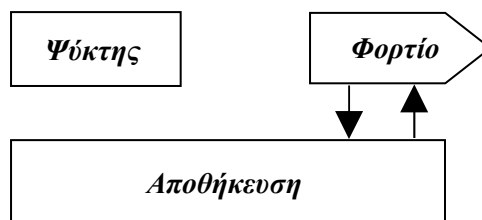
Σχήμα 17. Ψύξη υπάρχοντος φορτίου

- 4) **Αποφόρτιση συστήματος αποθήκευσης και ψύξη υπάρχοντος φορτίου:** γενικότερα συμβαίνει κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής στη λειτουργία του κτιρίου, όπου απαιτείται να λειτουργούν και τα δύο συστήματα, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες ψύξης.



Σχήμα 18. Αποφόρτιση συστήματος αποθήκευσης και ψύξη υπάρχοντος φορτίου

- 5) **Αποφόρτιση αποθήκευσης:** κατάσταση στην οποία οι ανάγκες ψύξης του κτιρίου ικανοποιούνται αποκλειστικά από το σύστημα αποθήκευσης.



Σχήμα 19. Αποφόρτιση συστήματος αποθήκευσης

Κεφάλαιο 3°

Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των συστημάτων αποθήκευσης ψύχους

Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας, χάρη στα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της και τους τρόπους λειτουργίας της, παρουσιάζει γι' αυτόν που την εφαρμόζει πλήστα πλεονεκτήματα, τα σημαντικότερα των οποίων αναφέρονται παρακάτω :

- 1) Αύξηση της απόδοσης του ψύκτη που οφείλεται στην επιλεκτική λειτουργία του σε ονομαστικά επίπεδα ισχύος, κάτι το οποίο συνεισφέρει επίσης, στη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης. Επιλεκτική λειτουργία των ψυκτών κατά τη διάρκεια της νύχτας επιφέρει μια αύξηση του συντελεστή απόδοσης. Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί ανάλογα με τη βελτιστοποίηση της εγκατάστασης και του είδους της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται. Παρόλα αυτά όμως, βλέπε επίσης και το πρώτο μειονέκτημα.
- 2) Μείωση της παραγωγής ψυκτικής ισχύος και του συντελεστή ταυτοχρονισμού με τον υπόλοιπο εξοπλισμό, που οδηγεί στη μείωση της συνολικής ζήτησης (ηλεκτρικής) ισχύος της εγκατάστασης.
- 3) Η πιθανότητα χρήσης μεγάλου ΔT - όταν χρησιμοποιηθούν οι παγολεκάνες- επιτρέποντας μικρότερες παροχές και επομένως μικρότερες απώλειες τριβής, δίνοντας έτσι την δυνατότητα για μικρότερης διαμέτρου σωληνώσεις και υδραυλικά. Επιπροσθέτως, μπορεί να γίνει εκμετάλλευση του ψυχρού αέρα διανομής.
- 4) Μικρότερο λειτουργικό κόστος από τη μείωση των εξόδων ηλεκτρικού ρεύματος τόσο όσον αφορά το κομμάτι της ζήτησης όσο και της ποσότητας της ενέργειας. Καθώς η ζήτηση ισχύος μικραίνει, μικραίνει και η συνημμένη ισχύς. Οι τιμές κόστους μειώνονται περαιτέρω από το γεγονός ότι οι ανάγκες ηλεκτρισμού μπορούν να προγραμματισθούν για φθηνότερες, εκτός αιχμής, ώρες.
- 5) Μείωση της επίδρασης του θορύβου από τη σταθερότητα της λειτουργίας.
- 6) Συνεισφορά σε συνθήκες καλύτερης εκμετάλλευσης του εθνικού συστήματος ηλεκτρισμού από βελτίωση της καμπύλης κατανομής του φορτίου.
- 7) Οι δεξαμενές ψυχρού ύδατος μπορούν να αποτελέσουν μια χρήσιμη αποθήκη νερού σε περίπτωση πυρκαϊάς.
- 8) Τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να τεθούν σε λειτουργία σε συνδυασμό με μια ποικιλία άλλων συστημάτων, όπως η συμπαραγωγή, η απορρόφηση, η μετάδοση κίνησης στους ψύκτες

από μηχανές αερίου, επιτρέποντας έτσι την αποδοτικότερη χρήση τους και την εφαρμογή μεθόδων ανάκτησης ενέργειας παράλληλα με μια συνολική βελτιστοποίηση ολόκληρης της μονάδας.

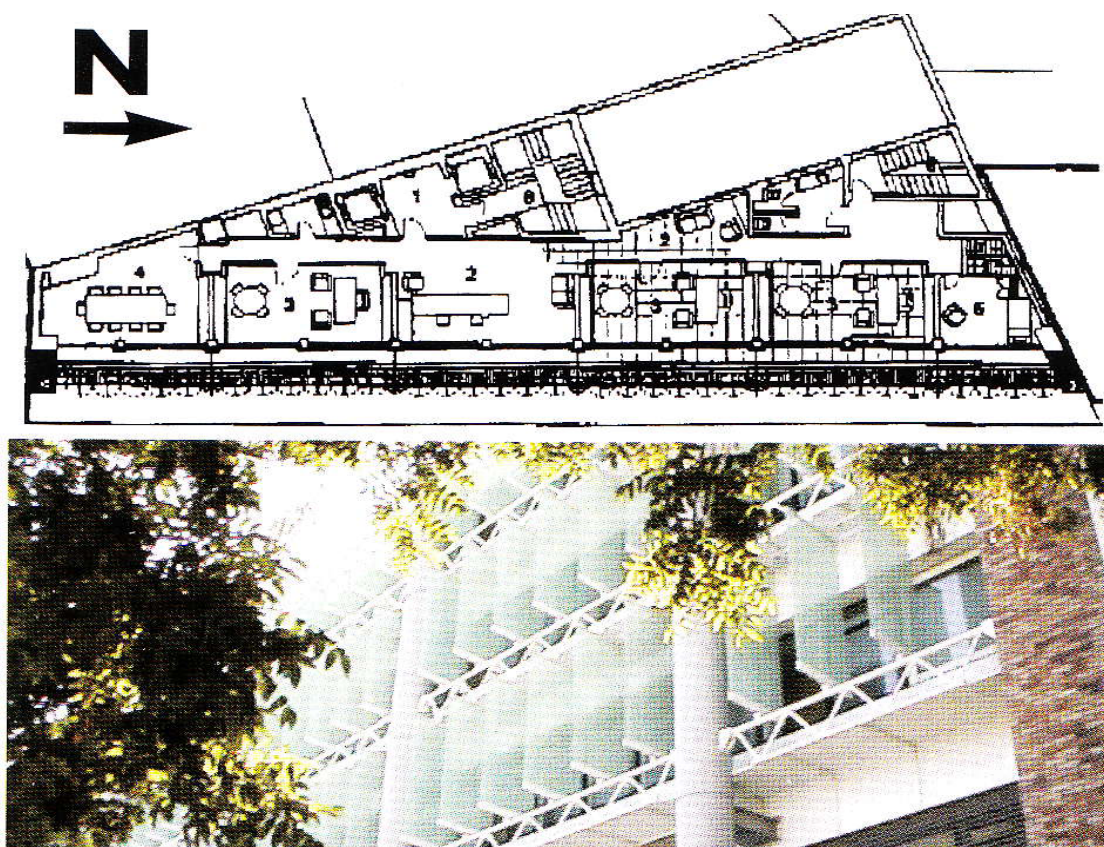
➤ Από την άλλη πλευρά, η χρήση τέτοιων συστημάτων δυσχεραίνεται από αρκετούς παράγοντες :

- 1) Δυσκολίες στη σχεδίαση και τον προγραμματισμό που προκύπτουν από την ανάγκη να υπάρχει πρόβλεψη των διαγραμμάτων των ημερήσιων ψυκτικών αναγκών για τις διάφορες χαρακτηριστικές περιόδους κατά τη διάρκεια του χρόνου, αποκλίνοντας έτσι από την απλή εύρεση του συνηθισμένου μέγιστου ψυκτικού φορτίου.
- 2) Μείωση στην απόδοση του ψύκτη από τη λειτουργία του συμπυκνωτή σε μια μικρότερη θερμοκρασία, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας φόρτισης (συστήματα αποθήκευσης πάγου).
- 3) Αν οι πλήρεις δυνατότητες του συστήματος – για παράδειγμα τα υψηλά ΔT χαρακτηριστικά των διαλυμάτων που περιέχουν πάγο – δεν τύχουν πλήρους εκμετάλλευσης, κάτι που σπάνια γίνεται, τότε το αρχικό κόστος τείνει να γίνει μεγαλύτερο από αυτό των συμβατικών λύσεων, δεδομένου ότι το κόστος των δεξαμενών, των αντλιών, του πιθανού εναλλάκτη θερμότητας και των σχετικών κυκλωμάτων νερού-γλυκόλης συνήθως υπερβαίνει την εξοικονόμηση που προκύπτει από τη μείωση του μεγέθους των ψυκτών.
- 4) Ο φυσικός όγκος των δεξαμενών, ιδιαίτερα στη περίπτωση της αποθήκευσης ψυχρού ύδατος, μπορεί να αποτελέσει έναν αρνητικό παράγοντα στην υιοθέτηση αυτού του είδους του συστήματος, δεδομένων των υψηλών τιμών της γής και του κόστους κατασκευής σε ορισμένες αστικές περιοχές. Υπάρχει όμως ένας αριθμός από βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις γι'αυτό το πρόβλημα, π.χ. η τοποθέτηση των αποθηκών κάτω από τις εξωτερικές περιοχές στάθμευσης αυτοκινήτων, η χρήση υπαρχόντων πρώην δεξαμενών καυσίμου, αποθηκών νερού πυροπροστασίας και η εγκατάσταση των δεξαμενών στους ορόφους των κτιρίων. (βλέπε [3])

Κεφάλαιο 4°

Εφαρμογή στην Ελλάδα – Κεντρικά Γραφεία ΑΒΑΞ

Τα κεντρικά γραφεία της ΑΒΑΞ βρίσκονται στην περιοχή των Αμπελοκήπων, μια πυκνοκατοικημένη περιοχή της Αθήνας όπου τα κτίρια βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους. Το κτίριο έχει ανατολικό προσανατολισμό σε σχέση με τον άξονα Βορράς – Νότος. Η πίσω και οι πλάγιες πλευρές του κτιρίου ακουμπάνε σε γειτονικά κτίρια. Το κτίριο αποτελείται από 5 ορόφους και 3 υπόγειους ορόφους με συνολική επιφάνεια 2346 τετραγωνικά μέτρα, από τα οποία τα 991 κλιματίζονται. Το επίπεδο -3 χρησιμοποιείται για τις μηχανικές εγκαταστάσεις του κτιρίου, το επίπεδο -2 περιέχει γραφεία και το επίπεδο -1 χρησιμοποιείται ως υπόγειο πάρκινγκ. Οι υπόλοιποι όροφοι αποτελούνται από γραφεία. Κατά μέσο όρο 100 με 150 άτομα απασχολούνται στο κτίριο. Τα γραφεία βρίσκονται στην πρόσοψη του κτιρίου και χωρίζονται από τους δευτερεύοντες χώρους από διαδρόμους. Κατά αυτόν τον τρόπο κάθε επίπεδο αποτελείται από τον μπροστινό χώρο που είναι χώρος δραστηριότητας και από τον βοηθητικό χώρο.



Σχήμα 1. Μπροστινή πρόσοψη του κτιρίου και τυπικά σχέδια ενός ορόφου

4.1 Παραγωγή θέρμανσης και ψύξης

Το κτίριο ΑΒΑΞ είναι βασικά κτίριο γραφείων. Δηλαδή οι άνθρωποι που δουλεύουν εκεί ακολουθούν ωράριο γραφείων, δηλαδή το κτίριο λειτουργεί συνήθως από τις 08:00 μέχρι τις 18:00 τις καθημερινές. Το επίπεδο πληρότητας μετά τις 18:00 και τα σαββατοκύριακα είναι σχετικά μικρό. Το κτίριο είναι χωρισμένο σε έξι ζώνες, το καθένα από τα οποία εξυπηρετείται αυτόνομες αντλίες. Ο κλιματισμός του χώρου επιτυγχάνεται με FCU που βρίσκονται στην ανατολική μεριά του κτιρίου. Στο επίπεδο -2 ο κλιματισμός επιτυγχάνεται από δυο κλιματιστικά.

Για τον υπολογισμό και τον σχεδιασμό των μέγιστων ψυκτικών και θερμικών φορτίων του κτιρίου, λήφθηκαν υπόψη οι παράμετροι του πίνακα 1

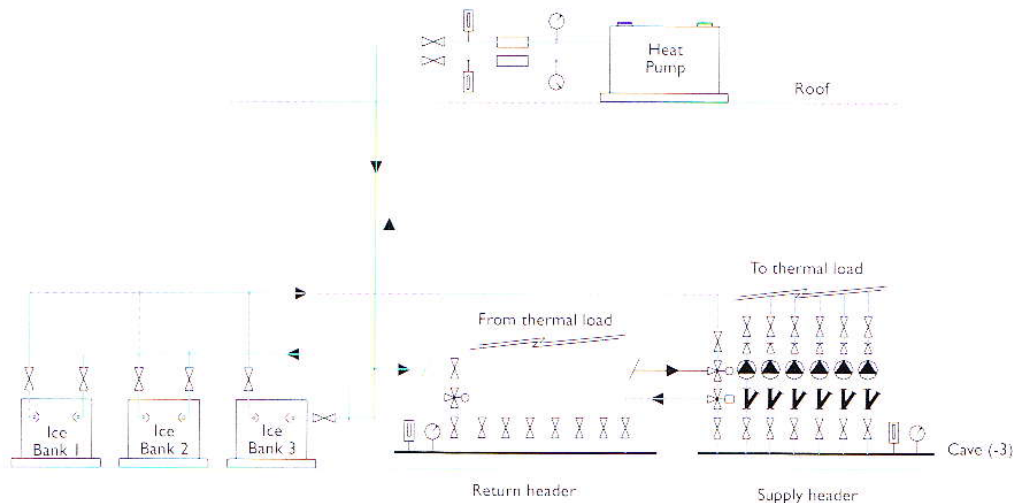
Πίνακας 1. Θερμοκρασίες και Ψυκτικά Φορτία

Περιβάλλον	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Ξηρή σφαίρα(οC)	0	35,7
Ημερήσια διακύμανση(K)	-	13
Σχετική υγρασία (%)	80	50
Εσωτερικά	Χειμώνας	Καλοκαίρι
Ξηρή σφαίρα (οC)	20	25,6
Σχετική υγρασία(%)	35	50
Φορτία (κW)	170	188

Το σύστημα που επιλέχθηκε να καλύψει τα θερμικά και ψυκτικά φορτία του κτιρίου είναι μια αντλία θερμότητας αερόψυκτη με ονομαστική (ηλεκτρική) ισχύς 86.8kW και ψυκτική ικανότητα 234 kW σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 35 °C. Επιπλέον, υπάρχουν τρεις παγολεκάνες με χωρητική ικανότητα 670 kWh στον υπόγειο όροφο -3.

Κατά τους χειμερινούς και φθινοπωρινούς μήνες όπου το κτίριο χρειάζεται θέρμανση, η θέρμανση του επιτυγχάνεται με την λειτουργία της αντλίας θερμότητας, η οποία χορηγεί τα συστήματα με ζεστό νερό (45 °C παροχή – 40 °C επιστροφή). Από την άλλη μεριά τους καλοκαιρινούς και ανοιξιάτικους μήνες το κτίριο χρειάζεται ψύξη, η αντλία θερμότητας φορτίζει τις παγολεκάνες κατά τις βραδινές ώρες όταν τα ψυκτικά φορτία είναι χαμηλά και κατά την διάρκεια της ημέρας ο κλιματισμός του κτιρίου γίνεται με την αποφόρτιση των παγολεκάνων από κρύο νερό (7 °C παροχή – 12 °C επιστροφή).

Η θερμοκρασία του κρύου νερού παροχής επιτυγχάνεται με μια βαλβίδα ανάμιξης, η οποία αναμιγνύει το νερό από την έξοδο των παγολεκάνων με το νερό που έρχεται από την επιστροφή. Σε όλες τις σωληνώσεις κυκλοφορεί μείγμα νερού γλυκόλης (20%).



Σχήμα 2. Σχηματική αναπαράσταση του εξοπλισμού θέρμανσης και ψύξης

Το σύστημα των παγολεκάνων έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να καλύπτει όλες τις ψυκτικές ανάγκες του κτιρίου. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί τις καθημερινές από τις 21:00 μέχρι τις 07:00 για την παραγωγή πάγου (λειτουργία αντλίας θερμότητας) και από τις 07:00 μέχρι τις 21:00 για την κάλυψη των ψυκτικών αναγκών του κτιρίου (λειτουργία παγολεκάνων). Το Σάββατο το σύστημα δεν λειτουργεί και την Κυριακή λειτουργεί από τις 08:00 μέχρι τις 14:00 και από τις 18:00 μέχρι τις 22:00 για παραγωγή πάγου.

Αν η θερμοκρασία του νερού παροχής ξεπερνάει τους 8 °C για παραπάνω από 15 λεπτά κατά την αποφόρτιση των παγολεκάνων, αυτό σημαίνει ότι ο πάγος και στις τρεις παγολεκάνες έχει λιώσει (πλήρης αποφόρτιση παγολεκάνων) και η αντλία θερμότητας αρχίζει να λειτουργεί.

4.2 Ηλεκτρικές και θερμικές εγκαταστάσεις

Κατά τον θερμικό σχεδιασμό του κτιρίου τέθηκε ο στόχος της μείωσης της χρήσης συμβατικών μέσων κλιματισμού. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρησιμοποιήθηκαν διάφορα συστήματα και συσκευές που θα αναλυθούν παρακάτω :

➤ Σύστημα BMS

Τα συστήματα BMS βασίζονται στην απομακρυσμένη επεξεργασία και λειτουργία των συστημάτων ελέγχου. Αυτά τα συστήματα είναι πλήρως αυτόνομα όσον αφορά το λογισμικό και την λειτουργία τους και έχουν την δυνατότητα της συλλογής δεδομένων από ένα προσωπικό υπολογιστή και τα περιφερειακά του, με ένα πολύ εύχρηστο σύστημα πλοήγησης. Εφτά τέτοια συστήματα υπάρχουν, έχοντας τη δυνατότητα την πρόσθετη σύνδεση και άλλων συστημάτων.

Κάθε σημείο ελέγχου χαρακτηρίζεται από έναν κωδικό αριθμό που περιγράφει την τοποθεσία (όροφος, περιοχή) και την εγκατάσταση (κλιματισμός, φωτισμός κ.α.). Οι απομακρυσμένοι σταθμοί στέλνουν αναφορά στον κεντρικό υπολογιστή σε καθορισμένες χρονικές περιόδους ή όταν υπάρξει κάποια βλάβη, αναφέροντας βλάβες, δεδομένα λειτουργίας, ενεργειακή κατανάλωση και στατιστικά στοιχεία. Παρεμβολή στο σύστημα και στο πρόγραμμα ελέγχου μπορεί να γίνει από τερματικό που είναι συνδεδεμένο σε κάποιο από τα απομακρυσμένα συστήματα ελέγχου και από εξειδικευμένο προσωπικό. Ο κεντρικός υπολογιστής επεξεργάζεται τα δεδομένα που έρχονται από καθένα από τα συστήματα ελέγχου και παρουσιάζει τα γραφικά διαγράμματα των εγκαταστάσεων και των σημείων ελέγχου.

Οι εγκαταστάσεις του κτιρίου που ελέγχονται από το BMS είναι:

α) έλεγχος των εξωτερικών πτερυγίων σκίασης

β) ψύξη – θέρμανση - εξαερισμός

- ανεμιστήρες νυχτερινού εξαερισμού
- μονάδες ελέγχου αέρα
- fan coil μονάδες
- ανεμιστήρες εξάτμισης
- αντλίες θερμότητας – παγολεκάνες
- πρωτεύον και δευτερεύον κυκλώματα αντλιών, υδραυλικά κυκλώματα
- συστήματα παροχής νερού
- δεξαμενές νερού
- ενισχυτές

γ) Σύστημα πυρόσβεσης

δ) Σύστημα πυρανίχνευσης

ε) Τηλέφωνα

στ) ηλεκτρικές συσκευές και εγκαταστάσεις

- πίνακας ελέγχου χαμηλής τάσης

- βοηθητικός πίνακας ελέγχου
- βοηθητική γεννήτρια
- UPS
- Εσωτερικός φωτισμός
- Εξωτερικός φωτισμός

➤ Φωτισμός

Ο σύστημα φωτισμού του κτιρίου έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί ως συμπληρωματικός στον φυσικό φωτισμό του κτιρίου. Για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης έχουν ληφθεί τα ακόλουθα μέτρα :

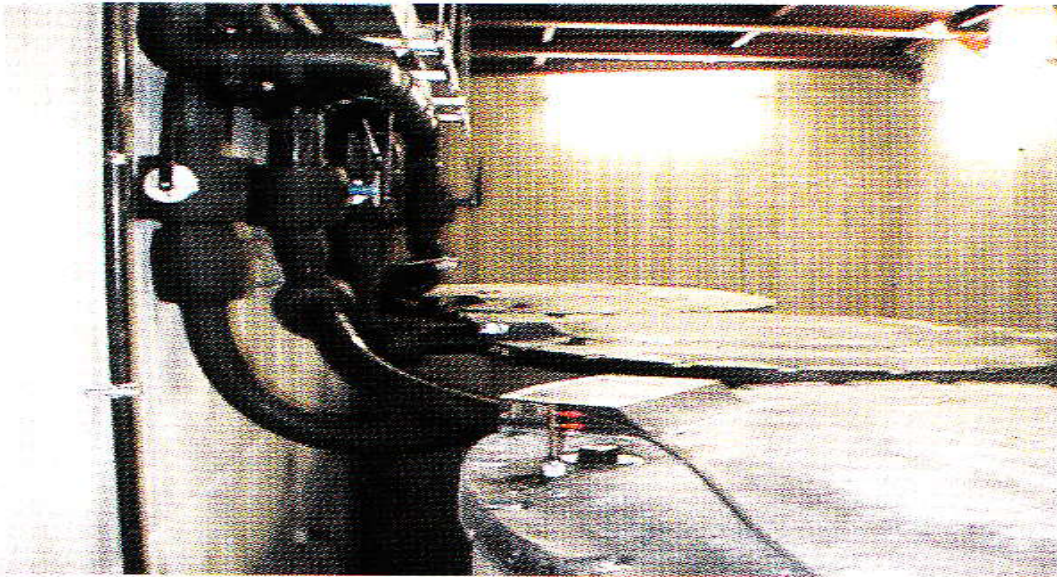
1. Οι τοίχοι βάφτηκαν με ανοιχτά χρώματα (λευκό) για την αύξηση της διάχυσης του φωτός.
2. Γενικός, χαμηλός έμμεσος φωτισμός (200-250 Lux) έχει συνδυαστεί με φωτισμό επιπρόσθετης λειτουργίας για κάθε χώρο εργασίας (δυο μονάδες φωτιστικών , 4X58 W έχουν εγκατασταθεί σε κάθε γραφείο)
3. Οι περισσότεροι χώροι έχουν εφοδιαστεί με λάμπες φθορισμού υψηλής απόδοσης.
4. Τα επίπεδα φωτισμού ελέγχονται κεντρικά από σύστημα ΤΡΙΟΣ, χρησιμοποιώντας μετρητές λούξ. Ένα φωτοκύτταρο ελέγχει τους διακόπτες έτσι ώστε τα φώτα να είναι κλειστά όταν δεν υπάρχει κίνηση στον χώρο.

4.3 Προδιαγραφές και χαρακτηριστικά παγολεκάνων

Οι παγολεκάνες είναι τύπου Levload μοντέλο 1190 κατασκευασμένες από την εταιρεία CALMAC. Αποτελούνται από ένα κυλινδρικό κοντέινερ, κατασκευασμένο από πολυεθυλένη υψηλής πυκνότητας, η βάση και οι πλευρές έχουν μονωθεί με επίστρωμα πολυουρεθάνης και η κορυφή έχει καλυφθεί με ένα πιάτο αλουμινίου πάχους 0.8 εκ..

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά Παγολεκάνων και Αποδόσεις

Ολική αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	669
Λανθάνουσα αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	567
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	38
Ψυκτική Ικανότητα (kW)	60
Διαστάσεις (Διάμετρος/Υψος) (mm)	2262/2540
Βάρος (άδειο/γεμάτο) (kg)	704/7598
Φορτίο ανά m ² (kg/m ²)	2200

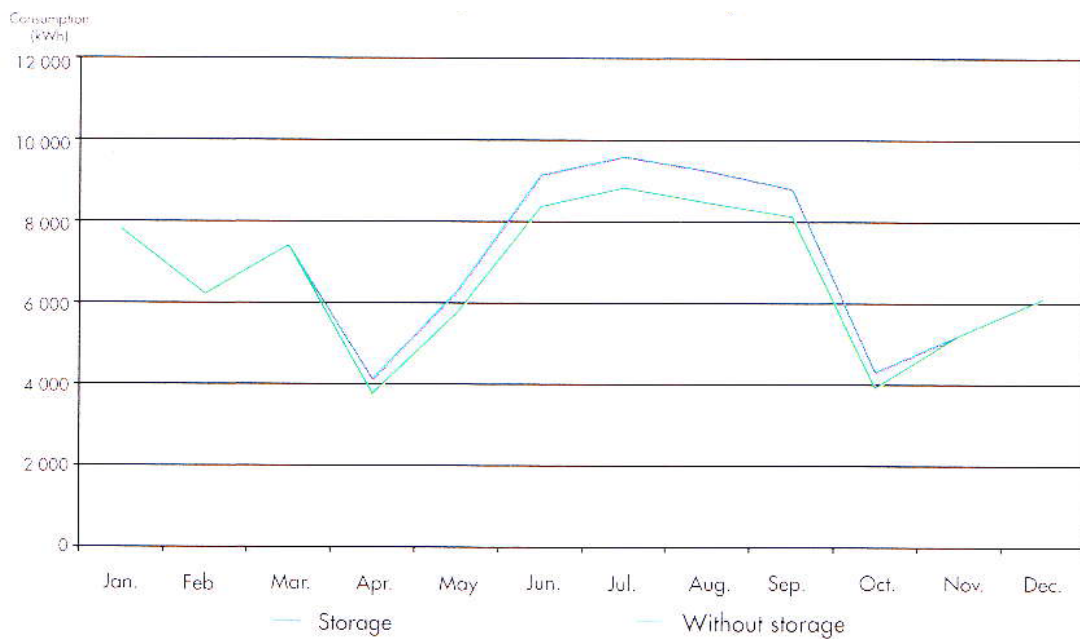


Σχήμα 3. Άποψη από τις παγολεκάνες

4.4 Αποτελέσματα προσομοίωσης έτους

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την μηνιαία ανάγκη σε ηλεκτρική ενέργεια του κτιρίου για θερμικές και ψυκτικές ανάγκες. Τα δεδομένα από τα αποτελέσματα της δυναμικής προσομοίωσης του κτιρίου με το λογισμικό TRNSYS 14.2.

Πίνακας 3.Ετήσια ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και θέρμανση



Όπως βλέπουμε η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια για τις παγολεκάνες είναι λίγο μεγαλύτερη από ότι χωρίς τις παγολεκάνες. Αυτό συμβαίνει γιατί ο συντελεστής απόδοσης της αντλίας θερμότητας πέφτει στις χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την φόρτιση των παγολεκάνων και είναι μικρότερος από τον συντελεστή απόδοσης όταν η αντλία θερμότητας λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες, όταν δεν υπάρχει σύστημα παγολεκάνων.

Ωστόσο, παρ όλη την αύξηση σε ενεργειακή κατανάλωση, η μεταφορά των ψυκτικών φορτίων τη νύχτα και η μείωση του μέσου ημερησίου μέγιστου, επιτρέπει στον χρήστη να εκμεταλλευτεί το οικονομικότερο τιμολόγιο της ΔΕΗ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην μείωση του κόστους κατά περίπου 8%. Η χρησιμοποίηση ενός μικρότερου συστήματος αποθήκευσης ενέργειας αναμένεται να έχει καλύτερη απόδοση.

4.5 Τελική ανάλυση

- Το κτίριο σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με βάση τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, η οποία έχει ως στόχο την χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση παρέχοντας ταυτόχρονα υψηλά επίπεδα άνεσης. Ορισμένα από τα σχέδια που εφαρμόστηκαν είναι τα εξής : η αύξηση του φυσικού φωτισμού, του φυσικού εξαερισμού και η αποτελεσματική σκίαση.
- Το σύστημα αποθήκευσης ψύξης επιτρέπει στην μετατόπιση της ηλεκτρικής κατανάλωσης για ψύξη από τη μέρα σε βραδυνές ώρες.
- Αυτή η μετατόπιση ανακουφίζει τη ΔΕΗ κατά την διάρκεια της μέγιστης ζήτησης.
- Τα σημερινά τιμολόγια έχουν ως αποτέλεσμα το χαμηλό κόστος ενέργειας ανά kWh .
- Το σύστημα αποθήκευσης ψύξης έχει μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από το συμβατικό σύστημα ψύξης, λόγω της μειωμένης απόδοσης της αντλίας θερμότητας κατά την φόρτιση των παγολεκάνων.
- Για την προώθηση των συστημάτων αποθήκευσης ψύξης είναι απαραίτητο η ΔΕΗ να παρουσιάσει πιο ανταγωνιστικά τιμολόγια.
- Με τα σημερινά τιμολόγια η λύση της μερικής αποθήκευσης είναι προτιμότερη από την ολική .
- Για πρώτη φορά στην Ελλάδα μια αντλία θερμότητας διπλής χρήσης (θέρμανση και ψύξη) έχει εγκατασταθεί και χρησιμοποιηθεί για την φόρτιση παγολεκάνων.(βλέπε [3] για όλο το κεφάλαιο)

Κεφάλαιο 5°

Αερολιμένας στη Μάλαγα – Ισπανία

5.1.Περιγραφή κτιρίου

Το κτίριο του παλιού αερολιμένα στη Μάλαγα χρησιμοποιείται για πτήσεις εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι ένα διώροφο κτίριο, με μεγάλους υαλοπίνακες στις προσόψεις. Οι κύριες προσόψεις του κτιρίου έχουν δυτική και ανατολική κατεύθυνση και υπάρχει επίσης μια μικρή πρόσοψη με νότια κατεύθυνση. Η βόρεια πρόσοψη ακουμπάει σε γειτονικό κτίριο.



Σχήμα 1. Αποψη Κτιρίου

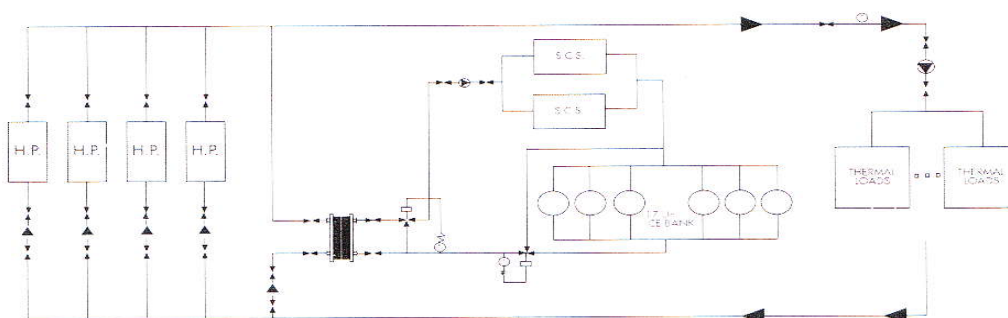
Το κτίριο έχει συνολικό εμβαδόν 22900 τ.μ. , εκ των οποίων τα 20600 τ.μ. κλιματίζονται. Οι ακόλουθες υπηρεσίες βρίσκονται στον ισόγειο όροφο: εξυπηρέτηση πελατών, πωλήσεις εισιτηρίων, χώροι αναμονής, check in desks, τελωνειακά γραφεία και υπηρεσίες, καταστήματα και χώρος στάθμευσης. Στον πρώτο όροφο υπάρχουν η κύρια αίθουσα, χώροι αναμονής, γραφεία αεροπορικών εταιρειών που λειτουργούν στον αερολιμένα, εστιατόριο, bar και καφετέρια για τους υπαλλήλους και το ευρύ κοινό, εμπορικοί χώροι και σύνδεση με το διεθνές τερματικό για πτήσεις εντός Ε.Ε.. Οι αεραγωγοί της κουζίνας και της τουαλέτας, τα κλιματιστικά και το μηχανοστάσιο του ανελκυστήρα έχουν εγκατασταθεί στην οροφή, η οποία μπορεί να προσεγγιστεί μόνο για λόγους συντήρησης.

5.2 Θέρμανση, ψύξη και εξαερισμός

Το κτίριο λειτουργεί 24 ώρες το 24ωρο και τα Σαββατοκύριακα. Κάποιες περιοχές ωστόσο, παραμένουν κλειστές τα Σαββατοκύριακα (π.χ. γραφεία). Τα γραφεία στη νότια περιοχή του 1^{ου} ορόφου έχουν ετήσιο λειτουργικό πρόγραμμα 3526 ωρών, από τις 9 π.μ. μέχρι τις 7 μ.μ. όλο το χρόνο εκτός από τον Ιούλιο και Αύγουστο (8 π.μ. μέχρι 4 μ.μ.). Οι υπόλοιπες περιοχές του κτιρίου , συμπεριλαμβανομένου του εστιατορίου τον 1^ο όροφο, παραμένουν ανοιχτά όλο το 24ωρο, όλο τον χρόνο, συμπληρώνοντας 8760 ώρες το χρόνο.

5.3 Μονάδες παραγωγής θερμότητας και ψύξης

Το κτίριο είναι εφοδιασμένο με κεντρικό σύστημα κλιματισμού, αποτελούμενο από 4 αντλίες θερμότητας αντιστρέψιμης συμπύκνωσης (για παραγωγή θερμού και κρύου νερού) και ένα σύστημα αποθήκευσης με δυο ψυγεία και 17 παγολεκάνες.



Σχήμα 2. Γενικό σχήμα της μονάδας παραγωγής ψυχρού ύδατος

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά των συστημάτων παραγωγής ψυχρού ύδατος

Θερμική και ψυκτική ικανότητα (kW)	494/395
Αριθμός μονάδων	2
Αριθμός συμπιεστών	4
Μέγιστη ηλεκτρική ικανότητα συμπιεστών (kW)	4χ50
Θερμοκρασία νερού στον εξατμηστήρα (° C)	9,5 με 4,5 : -0,5 με -4,5
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (° C)	32 με 25
Εμπορικό σήμα	Trane
Είδος	CGAF 418 R

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά των αντλιών θερμότητας

Θερμική και ψυκτική ικανότητα (kW)	308/333
Αριθμός μονάδων	4
Αριθμός συμπιεστών	2
Μέγιστη ηλεκτρική ικανότητα συμπιεστών (kW)	2χ50
Θερμοκρασία νερού στον εξατμηστήρα (° C)	12 με 7 : 45 με 50
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (° C)	32 με 5
Εμπορικό σήμα	Trane
Είδος	ECXAD 211 ARD

Το υδραυλικό σύστημα αποτελείται από 4 βασικές μονάδες αντλιών κυκλοφορίας (μια για κάθε αντλία θερμότητας) που επιτρέπουν στο ζεστό και κρύο νερό να κυκλοφορήσει από τις θερμικές αντλίες στις σωληνώσεις που το στέλνουν ή το λαμβάνουν από το βασικό κύκλωμα. Επιπλέον μια αντλία κυκλοφορίας έχει οριστεί για την αποφόρτιση, η οποία λειτουργεί παράλληλα με τις θερμικές αντλίες. Η παραγωγή θερμού ύδατος εξασφαλίζεται από την θερμική αντλία. Το δευτερεύον κύκλωμα διανομής θερμού και ψυχρού ύδατος αποτελείται από δυο αγωγούς.

Ο κλιματισμός του χώρου με την κεντρική κλιματιστική μονάδα μας δίνει την δυνατότητα να εφαρμοστεί ψύξη με τον νωπό αέρα και τα γραφεία υπηρεσιών είναι εξοπλισμένα με ανεμιστήρες (fan coil units).

Η διανομή του επεξεργασμένου αέρα , αέρα επιστροφής, αέρα εξαγωγής και αέρα περιβάλλοντος εξασφαλίζεται από αεραγωγούς που είναι συνδεδεμένοι στους αγωγούς επιστροφής εξόδου και διανομής.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά του συτήματος αποθήκευσης

Συνολική αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	669
Αριθμός μονάδων	17
Επιφάνεια συναλλαγής (m ² /kWh)	1,1
Χρόνος τήξης (h)	6 με 22
Λανθάνουσα αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	564
Αποτελεσματική αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	105
Μέγιστη πίεση (bar)	6,3
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	38
Διαστάσεις (εξωτερική διάμετρος) (m)	2,26
Όγκος νερού/πάγου (l)	6130
Όγκος αιθυλικής γλυκόλης (l)	559
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)	32 με 25
Εμπορικό Σήμα	CALMAC
Είδος	1190



Σχήμα 3. Άποψη από τη μονάδα παραγωγής ψυχρού ύδατος και από τις παγολεκάνες

Το ψυκτικό υγρό που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις των παγολεκάνων είναι αιθυλική γλυκόλη, σε θερμοκρασία που κυμαίνεται από 1 μέχρι -4.5° C, προκαλώντας πάγο εξωτερικά των σωληνώσεων. Το σύστημα των παγολεκάνων αποτελείται από 17 δεξαμενές CALMAC , μοντέλο 1190.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά Εναλλάκτη

Ικανότητα εναλλάκτη (kW)	669
Αριθμός μονάδων	17
Relationship between chillers (m ³ /h)	1,1
Θερμ. Αιθυλικής-γλυκόλης-βασικό κύκλωμα (°C)	6 με 22
Θερμ. Αιθυλικής-γλυκόλης-δευτερεύον κύκλωμα (°C)	564
Εμπορικό Σήμα	CALMAC
Είδος	1190

Το σύστημα των παγολεκάνων έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί ταυτόχρονα με τις αντλίες θερμότητας και χρησιμοποιεί μείγμα γλυκόλης νερού ως μέσω θερμικής μεταφοράς. Το σύστημα για αυτό απαιτεί εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ των παγολεκάνων και του ψύκτη, χρησιμοποιώντας νερό ως μόνο υγρό μεταφοράς.

5.4 Σύστημα ελέγχου

Μια αυτοματοποιημένη συσκευή STAEFA ελέγχει την εγκατάσταση . Η συσκευή παρακολουθεί τις θερμοκρασίες και άλλες παραμέτρους του συστήματος. Το σύστημα ελέγχου επιτρέπει ο έλεγχος να γίνεται από το δωμάτιο ελέγχου. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ελεγχθεί η κατάσταση λειτουργίας και οι συνθήκες λειτουργίας όλης της εγκατάστασης. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί όλα τα στοιχεία της μονάδας κλιματισμού, επιτρέποντας την επιλογή και τον προγραμματισμό των επιπέδων λειτουργίας για τα συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης, ονομαστικά όσον αφορά τους κύκλους φόρτισης και αποφόρτισης.

5.5 Σχόλια για την εγκατάσταση

Η εγκατάσταση στον αερολιμένα στη Μάλαγα έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

α) Το σύστημα κλιματισμού χρησιμοποιεί μείγμα γλυκόλης νερού στο κύκλωμα χαμηλής θερμοκρασίας. Γι αυτόν τον λόγο υπάρχει θερμικός εναλλάκτης ανάμεσα στα δύο κυκλώματα. Το κύκλωμα αποθήκευσης ψύχους έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να λειτουργεί παράλληλα με το κύκλωμα της θερμικής αντλίας, επιτρέποντας την ταυτόχρονη λειτουργία τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πιο ευέλικτη λειτουργία του όλου συστήματος.

β) Το σύστημα ψύξης δεν έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μειώνει την ονομαστική ισχύς του ψύκτη. Οι θερμικές αντλίες έχουν αρκετή ισχύς για να καλύψουν τις ψυκτικές ανάγκες όλου του κτιρίου. Δηλαδή το σύστημα αποθήκευσης ψύχους μπορεί να τεθεί εκτός λειτουργίας τα Σαββατοκύριακα. Αυτή η στρατηγική εξασφαλίζει την παροχή ψύχους στο κτίριο, μειώνοντας, τις πιθανότητες βλάβης και τις διαδικασίες συντήρησης οι οποίες διαρκούν περισσότερο από το προγραμματισμένο.

5.6 Ενεργειακή ανάλυση

Για να έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας, το πρόγραμμα λειτουργίας των παγολεκάνων πρέπει να οργανωθεί – όχι με την μείωση της κατανάλωσης αλλά με την μετατόπιση της κατανάλωσης σε χρονικό πλαίσιο με χαμηλότερο ενεργειακό τιμολόγιο. Οι παγολεκάνες επιτρέπουν την αλλαγή του διαγράμματος φορτίων της εγκατάστασης με την με την μετατόπιση της κατανάλωσης από ώρες αιχμής σε ώρες χαμηλής κατανάλωσης ρεύματος, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην μείωση της μέγιστης κατανάλωσης και εξασφαλίζοντας μια ομοιόμορφη κατανάλωση ψύχους. Οικονομικά οφέλη παράγονται από αυτήν την εφαρμογή, δεδομένου ότι μειώνει το ενεργειακό κόστος της εγκατάστασης. Συγκεκριμένα στην εφαρμογή του αερολιμένα στη Μάλαγα ο αντίκτυπος του συστήματος των παγολεκάνων στην ενεργειακή κατανάλωση δεν είναι σημαντική. Επιπλέον η κατανάλωση και η προσυπογραμμένη ζήτηση ισχύος που σχετίζεται με την παραγωγή ψύχους για κάλυψη των αναγκών κλιματισμού και εξαερισμού αντιπροσωπεύει το 10% των τελικών τιμών. Παρόλα αυτά απλά και μόνο η ύπαρξη του συστήματος παγολεκάνων αποτρέπει την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης της εγκατάστασης.

5.7 Ενεργειακή ανάλυση της συμβατικής λύσης

Σύγκριση των δεδομένων όσον αφορά τη λειτουργία της εγκατάστασης με και χωρίς τη λειτουργία του συστήματος των παγολεκάνων έδειξε ότι υπήρχε μικρή αύξηση στην ενεργειακή κατανάλωση. Ωστόσο με την μετατόπιση της κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος σε ώρες χαμηλού κόστους, οδήγησε σε μείωση του κόστους λειτουργίας κατά 1.7εκ.ρια ΡΤΑ, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. (βλέπε [3] για όλο το κεφάλαιο).

Πίνακας 5. Ενεργειακά και Οικονομικά Στοιχεία

	Με Αποθήκευση	Χωρίς Αποθήκευση
Μέγιστη ζήτηση ισχύος (KW)	5000	5000
Ετήσια κατανάλωση (KWh/έτος)	5449	5396
Ενεργειακό Κόστος (10^3 ptas)	61270	62906

Κεφάλαιο 6°

Εφαρμογή στην Πορτογαλία

6.1 Περιγραφή Κτιρίου

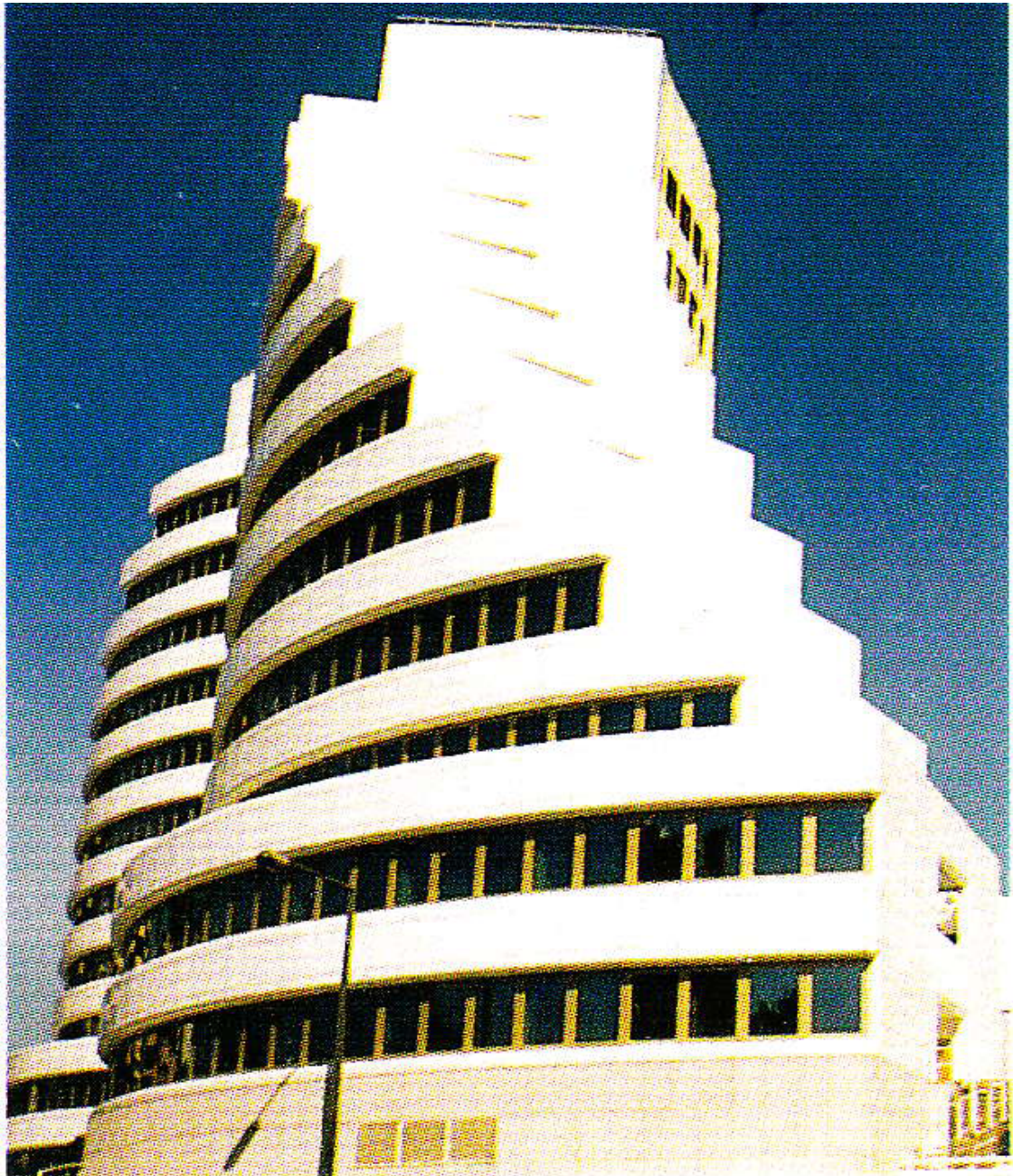
Τα κεντρικά γραφεία της Marconi, στην Λισαβόνα, ενσωματώνουν κάποιες σύγχρονες ενεργειακές τεχνολογίες, π.χ. σύστημα κεντρικού ενεργειακού ελέγχου, VAV HVAC συστήματα (τα οποία τροφοδοτούνται αποκλειστικά από αέρα περιβάλλοντος) εξοπλισμένα με αποκατάσταση θερμότητας, βοηθητικές αποθήκες πάγου για παραγωγή κρύου αέρα, επιλεκτική τοποθέτηση διπλών υαλοπινάκων και απόλυτη εξωτερική μόνωση. Το κτίριο χρησιμοποιεί μόνο ηλεκτρική ενέργεια.

Το κτίριο έχει επιφάνεια 2400 m² αν και μόνο τα 13500μ² είναι κλιματιζόμενα. Οι όροφοι από 0 έως 10 (με συνολικά 16 ορόφους) χρησιμοποιούνται για χώρο γραφείων. Οι όροφοι -1 και 11 χρησιμοποιούνται για τις τεχνικές εγκαταστάσεις, ενώ οι υπόλοιποι 5 υπόγειοι όροφοι χρησιμοποιούνται ως χώρος parking.

Η νοτιοανατολικά προσανατολισμένη κύρια πρόσοψη είναι γεωμετρικά διαμορφωμένη σαν τα σκαλοπάτια μιας πυραμίδας (καθένα από τα οποία αποτελεί έναν όροφο) της οποίας η βάση είναι ένα ορθογώνιο 4:1. Οι όροφοι έχουν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν ένα κύμα, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μια ενδιαφέρουσα αρχιτεκτονική μορφή.



Σχήμα 1 Πρόσοψη Κτιρίου



Σχήμα 2. Πλάγια όψη κτιρίου

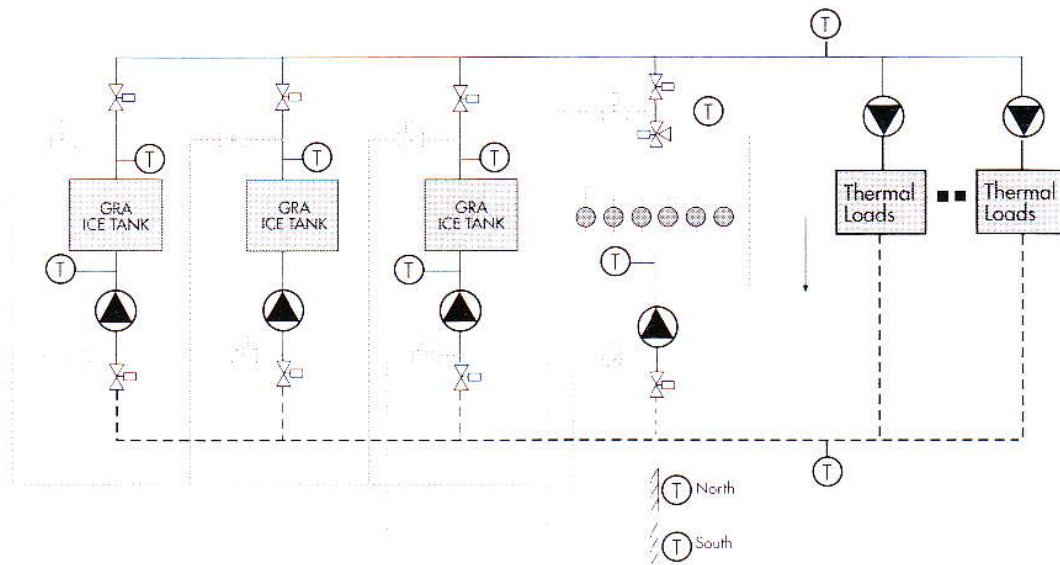
6.2 Κλιματισμός

Το κτίριο είναι τακτικά κατειλημμένο από τις 8:00 π.μ. μέχρι τις 6:00 μ.μ. τις καθημερινές. Τα επίπεδα πληρότητας του κτιρίου μέχρι τις 10:00 μ.μ. και κατά τη διάρκεια του Σαβ/κου είναι χαμηλά. Τα κλιματιστικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για τα γραφεία λειτουργούν από τις 8:00 έως τις 8:00 μ.μ. τις καθημερινές και από τις 10:00 π.μ. μέχρι τις 5:00 μ.μ. το Σαβ/κο. Οι χώροι στους οποίους υπάρχουν συστήματα επικοινωνίας, κέντρα Η/Υ και κέντρα ασφάλειας του κτιρίου κλιματίζονται.

6.3 Παραγωγή θερμότητας και ψύχους

Η θέρμανση παρέχεται από μπαταρίες (ηλεκτρικές αντιστάσεις) που είναι εγκατεστημένες στις μονάδες επεξεργασίας αέρα. Η διαθέσιμη θερμική χωρητικότητα (470 kw) εξυπηρετεί τις πρώτες πρωινές ώρες και απαιτεί ελάχιστες ποσότητες φρέσκου αέρα.

Το κτίριο ψύχεται με μονάδα ψύξης νερού. Αυτή η μονάδα αποτελείται από 3 γεννήτριες αερόψυξης με ονομαστική ισχύς 300 kw, που υποστηρίζεται από 6 παγολεκάνες που έχουν εγκατασταθεί παράλληλα (κάθε μια με αποθηκευτική ισχύς των 570 kwh).



Σχήμα 3. Γενικό σχέδιο της μονάδας παραγωγής ψυχρού ύδατος

Στο υδραυλικό κύκλωμα κυκλοφορεί μείγμα γλυκόλης-νερού (20%). Κάθε κυκλοφορητής αποτελείται από δυο αντλίες συνεχούς ροής εγκαταστημένες παράλληλα, με εναλλάξ λειτουργία. Το βασικό υδραυλικό κύκλωμα είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την αυτόνομη φόρτιση των παγολεκάνων και την απευθείας ψύξη του κτιρίου από τα κλιματιστικά συστήματα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο τις διαφορετικές θερμοκρασίες και εξασφαλίζοντας την μέγιστη δυνατή ενεργειακή αποδοτικότητα.

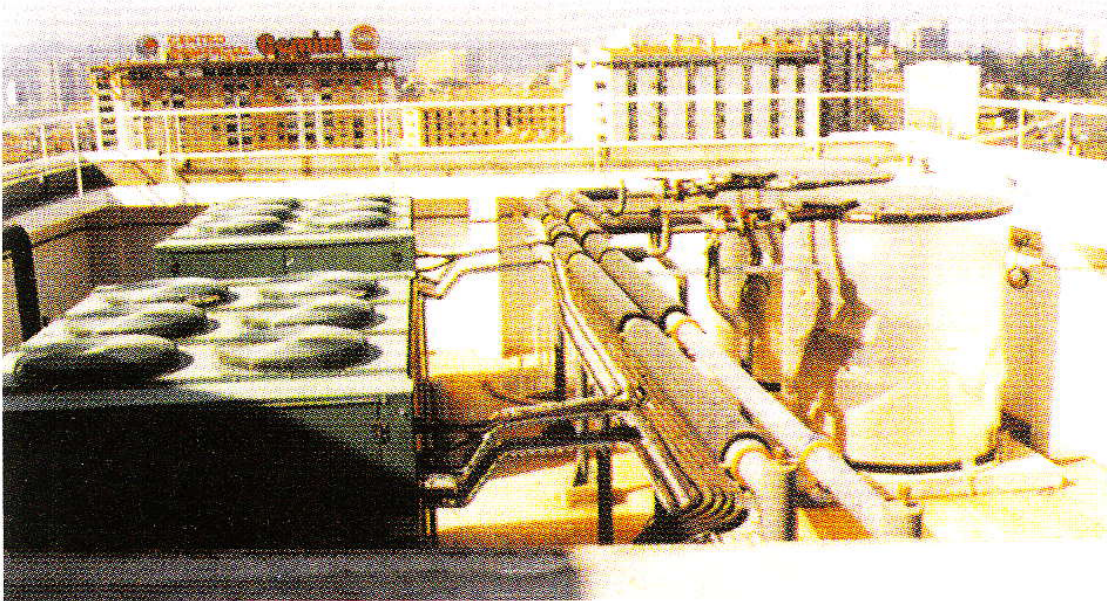
Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά Ψυκτικών Μονάδων

Θερμική ψυκτική ικανότητα (kW)	302 – 211
Αριθμός συμπιεστών	3
Αριθμός ofechelon ανα συμπιεστή	2
Ικανότητα κάθε κλιμάκιου (%)	22-33-56-67-89-100
Μέγιστη ηλεκτική ικανότητα των συμπιεστών (kW)	102/80
Ροή ψυχρού ύδατος (l/s)	14,6
Θερμοκρασία ψυχρού ύδατος (είσοδος/έξοδος) (°C)	7/12 - -3,5/-0,5
Μέγιστη πίεση στις σωληνώσεις (ύδατος) (kPa)	1000
Μέγιστη πίεση στις σωληνώσεις (ψυκτικού μέσου) (kPa)	1600
Εμπορικό σήμα	Carrier
Είδος	30 GB 080

Οι παγολεκάνες είναι κατασκευασμένες από υψηλής πυκνότητας πολυεθυλένη, είναι μονωμένες εσωτερικά με επεξεργασμένη πολυεθυλένη και πολουρετάνη και είναι ντυμένες εξωτερικά με πλάκες αλουμινίου πάχους 0,8 εκ. . Κάθε παγολεκάνη είναι εξοπλισμένη εσωτερικά με σπειροειδές εναλλάκτη θερμότητας, αποτελούμενο από πολλαπλά κυκλώματα αντίθετης ροής σε παράλληλη διάταξη. Μείγμα αιθυλικής γλυκόλης κυκλοφορεί εσωτερικά της σερπαντίνας και μείγμα νερού-πάγου εξωτερικά.

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης

Συνολική αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	669
Λανθάνουσα αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	567
Sensitive αποθηκευτική ικανότητα (kWh)	98
Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας (°C)	38
Μέγιστη πίεση (kPa)	600
Όγκος νερού/πάγου (l)	6128
Όγκος αιθυλικής γλυκόλης (l)	560
Ψυκτική ικανότητα (kW)	60
Θερμοκρασία αιθυλικής-γλυκόλης κατά την παραγωγή πάγου(είσοδος/έξοδος) (°C)	-3.5/-0.5
Θερμοκρασία αιθυλικής-γλυκόλης κατά την τήξη του πάγου(είσοδος/έξοδος) (°C)	12 – 7
Διαστάσεις (διάμετρος/ύψος) (mm)	2262 – 2540
Βάρος (άδειο/γεμάτο)	704 – 7598
Φορτίο ανά m ² (kg/m ²)	2200



Σχήμα 4. Άποψη από τη μονάδα παραγωγής ψυχρού ύδατος στην οροφή του κτιρίου

Οι παγολεκάνες εγκαταστάθηκαν για να αντικαταστήσουν ένα συμβατικό κλιματιστικό σύστημα με προοπτική την μείωση της συμφωνημένης και χρησιμοποιημένης ισχύς. Κατά συνέπεια μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή κρύου νερού μπορεί να μεταφερθεί σε βραδινά ωράρια, δίνοντας την δυνατότητα στην εταιρία να επωφεληθεί από το χαμηλότερο κόστος της κιλοβατώρας την συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

6.4 Κεντρική τεχνική διαχείριση

Το κτίριο είναι εφοδιασμένο με κεντρικό σύστημα τεχνικής διαχείρισης, το οποίο εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες :

- Λειτουργία του χρονοδιαγράμματος των εγκαταστάσεων (ημερήσια, εβδομαδιαία και ετήσια)
- Καθορισμός των βέλτιστων χρόνων για την εκκίνηση και των τερματισμό του εξοπλισμού.
- Έλεγχος των κλιματιστικών συστημάτων
- Ενεργειακή ανάλυση και ισορροπημένη λειτουργία των εγκαταστάσεων
- Ελεγχόμενη λειτουργία των κλιματιστικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή πάγου στις παγολεκάνες
- Έλεγχος μεγίστου και μετατόπιση των φορτίων
- Δυναμική διαχείριση των συστημάτων
- Καταγραφή των επικίνδυνων καταστάσεων

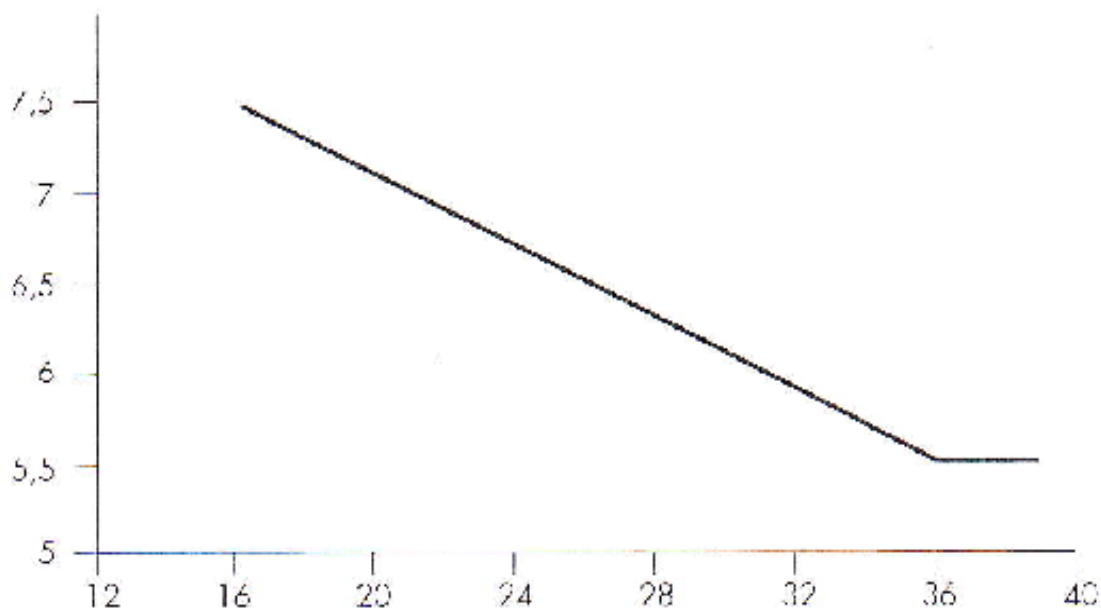
- Προγραμματισμός και διαχείριση της συντήρησης
- Έλεγχος των συνολικών εργασιακών ωρών και εκκίνηση των κύριων ηλεκτρικών συσκευών
- Διαχείριση των ανταλλακτικών και εξαρτημάτων

Κατά μέσω όρο το κεντρικό σύστημα διαχείρισης μειώνει κατά 30-35% την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου σε σχέση με άλλα κτίρια με ίδιες διαστάσεις αλλά χωρίς κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Τα κλιματιστικά συστήματα ελέγχονται από αυτό το σύστημα. Οι μεταβλητές που ελέγχει το σύστημα είναι οι ακόλουθες:

- Μετεωρολογικά δεδομένα: Εξωτερικές θερμοκρασίες στη Βόρεια, Νότια, Δυτική και Ανατολική πλευρά του κτιρίου.
- Δεδομένα απόδοσης των συστημάτων HVAC: Θερμοκρασίες από 8 διαφορετικές εσωτερικές θέσεις, τυπικές για το κτίριο και αναλογικά με τις κύριες κατευθύνσεις.

6.5 Μονάδα παραγωγής ψύχους

Οι τρεις μονάδες κλιματισμού λειτουργούσε με βάση μια ακολουθία που αλλάζει από καιρό σε καιρό έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ίση χρησιμοποίησή τους. Παρόλο που το κέλυφος του κτιρίου αποτελείται από υλικά με υψηλή θερμική ποιότητα, το βασικό υλικό της κύριας πρόσοψης είναι ένας μεγάλος υαλοπίνακας (ο οποίος έχει κυρίως νότιο προσανατολισμό) χωρίς καθόλου σκίαση. Άρα το θερμικό φορτίο είναι πολύ ευαίσθητο στην ηλιακή ακτινοβολία, ιδίως κατά τη μέση περίοδο όταν η κλίση του ήλιου είναι πολύ μικρή. Ως επακόλουθο η θερμοκρασία του ψυκτικού υγρού ρυθμίζεται σύμφωνα με την εξωτερική θερμοκρασία της νότιας πρόσοψης.



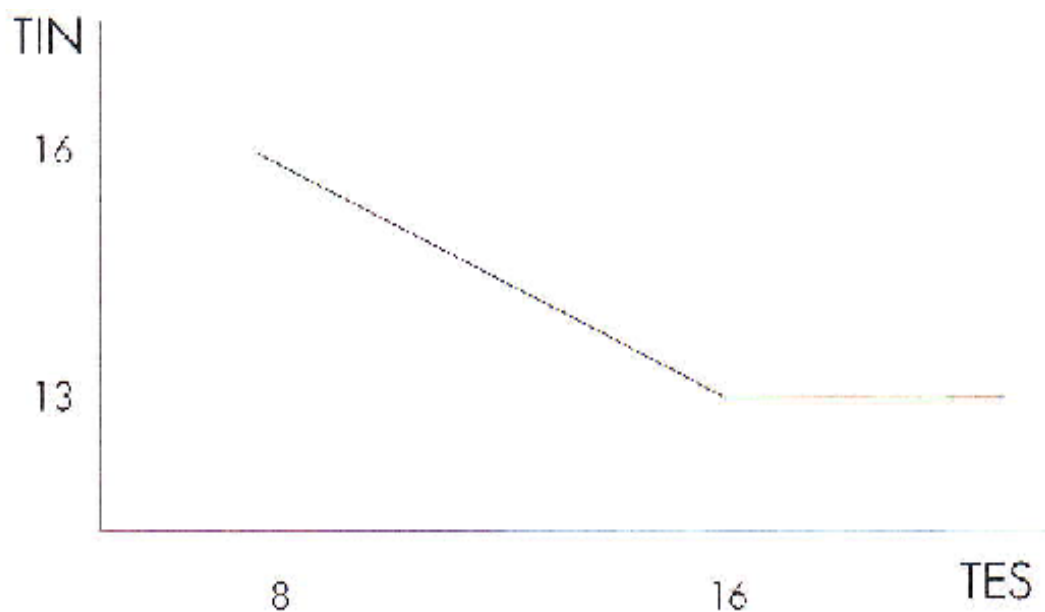
Σχήμα 5. Έλεγχος του συστήματος παραγωγής ψύχους

Οι παγολεκάνες φορτίζονται από τις 10:00 μ.μ. μέχρι τις 07:00 π.μ. Η φόρτιση σταματάει όταν οι αισθητήρες δείχνουν ότι οι παγολεκάνες έχουν φορτιστεί πλήρως. Η βαλβίδα ανάμιξης παραμένει ανοιχτή κατά την διάρκεια της φόρτισης. Όσο οι παγολεκάνες φορτίζουν ένα από τα άλλα συστήματα φροντίζουν για τον σωστό κλιματισμό του κτιρίου, ενώ τα άλλα δύο συστήματα είναι διαθέσιμα για την φόρτιση των παγολεκάνων.

Κατά την διάρκεια της αποφόρτισης οι παγολεκάνες και τα συστήματα κλιματισμού λειτουργούν ταυτόχρονα, όμως προτεραιότητα δίνεται στις παγολεκάνες. Συγκεκριμένα η βαλβίδα ανάμιξης ανοίγει με βάση τη θερμοκρασία με την οποία το παγωμένο νερό κυκλοφορεί στο κύκλωμα και με τη θερμοκρασία επιστρέφει. Αν η θερμοκρασία εξόδου είναι πιο μεγάλη από αυτήν που έχει ορισθεί και η βαλβίδα πάγου είναι εντελώς ανοιχτή, αυτό σημαίνει ότι οι παγολεκάνες δεν μπορούν πλέον να αντεπεξέλθουν στον κλιματισμό του κτιρίου και τα ψυκτικά συστήματα πρέπει να λειτουργήσουν. Τα συστήματα ενεργοποιούνται με βάση μια προγραμματισμένη ακολουθία.

6.6 Διανομή Αέρα – VAV (variable air volume)

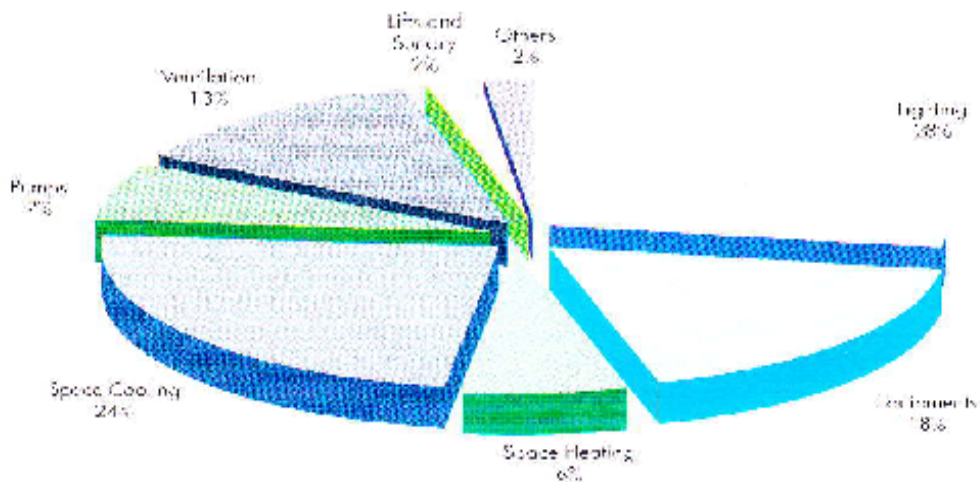
Τα συστήματα VAV λειτουργούν στην προεπιλεγμένη θερμοκρασία των 22 βαθμών Κελσίου, με μια παρέκκλιση των 4 βαθμών προς τα πάνω (καλοκαιρινή περίοδος) και 2 βαθμών προς τα κάτω *χειμερινή περίοδος). Στις βοηθητικές μονάδες ενέργειας των VAV η θερμοκρασία έγχυσης καθορίζεται με βάση την εξωτερική θερμοκρασία αέρα (συγκεκριμένα την Νότια εξωτερική θερμοκρασία).



Σχήμα 6. Έλεγχος Θερμοκρασίας Έγχυσης

6.7 Ενεργειακή ανάλυση

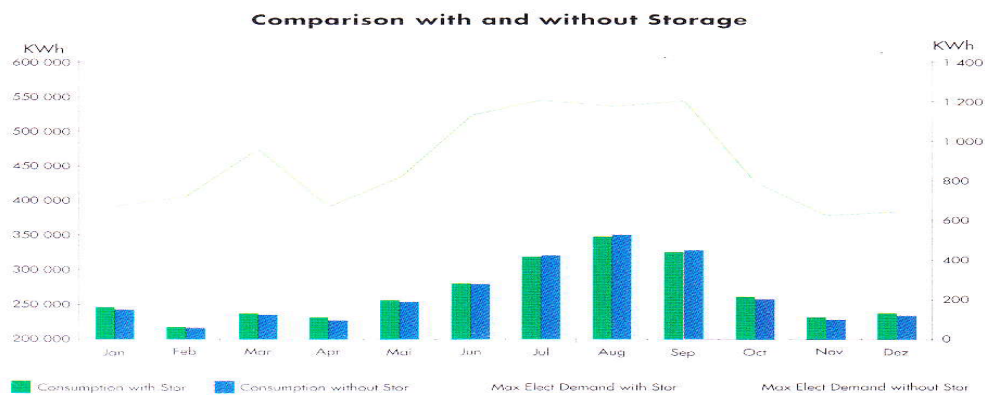
Η Marconi έχει υπογράψει συμβόλαιο παροχής υπηρεσιών με την Εταιρία Ηλεκτρικής Ενέργειας της Πορτογαλίας για μεσαία τάση, μακροχρόνια χρήση και καθημερινό κύκλο εφοδιασμών του κτιρίου. Η προσυπογραμμένη ζήτηση ενέργειας είναι 1500kw ,ενώ η εγκαταστημένη χωρητικότητα είναι 2060 kw. Το κτίριο χρησιμοποιεί περίπου 3680000 kwh το χρόνο, που αντιστοιχεί σε κόστος περίπου 50 εκατομμυρίων Πορτογαλικού Σκούδου ,με δασμολογικά του 1999. Από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τον λογιστικό έλεγχο και την ενεργειακή προσομοίωση, η ηλεκτρική ενεργειακή κατανάλωση διαμοιράστηκε ως εξής:



Σχήμα 7. Ανάλυση ενεργειακής εατανάλωσης

6.8 Ανάλυση της συμβατικής εναλλακτικής λύσης

Στόχος αυτής της μελέτης είναι η ανάλυση του αντίκτυπου που έχει η χρήση των παγολεκάνων. Έτσι πραγματοποιήθηκε μια ενεργειακή προσομοίωση χωρίς το σύστημα των παγολεκάνων, αναθέτοντας την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων στα υπόλοιπα συστήματα ψύξης.



Σχήμα 8. Σύγκριση κατανάλωσης ενέργειας

6.9 Αντίκτυπος από την απουσία των παγολεκάνων

Όπως φαίνεται στον πίνακα ο αντίκτυπος στην ενεργειακή κατανάλωση είναι ελάχιστος, παρόλο που μια μικρή πτώση της εν λόγω ενεργειακής κατανάλωσης προέρχεται από την απουσία των φορτίων που σχετίζονται με τις παγολεκάνες. Η εν λόγω πτώση στην πραγματικότητα προκαλεί επιδείνωση της αποτελεσματικότητας των υπόλοιπων ψυκτικών συστημάτων, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας που απαιτούνται στον εξαμιστήρα. Παρόλα αυτά η ενεργειακή κατανάλωση αυξάνει σημαντικά.

Πίνακας 3 Σύγκριση στοιχείων

	Με αποθήκευση	Χωρίς αποθήκευση
Μέγιστη ενεργειακή ζήτηση(KW)	1069	1291
Ετήσια κατανάλωση (MWH/year)	32074	3186
Ενεργειακό κόστος (1000 NMP)	31421	32713
Power cost (fixed) (10^3 NMP)	4002	4002
Power cost (μεταβλητό) (10^3 NMP)	8005	9477
Σύνολο (10^3 NMP)	43428	46192

Η εναλλακτική λύση χωρίς παγολεκάνες έχει μεγάλο αντίκτυπο στον ενεργειακό λογαριασμό, αφού οδηγεί σε υψηλότερο κόστος και στην ενέργεια αλλά και στην ισχύς (περίπου 3εκ/μύρια το χρόνο σε Πορτογαλικό Σκούδο). Όσον αφορά την άμεση επένδυση, η απουσία των παγολεκάνων και των αντίστοιχων υδραυλικών κυκλωμάτων απαιτεί την επιπλέον εγκατάσταση συστημάτων ψύξης με ενεργειακή ισχύς 300 kw. (βλέπε [3] για όλο το κεφάλαιο)

Κεφάλαιο 7^ο

Περίπτωση Εφαρμογής

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστεί η περίπτωση εφαρμογής συστήματος αποθήκευσης πάγου στα κεντρικά γραφεία του κτιρίου ΑΒΑΞ. Το κτίριο έχει περιγραφεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Για το κτίριο θα γίνει οικονομική ανάλυση για την συμβατική περίπτωση κλιματισμού και την περίπτωση ολικής και μερικής αποθήκευσης πάγου κατά τη διάρκεια ενός έτους. Συγκεκριμένα από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο, μήνες κατά τους οποίους ο κλιματισμός του χώρου εργασίας είναι αναγκαίος λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Στο τέλος θα γίνει συγκριτική αξιολόγηση όλων των περιπτώσεων, ώστε να καταλήξουμε στην οικονομικά πιο βιώσιμη λύση.

Η περίπτωση της μερικής αποθήκευσης πάγου θα μελετηθεί διεξοδικά. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Θα ξεκινήσουμε από την περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται 12 ώρες το βράδυ, δηλαδή από τις 8 μ.μ. Μέχρι τις 8 π.μ.. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με την περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται 10 ώρες το βράδυ και ο ψύκτης λειτουργεί 2 ώρες την ημέρα για την κάλυψη των θερμικών φορτίων. Θα συνεχίσουμε κατά αυτόν τον τρόπο προοδευτικά, μέχρι να καταλήξουμε στην περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται 2 ώρες το βράδυ και ο ψύκτης λειτουργεί για 10 ώρες την ημέρα. Στο τέλος θα γίνει περιγραφή της περίπτωσης όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται όλο το 24ωρο .

7.1 Παραδοχές Εφαρμογής

Στην εφαρμογή λαμβάνουμε υπόψη τις παρακάτω παραδοχές:

- Ο ψύκτης που θα χρησιμοποιηθεί είναι τεχνολογίας inverter. Οι συγκεκριμένοι αποδίδουν καλύτερα και έχουν χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος. Αυτό συμβαίνει αφού μπορούν να μεταβάλλουν τον αριθμό των στροφών του μοτέρ τους ανάλογα με τις ανάγκες ψύξης. Αυτή η μέθοδος έχει αποδειχθεί πως είναι πολύ πιο οικονομική από την απότομη εκκίνηση του κινητήρα ανά τακτά χρονικά διαστήματα.
- Για τη χρέωση της ισχύος και της κατανάλωσης ενέργειας θα δεχθούμε ότι υπάρχει οικονομικό τιμολόγιο για τις ώρες από 8 μ.μ. έως 8 π.μ. Και τιμολόγιο γενικής χρήσης B1 από τις 8 π.μ. έως 8μ.μ. . Το οικονομικό τιμολόγιο δεχόμαστε ότι είναι 50% χαμηλότερο από το τιμολόγιο γενικής χρήσης. Στο τέλος της εργασίας παραθέτουμε το τιμολόγιο γενικής χρήσης B1 της ΔΕΗ.

- Θα λάβουμε υπόψη το προφίλ των ψυκτικών φορτίων μίας τυπικής ημέρας για κάθε μήνα και θα δεχθούμε ότι αυτό θα είναι ίδιο για όλες τις ημέρες του μήνα.
- Επίσης δεχόμαστε ότι τα γραφεία λειτουργούν από Δευτέρα έως και Παρασκευή, ενώ το Σαββατοκύριακο παραμένουν κλειστά.
- Για τον υπολογισμό του κόστους αγοράς των παγολεκάνων και του ψύκτη έγινε έρευνα αγοράς, σύμφωνα με την οποία οι τιμές κυμαίνονται στα εξής επίπεδα: 15€/kWh για τις παγολεκάνες και 200€/kW για τους ψύκτες.
- Ο ψύκτης κατά την διάρκεια της ημέρας θα λειτουργεί τις ώρες όπου υπάρχουν τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.
- Δεχόμαστε ότι οι παγολεκάνες έχουν εγκατασταθεί σε κατάλληλο χώρο, έτσι ώστε να μην υπάρχουν ενεργειακές απώλειες. Δηλαδή σε υπόγειο ή κάτω από υπόστεγο για την περίπτωση όπου έχουν εγκατασταθεί στην οροφή του κτιρίου .
- Τέλος οι ψύκτες όταν φτιάχνουν πάγο παρουσιάζουν την ίδια πτώση ισχύος. Για τη εφαρμογή μας δεχόμαστε ότι η πτώση ισχύος όταν φτιάχνουμε πάγο θα είναι της τάξεως του 30 %.

7.2 Διαδικασία μελέτης

1. Αρχικά θα δοθεί το προφίλ των ημερήσιων φορτίων, της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, του COP του ψύκτη και η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων στην συμβατική περίπτωση. Ξεκινάμε από τον μήνα Αύγουστο, κατά τον οποίο παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ψυκτικά φορτία, με βάση των οποίων θα επιλεγθούν ο ψύκτης και οι παγολεκάνες.
2. Εξετάζουμε τη συμβατική περίπτωση κλιματισμού και παρουσιάζουμε τα λειτουργικά έξοδα.
3. Εξετάζουμε την περίπτωση ολικής αποθήκευσης πάγου με φόρτιση των παγολεκάνων το βράδυ για 12 ώρες.
4. Εξετάζεται η περίπτωση μερικής αποθήκευσης.
 - Ξεκινάμε με την περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται για 12 ώρες το βράδυ και ο ψύκτης δεν λειτουργεί την ημέρα.
 - Συνεχίζουμε αφαιρώντας 2 ώρες φόρτισης από τις παγολεκάνες και τις χρησιμοποιούμε για την λειτουργία του ψύκτη κατά την διάρκεια της ημέρας. Συγκεκριμένα ο ψύκτης θα λειτουργήσει τις ώρες κατά τις οποίες έχουμε μεγαλύτερα ψυκτικά φορτία.

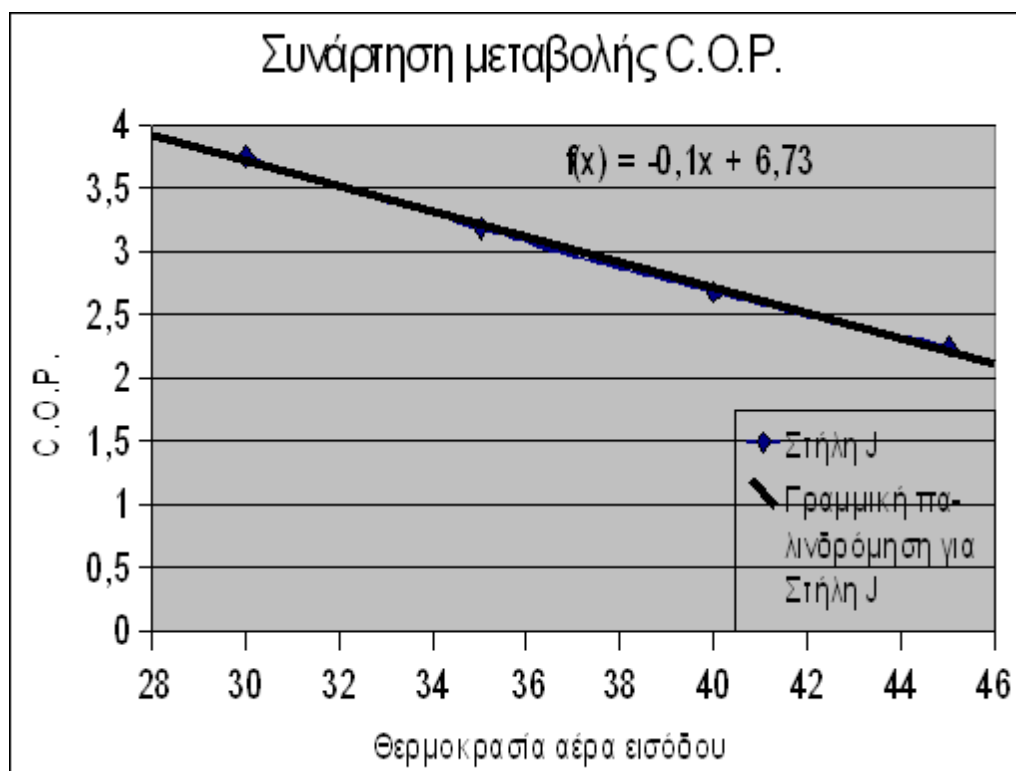
- Επαναλαμβάνουμε το δεύτερο βήμα έως ότου φθάσουμε στην περίπτωση όπου οι παγολεκάνες θα φορτίζονται για 2 ώρες το βράδυ και ο ψύκτης λειτουργεί για 10 ώρες την ημέρα.
5. Εξετάζεται η περίπτωση ολικής αποθήκευσης πάγου, όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται όλο το 24ωρο. Παραθέτουμε τα λειτουργικά έξοδα της περίπτωσης.
 6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 1 και 5 για τους υπόλοιπους μήνες κατά τους οποίους κρίνεται αναγκαίος ο κλιματισμός των γραφείων.
 7. Παραθέτουμε τα οικονομικά στοιχεία της κάθε περίπτωσης. Αυτά θα είναι το κόστος αγοράς, και λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Συγκρίνουμε τα οικονομικά στοιχεία και υπολογίζουμε το χρόνο αποπληρωμής. Στο τέλος εξετάσουμε αν η επένδυση είναι αποδοτική ή ασύμφορη ανάλογα με τα οικονομικά στοιχεία.

Ψύκτης Εφαρμογής

Από τις εργοστασιακές προδιαγραφές του ψύκτη προκύπτουν τα παρακάτω στοιχεία για την συμπεριφορά του C.O.P. Σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα εισόδου :

Θερμοκρασία Αέρα Εισόδου (°C)	C.O.P.
30	3,75
35	3,19
40	2,68
45	2,25

Με βάση του παραπάνω πίνακα και με χρήση κατάλληλου προγράμματος (Excel) προκύπτει η παρακάτω γραφική παράσταση :



Σχήμα 1. Διάγραμμα σχέσης μεταβολής C.O.P. Ψύκτη

Με βάση τη συνάρτηση που φαίνεται στο σχήμα θα υπολογίζεται ο C.O.P. του ψύκτη σε κάθε περίπτωση .

7.3 Εφαρμογή Αυγούστου

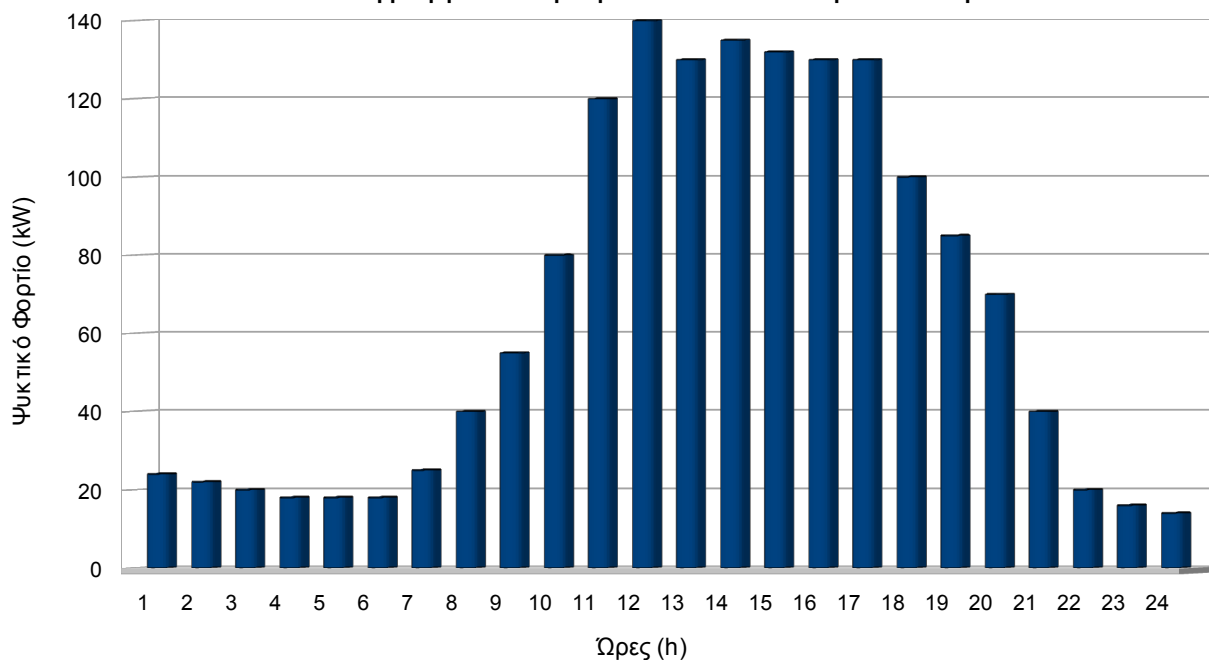
Αρχίζουμε την μελέτη εφαρμογής από τον Αύγουστο, αφού αυτόν τον μήνα παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα ψυκτικά φορτία. Ο ψύκτης και η παρολεκάνες επιλέγονται με σκοπό την κάλυψη των μέγιστων ψυκτικών φορτίων.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται από τον ψύκτη για την κάλυψη των φορτίων ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 1. Ψυκτικά Φορτία Αυγούστου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	24	26,5	3,75	
2	22	26,2	3,75	
3	20	25,9	3,75	
4	18	25,6	3,75	
5	18	25,3	3,75	
6	18	25,3	3,75	
7	25	26,1	3,75	
8	40	27,8	3,75	10,67
9	55	29,8	3,75	14,67
10	80	31,5	3,57	22,42
11	120	32,7	3,45	34,8
12	140	33,5	3,37	41,56
13	130	34,1	3,31	39,3
14	135	34,2	3,3	40,93
15	132	34,3	3,29	40,14
16	130	34	3,32	39,18
17	130	33,3	3,39	38,37
18	100	32,3	3,49	28,67
19	85	30,9	3,63	23,42
20	70	29	3,75	
21	40	28,3	3,75	
22	20	27,7	3,75	
23	16	27,3	3,75	
24	14	26,9	3,75	

Διάγραμμα 1. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Αυγούστου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Στα κτίρια των γραφείων της εταιρείας ΑΒΑΞ έχουν επιλεγθεί δύο ψύκτες. Ένας με ισχύς 140 kW και ο εφεδρικός με ισχύς 100 kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \quad (1)$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (2)$$

Η χρέωση στη συμβατική περίπτωση υπολογίζεται με βάση το γενικό τιμολόγιο Β1 της ΔΕΗ. Σύμφωνα με το οποίο ισχύει

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	12,0640	0,07185

Άρα για τον μήνα Αύγουστο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις
Ενέργειας (€)	501,43
Ισχύος (€)	591,37

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 12 μ.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Στη συνέχεια περιγράφουμε την περίπτωση όπου ο ψύκτης λειτουργεί 12 ώρες το βράδυ. Δεχόμαστε ότι η χρέωση είναι το 50% του γενικού τιμολογίου B1. Για την κάλυψη όλου του φορτίου απαιτούνται δύο παγολεκάνες των 600 kWh.

Ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει πλήρως τις παγολεκάνες κατά το 12ωρο της λειτουργίας του. Και επειδή η απόδοσή του είναι 30% χαμηλότερη από την ονομαστική του, η ισχύς που δίνει είναι $140 \cdot 0,7 = 100$ kW. Και στις 12 ώρες που λειτουργεί αποδίδει 1200 kWh. Για την κάλυψη όλων των ψυκτικών φορτίων (1277 kWh) απαιτείται η λειτουργία και του εφεδρικού ψύκτη. Για την μείωση της χρέωσης της ισχύος, είναι σοφό ο ψύκτης να λειτουργήσει όλο το 12ωρο και σε πολύ πιο χαμηλή ισχύ (9,17 kW) για τη κάλυψη του υπόλοιπου φορτίου.

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} \cdot 0,7 = I \quad (3)$$

Όπου ο C.O.P. είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. E η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα συνολικά η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$40 + 2,57 = 42,57 \text{ kW} \quad (4)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$40(\text{kW}) \cdot 12(\text{h}) + 2,57(\text{kW}) \cdot 12(\text{h}) = 510,84 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (5)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Αύγουστο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	403,74
Ισχύος	256,77

Παρατηρούμε ότι υπάρχει σημαντική μείωση στη χρέωση της ισχύος λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη και του μειωμένου τιμολογίου.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες.

Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή στις 12π.μ. και στις 13μ.μ. Με μια διακοπή ενδιάμεσα για μια ώρα.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 140 kW. Ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 967 kWh.

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. ,η οποία είναι 40 kWel..

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(140*0,7)/2,5=39,2 \text{ kW} \quad (6)$$

$$\text{και} \quad 39,2*10=392 \text{ kWh} \quad (7)$$

Η χρέωση για την κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι 50% του κανονικού τιμολογίου, ενώ η χρέωση ισχύος είναι ίδια με την συμβατική περίπτωση, διότι η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας συμβαίνει τις μεσημεριανές ώρες.

Η κατανάλωση ενέργειας από τις 12μ.μ. έως τις 13μ.μ. ,είναι ίδια με της συμβατικής περίπτωσης δηλαδή 80,86 kWh. Και η χρέωση είναι 127,82 €/μήνα.

Συνολικά για το μήνα η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	437,63
Ισχύος	482,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή καταλήγουμε σε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12π.μ.,μέχρι τις 16μ.μ..

Οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 747 kWh και η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι:

$$130/3,5=37,14 \text{ kW} \quad (8)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$[(130*0,7)/2,5]*8=291,2 \text{ kWh/ημέρα} \quad (9)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(12)+\frac{P}{C.O.P.}(13)+\frac{P}{C.O.P.}(14)+\frac{P}{C.O.P.}(15) \quad (10)$$

όπου P η ισχύς του ψύκτη (130kW) και C.O.P. ,ο συντελεστής συμπεριφοράς του ψύκτη τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας, όπως δίνονται στον Πίνακα 1.

Προκύπτουν για τον Αύγουστο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	478,07
Ισχύος	448,09

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Επιλέγουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12π.μ.,μέχρι τις 18μ.μ..

Οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 497,6 kWh και η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι:

$$125/3,5=35,71 \text{ kW} \quad (11)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$[(125*0,7)/2,5]*6=214,29 \text{ kWh/ημέρα} \quad (12)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(12)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(17) \quad (13)$$

όπου P η ισχύς του ψύκτη (125kW) και C.O.P. ,ο συντελεστής συμπεριφοράς του ψύκτη τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας, όπως δίνονται στον Πίνακα 1.

Προκύπτουν για τον Αύγουστο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	525,61
Ισχύος	430,86

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Επιλέγουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 325,67 kWh και η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι:

$$118/3,5=33,37 \text{ kW} \quad (14)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$[(118*0,7)/2,5]*4=134,8 \text{ kWh/ημέρα} \quad (15)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(11)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(18) \quad (16)$$

όπου P η ισχύς του ψύκτη (118kW) και C.O.P. ,ο συντελεστής συμπεριφοράς του ψύκτη τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας, όπως δίνονται στον Πίνακα 1.

Προκύπτουν για τον Αύγουστο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	550,39
Ισχύος	406,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Επιλέγουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 20μ.μ..

Οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 164,1 kWh και η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι:

$$118/3,5=33,37 \text{ kW} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$[(118*0,7)/2,5]*2=67,4 \text{ kWh/ημέρα} \quad (18)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(10)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (19)$$

όπου P η ισχύς του ψύκτη (118kW) και C.O.P. ,ο συντελεστής συμπεριφοράς του ψύκτη τις αντίστοιχες ώρες λειτουργίας, όπως δίνονται στον Πίνακα 1.

Προκύπτουν για τον Αύγουστο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	561,43
Ισχύος	406,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει συμβατικά τις ώρες που λειτουργούν τα γραφεία (8π.μ.-20μ.μ.) και τις υπόλοιπες ώρες θα φορτίζει τις παγολεκάνες.

Επιλέγουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 518,67 kWh.

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, όπου στην συγκεκριμένη είναι ίδια για όλες τις ώρες και είναι ίση με:

$$65\text{kWth}/3,5=18,6 \text{ kWel} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$[(65*0,7)/2,5]*12=218,4 \text{ kWh} \quad (21)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (22)$$

όπου P=65 kW και C.O.P.(#) ο συντελεστής συμπεριφοράς τις συγκεκριμένες ώρες (Πίνακας1).

Τελικά για τον Αύγουστο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	514,26
Ισχύος	224,39

7.4 Εφαρμογή Απριλίου

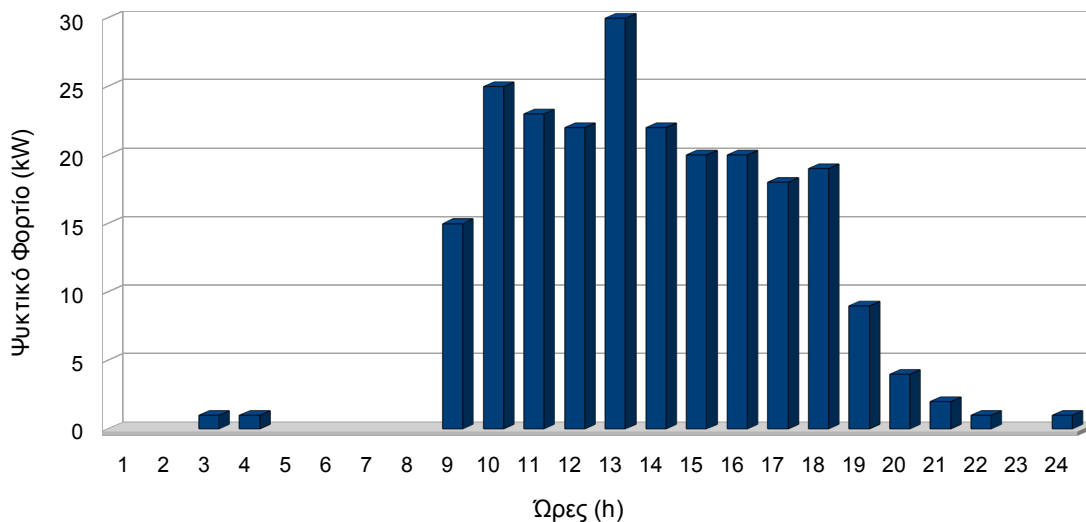
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν στον μήνα Αύγουστο.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 2. Ψυκτικά Φορτία Απριλίου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	0	13,3	3,75	
2	0	13,0	3,75	
3	1	12,8	3,75	
4	1	12,6	3,75	
5	0	12,4	3,75	
6	0	12,2	3,75	
7	0	12,4	3,75	
8	0	13,4	3,75	0
9	15	14,7	3,75	4
10	25	16,4	3,75	6,67
11	23	17,7	3,75	6,13
12	22	18,6	3,75	5,87
13	30	19,1	3,75	8
14	22	19,4	3,75	5,87
15	20	19,3	3,75	5,33
16	20	19,0	3,75	5,33
17	18	18,3	3,75	4,8
18	19	17,2	3,75	5,07
19	9	16,2	3,75	2,4
20	4	15,1	3,75	
21	2	14,7	3,75	
22	1	14,3	3,75	
23	0	14,0	3,75	
24	1	13,7	3,75	

Διάγραμμα 2. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Απριλίου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για τον Απρίλιο είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140 kW.

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο ψύκτης δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \quad (1)$$

που P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (2)$$

Άρα για τον μήνα Απρίλιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

Ενέργειας (€)	94
Ισχύος (€)	96,51

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 13 μ.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Παρατηρούμε ότι τα συνολικά ψυκτικά φορτία για μια ημέρα του Απριλίου είναι πολύ μικρά. Ως αποτέλεσμα αυτού ο ψύκτης μπορεί να φορτίσει τις παγολεκάνες σε 2 ώρες περίπου για την κάλυψη των φορτίων. Ωστόσο είναι οικονομικότερο να θέσουμε τον ψύκτη σε 12ωρη λειτουργία και σε χαμηλότερη ισχύς από την ονομαστική του.

Προκύπτει με δοκιμές ότι ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα 26,6 kW.

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (3)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. E η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(26,6 * 0,7) / 2,5 = 7,44 \text{ kW} \quad (4)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$7,44(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 89,28 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (5)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Απρίλιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	70,56
Ισχύος	44,88

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες. Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 12π.μ. μέχρι και τις 13μ.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης

με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 166,5 kWh, δηλαδή 16,65 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$16,65/0,7= 23,8 \text{ kW} \quad (6)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 13μ.μ. ,η οποία είναι:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (7)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$16,65/2,5=6,66 \text{ kW} \quad (8)$$

και $39,2*10=66,6 \text{ kWh/ημέρα} \quad (9)$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο B1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$13,87 \text{ kWh/ημέρα} \quad (10)$$

Συνολικά για το μήνα Απρίλιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	74,56
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 13μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 120 kWh, δηλαδή 15kWh/ώρα..Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$15/0,7=21,43 \text{ kW} \quad (11)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 13μ.μ. και είναι ίδια με την προηγούμενη εφαρμογή:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (12)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$[15/2,5]*8=48 \text{ kWh/ημέρα} \quad (13)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$26,67\text{kWh/ημέρα} \quad (14)$$

Προκύπτουν για τον Απρίλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	80,09
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 15μ.μ..

Άπο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 79 kWh ,δηλαδή 13,2kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$13,2/0,7=18,9 \text{ kW} \quad (15)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 13μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(13,2/2,5)*6=31,68 \text{ kWh/ημέρα} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$37,87\text{kWh/ημέρα} \quad (18)$$

Προκύπτουν για τον Απρίλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	84,89
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 17μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 60 kWh ,δηλαδή 15kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$15/0,7=21,43 \text{ kW} \quad (19)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 13μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(21,43/2,5)*4=34,29 \text{ kWh/ημέρα} \quad (21)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$48\text{kWh/ημέρα} \quad (22)$$

Προκύπτουν για τον Απρίλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	102,97
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 9π.μ.,μέχρι τις 18μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 14 kWh ,δηλαδή 7kWh/ώρα.

Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$7/0,7=10 \text{ kW} \quad (23)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 13μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (24)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(7/2,5)*2=5,6 \text{ kWh/ημέρα} \quad (25)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$57,07\text{kWh/ημέρα} \quad (26)$$

Προκύπτουν για τον Απρίλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	94,63
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα φορτία μπορούν να καλυφθούν με τη φόρτιση των παγολεκάνων, άρα ο ψύκτης δε χρειάζεται να μπει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 218,5 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 18,2 kWh/ώρα. Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$18,2/0,7=26\text{kWel} \quad (27)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, όπου στην συγκεκριμένη είναι ίδια για όλες τις ώρες και είναι ίση με:

$$30\text{kWth}/3,5=8,57 \text{ kWel} \quad (28)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(18,2/2,5)*12=87,36 \text{ kWh} \quad (29)$$

Τελικά για τον Απρίλιο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	69,04
Ισχύος	51,7

7.3 Εφαρμογή Μαΐου

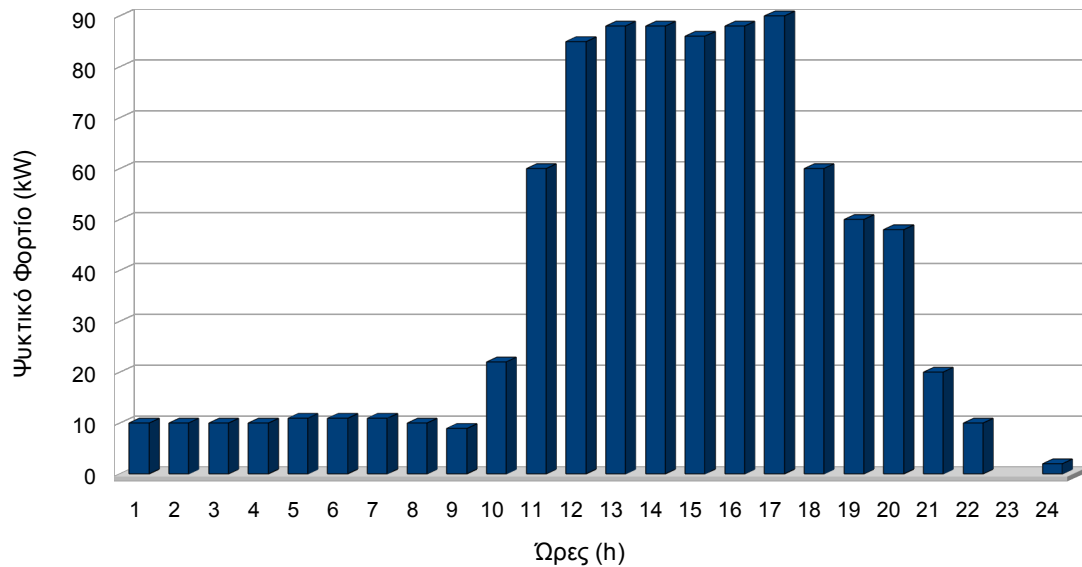
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν στον μήνα Απρίλιο.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική του ψύκτη ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 3. Ψυκτικά Φορτία Μαΐου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	10	18,1	3,75	
2	10	17,8	3,75	
3	10	17,6	3,75	
4	10	17,3	3,75	
5	11	17,1	3,75	
6	11	17,1	3,75	
7	11	17,8	3,75	
8	10	19,3	3,75	2,67
9	9	20,9	3,75	2,4
10	22	22,4	3,75	5,87
11	60	23,6	3,75	16
12	85	24,4	3,75	22,67
13	88	24,8	3,75	23,47
14	88	25,0	3,75	23,47
15	86	24,9	3,75	22,93
16	88	24,4	3,75	23,47
17	90	23,7	3,75	24
18	60	22,6	3,75	16
19	50	21,5	3,75	13,33
20	48	20,2	3,75	
21	20	19,5	3,75	
22	10	19,1	3,75	
23	0	18,8	3,75	
24	2	18,5	3,75	

Διάγραμμα 3. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Μαΐου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για τον Μάιο είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \tag{1}$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \tag{2}$$

Άρα για τον μήνα Μάιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις
Ενέργειας (€)	310,24
Ισχύος (€)	289,54

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 17 μ.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Ο ψύκτης για να καλύψει όλα τα ψυκτικά φορτία πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$87,64\text{kW} \quad (3)$$

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (4)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. E η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(87,64 * 0,7) / 2,5 = 24,54 \text{ kW} \quad (5)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$24,54(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 298,48 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (6)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Απρίλιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	232,74
Ισχύος	148,03

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες. Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 16μ.μ. μέχρι και τις 17μ.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 540,5 kWh, δηλαδή 54,05 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$54,05 / 0,7 = 77,2 \text{ kW} \quad (7)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 17μ.μ. ,η οποία είναι:

$$90/3,5=25,71 \text{ kW} \quad (8)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(54,05/2,5)*10=216,2 \text{ kWh} \quad (9)$$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο Β1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$47,47 \text{ kWh/ημέρα} \quad (10)$$

Συνολικά για το μήνα Μάιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	245,9
Ισχύος	310,22

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 14μ.μ.,μέχρι τις 17μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 365,5 kWh, δηλαδή 45,7kWh/ώρα..Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$45,7/0,7=65,3 \text{ kW} \quad (11)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 17μ.μ. και είναι ίδια με την προηγούμενη εφαρμογή:

$$90/3,5=25,71 \text{ kW} \quad (12)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(45,7/2,5)*8=146,24 \text{ kWh/ημέρα} \quad (13)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$93,87 \text{ kWh/ημέρα} \quad (14)$$

Προκύπτουν για τον Μάιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	263,96
Ισχύος	310,22

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12π.μ.,μέχρι τις 17μ.μ..

Άπο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 197,5 kWh ,δηλαδή 32,92kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$32,92/0,7=47,03 \text{ kW} \quad (15)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 17μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$90/3,5=25,71 \text{ kW} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(32,92/2,5)*6=79,01 \text{ kWh/ημέρα} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$140 \text{ kWh/ημέρα} \quad (18)$$

Προκύπτουν για τον Μάιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	283,74
Ισχύος	310,22

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 18μ.μ..

Άπο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 131,5 kWh ,δηλαδή 32,88kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$32,88/0,7=46,98 \text{ kW} \quad (19)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 17μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$90/3,5=25,71 \text{ kW} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(32,88/2,5)*4=52,61 \text{ kWh/ημέρα} \quad (21)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$172 \text{ kWh/ημέρα} \quad (22)$$

Προκύπτουν για τον Μάιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	313,46
Ισχύος	310,22

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 20 kWh ,δηλαδή 10kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$10/0,7=14,3 \text{ kW} \quad (23)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 17μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$90/3,5=25,71 \text{ kW} \quad (24)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(10/2,5)*2=8 \text{ kWh/ημέρα} \quad (25)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$191,2 \text{ kWh/ημέρα} \quad (26)$$

Προκύπτουν για τον Μάιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	308,55
Ισχύος	310,22

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει συμβατικά τις ώρες που λειτουργούν τα γραφεία (8π.μ.-20μ.μ.) και τις υπόλοιπες ώρες θα φορτίζει τις παγολεκάνες.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 130,92 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 10,91 kWh/ώρα.

Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$10,91/0,7=15,6 \text{ kWel} \quad (27)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας:

$$65\text{kWth}/3,5=18,6 \text{ kWel} \quad (28)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(10,91/2,5)*12=52,37 \text{ kWh} \quad (29)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19)=160,07 \text{ kWh} \quad (30)$$

όπου $P < 65 \text{ kW}$ και C.O.P.(#) ο συντελεστής συμπεριφοράς τις συγκεκριμένες ώρες (Πίνακας1)

Τελικά για τον Μάιο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	294,41
Ισχύος	224,05

7.4 Εφαρμογή Ιουνίου

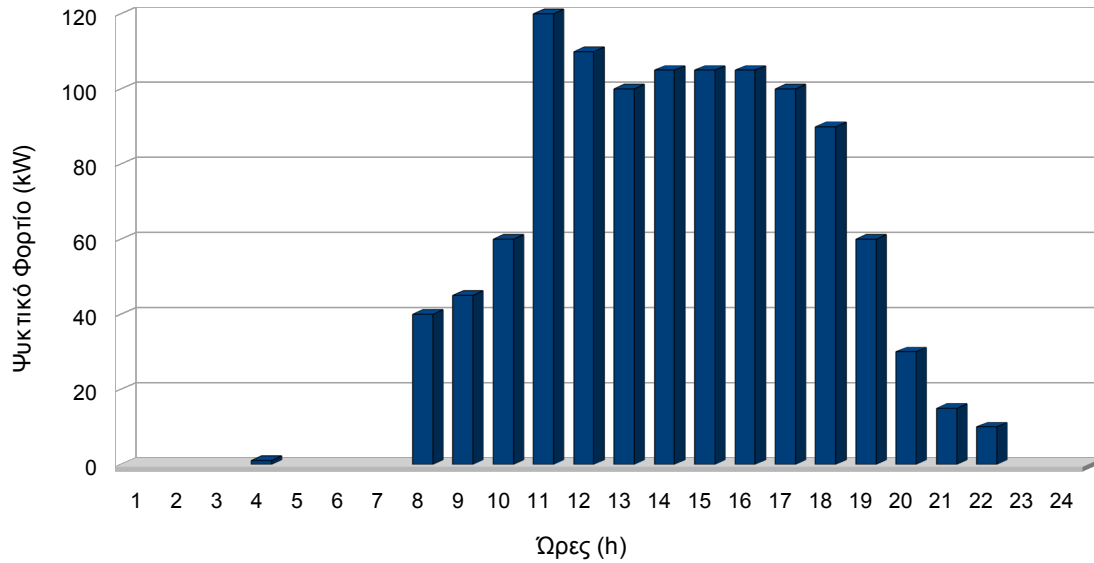
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν στον μήνα Μάιο.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 4. Ψυκτικά Φορτία Ιουνίου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	0	22,9	3,75	
2	0	22,6	3,75	
3	0	22,4	3,75	
4	1	22,1	3,75	
5	0	21,9	3,75	
6	0	21,9	3,75	
7	0	22,8	3,75	
8	40	24,6	3,75	10,67
9	45	26,4	3,75	12
10	60	27,9	3,75	16
11	120	29,0	3,75	32
12	110	29,8	3,75	29,33
13	100	30,4	3,68	27,15
14	105	30,6	3,66	28,67
15	105	30,5	3,67	28,63
16	105	30,2	3,7	28,39
17	100	29,6	3,75	26,67
18	90	28,5	3,75	24
19	60	27,1	3,75	16
20	30	25,5	3,75	
21	15	24,6	3,75	
22	10	24,1	3,75	
23	0	23,7	3,75	
24	0	23,4	3,75	

Διάγραμμα 4. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Ιουνίου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για την κάλυψη των φορτίων είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \quad (1)$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (2)$$

Άρα για τον μήνα Μάιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις
Ενέργειας (€)	441,81
Ισχύος (€)	386,05

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 11 π.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Ο ψύκτης για να καλύψει όλα τα ψυκτικά φορτία πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$123,81\text{kW} \quad (3)$$

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (4)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. Ε η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(123,81 * 0,7) / 2,5 = 34,67 \text{ kW} \quad (5)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$34,67(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 416 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (6)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Ιούνιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	328,79
Ισχύος	209,11

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες. Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 11π.μ. μέχρι και τις 12π.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 790 kWh, δηλαδή 79 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$79 / 0,7 = 112,86 \text{ kW} \quad (7)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11π.μ. ,η οποία είναι:

$$120/3,5=34,29 \text{ kW} \quad (8)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(79/2,5)*10=316 \text{ kWh} \quad (9)$$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο B1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$61,33 \text{ kWh/ημέρα} \quad (10)$$

Συνολικά για το μήνα Ιούνιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	346,7
Ισχύος	413,62

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 14μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 485 kWh, δηλαδή 60,63kWh/ώρα..Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$60,63/0,7=86,61 \text{ kW} \quad (11)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι ίδια με την προηγούμενη εφαρμογή:

$$120/3,5=34,29 \text{ kW} \quad (12)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(60,63/2,5)*8=194,02 \text{ kWh/ημέρα} \quad (13)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$117,15 \text{ kWh/ημέρα} \quad (14)$$

Προκύπτουν για τον Ιούνιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	338,51
Ισχύος	413,62

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 16μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 375 kWh ,δηλαδή 62,5kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$62,5/0,7=89,3 \text{ kW} \quad (15)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι ίδια με τις προηγούμενες εφαρμογές:

$$120/3,5=34,29 \text{ kW} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(62,5/2,5)*6=150 \text{ kWh/ημέρα} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$174,17 \text{ kWh/ημέρα} \quad (18)$$

Προκύπτουν για τον Ιούνιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	393,86
Ισχύος	413,62

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 18μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 279,2 kWh ,δηλαδή 69,8kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$69,8/0,7=99,72 \text{ kW} \quad (19)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι :

$$118/3,5=33,71 \text{ kW} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(69,8/2,5)*4=111,68 \text{ kWh/ημέρα} \quad (21)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$224,3 \text{ kWh/ημέρα} \quad (22)$$

Προκύπτουν για τον Ιούνιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	442,82
Ισχύος	406,73

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 62,8 kWh ,δηλαδή 31,4kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$31,4/0,7=44,9 \text{ kW} \quad (23)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι :

$$118/3,5=33,7 \text{ kW} \quad (24)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(31,4/2,5)*2=25,12 \text{ kWh/ημέρα} \quad (25)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$256,3 \text{ kWh/ημέρα} \quad (26)$$

Προκύπτουν για τον Μάιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	424,99
Ισχύος	406,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει συμβατικά τις ώρες που λειτουργούν τα γραφεία (8π.μ.-20μ.μ.) και τις υπόλοιπες ώρες θα φορτίζει τις παγολεκάνες.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 310,63 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 25,9 kWh/ώρα. Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$25,9/0,7=37 \text{ kWel} \quad (27)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας:

$$65\text{kWh}/3,5=18,6 \text{ kWel} \quad (28)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(25,9/2,5)*12=124,32 \text{ kWh} \quad (29)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8)+\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19)=194,56 \text{ kWh} \quad (30)$$

όπου $P < 65 \text{ kW}$ και $C.O.P.(\#)$ ο συντελεστής συμπεριφοράς τις συγκεκριμένες ώρες (Πίνακας1)

Τελικά για τον Ιούνιο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	405,79
Ισχύος	224,39

7.5 Εφαρμογή Ιουλίου

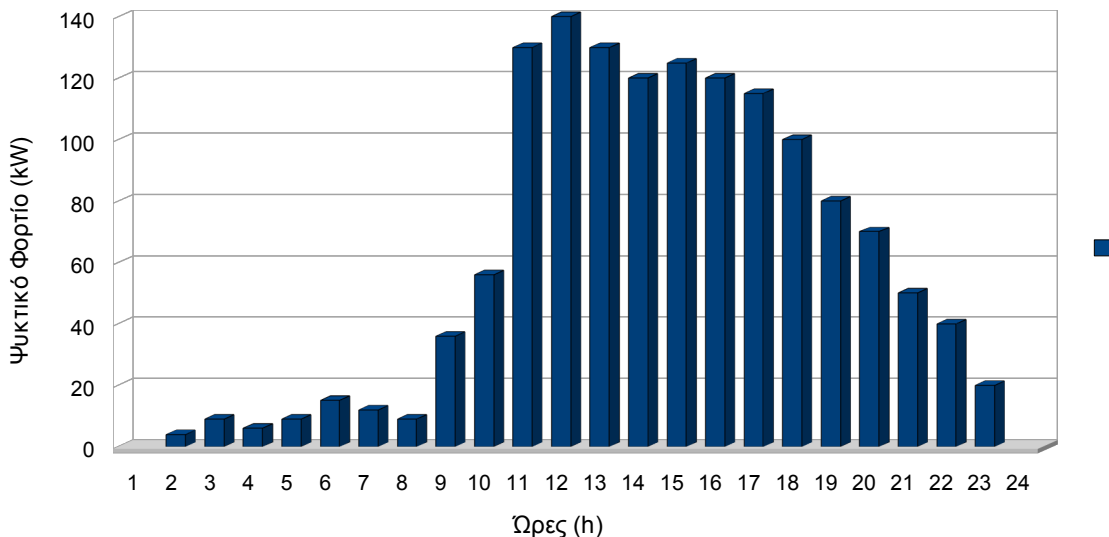
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν στον μήνα Μάιο.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 5. Ψυκτικά Φορτία Ιουλίου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	0	25,2	3,75	
2	4	24,9	3,75	
3	9	24,6	3,75	
4	6	24,4	3,75	
5	9	24,1	3,75	
6	15	24,1	3,75	
7	12	24,8	3,75	
8	9	26,5	3,75	2,4
9	36	28,4	3,75	9,6
10	56	30,0	3,75	14,93
11	130	31,1	3,61	36,04
12	140	31,9	3,53	39,71
13	130	32,4	3,47	37,42
14	120	32,6	3,46	34,71
15	125	32,7	3,45	36,21
16	120	32,4	3,48	34,46
17	115	31,7	3,55	32,43
18	100	30,7	3,64	27,44
19	80	29,4	3,75	21,33
20	70	27,6	3,75	
21	50	26,9	3,75	
22	40	26,4	3,75	
23	20	26,0	3,75	
24	0	25,6	3,75	

Διάγραμμα 5. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Ιουλίου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \tag{1}$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWh και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \tag{2}$$

Άρα για τον μήνα Ιούλιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	516,42
Ισχύος	479,09

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 12 π.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Ο ψύκτης για να καλύψει όλα τα ψυκτικά φορτία πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$138,21\text{kW}$$

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (3)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. Ε η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(138,21 * 0,7) / 2,5 = 38,7 \text{ kW} \quad (4)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$38,7(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 464,4 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (5)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Ιούλιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	367,04
Ισχύος	233,44

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες. Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 11π.μ. μέχρι και τις 12π.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 857 kWh, δηλαδή 85,7 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$85,7 / 0,7 = 122,43 \text{ kW} \quad (6)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12π.μ. ,η οποία είναι:

$$140/3,5=40 \text{ kW} \quad (7)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(85,7/2,5)*10=342,8 \text{ kWh} \quad (8)$$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο Β1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$77,13 \text{ kWh/ημέρα}$$

Συνολικά για το μήνα Ιούλιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	392,86
Ισχύος	482,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι τις 14μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 582,5 kWh, δηλαδή 72,82kWh/ώρα...Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$72,82/0,7=104,03 \text{ kW} \quad (9)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι :

$$130/3,5=37,14 \text{ kW} \quad (10)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(72,82/2,5)*8=233,02 \text{ kWh/ημέρα} \quad (11)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$145,06 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Ιούλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	413,46
Ισχύος	448,09

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ. μέχρι τις 16μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 390,75 kWh ,δηλαδή 65,13kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$65,13/0,7=89,3 \text{ kW} \quad (12)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι :

$$125/3,5=26,59 \text{ kW} \quad (13)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(65,13/2,5)*6=156,31 \text{ kWh/ημέρα} \quad (14)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$211,48 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Ιούλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	457,83
Ισχύος	320,73

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ. μέχρι τις 18μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 306,4 kWh ,δηλαδή 76,6kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$76,6/0,7=109,43 \text{ kW} \quad (15)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι :

$$118/3,5=33,71 \text{ kW} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(76,6/2,5)*4=122,56 \text{ kWh/ημέρα} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$262,61 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Ιούλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	511,34
Ισχύος	406,73

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 84,37 kWh ,δηλαδή 42,2kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$42,2/0,7=60,3 \text{ kW} \quad (18)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι :

$$118/3,5=33,7 \text{ kW} \quad (19)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(42,2/2,5)*2=33,76 \text{ kWh/ημέρα} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$298,5 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Ιούλιο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	498,52
Ισχύος	406,56

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει συμβατικά τις ώρες που λειτουργούν τα γραφεία (8π.μ.-20μ.μ.) και τις υπόλοιπες ώρες θα φορτίζει τις παγολεκάνες.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 463,55 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 38,63 kWh/ώρα.

Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$55,2/0,7=37 \text{ kWel} \quad (21)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας:

$$65\text{kWh}/3,5=18,6 \text{ kWel} \quad (22)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(25,9/2,5)*12=185,42 \text{ kWh} \quad (23)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19)=191,9 \text{ kWh} \quad (24)$$

όπου $P < 65 \text{ kW}$ και $C.O.P.(\#)$ ο συντελεστής συμπεριφοράς τις συγκεκριμένες ώρες (Πίνακας1)

Τελικά για τον Ιούλιο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	448,89
Ισχύος	224,39

7.6 Εφαρμογή Σεπτεμβρίου

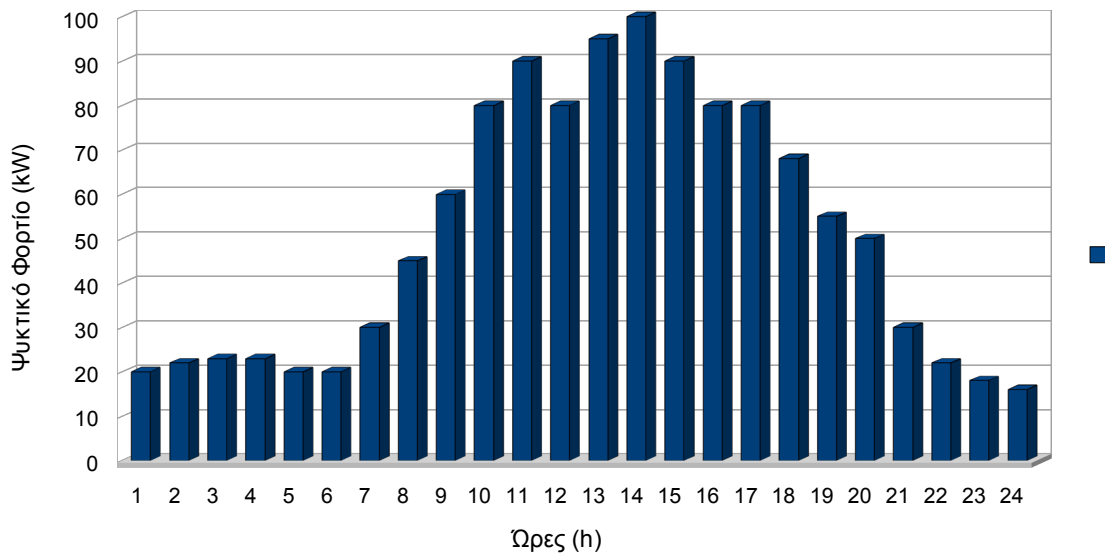
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 6. Ψυκτικά Φορτία Σεπτεμβρίου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ενέργεια (kW)
1	20	21,6	3,75	
2	22	21,3	3,75	
3	23	21,1	3,75	
4	23	20,9	3,75	
5	20	20,7	3,75	
6	20	20,5	3,75	
7	30	20,6	3,75	
8	45	21,3	3,75	12
9	60	22,9	3,75	16
10	80	24,8	3,75	21,33
11	90	26,5	3,75	24
12	80	27,5	3,75	21,33
13	95	28,2	3,75	25,33
14	100	28,5	3,75	26,67
15	90	28,3	3,75	24
16	80	27,9	3,75	21,33
17	80	26,9	3,75	21,33
18	68	25,5	3,75	18,13
19	55	24,4	3,75	14,67
20	50	23,4	3,75	
21	30	22,9	3,75	
22	22	22,5	3,75	
23	18	22,1	3,75	
24	16	21,8	3,75	

Διάγραμμα 6. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Σεπτεμβρίου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για τον είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \quad (1)$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (2)$$

Άρα για τον Σεπτέμβριο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις
Ενέργειας (€)	389,06
Ισχύος (€)	321,71

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 14 μ.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Ο ψύκτης για να καλύψει όλα τα ψυκτικά φορτία πρέπει να λειτουργήσει στα: 109,89kW

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (3)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. E η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(109,89 * 0,7) / 2,5 = 30,77 \text{ kW} \quad (4)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$30,77(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 369,22 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (5)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Ιούνιο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	291,81
Ισχύος	185,59

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες.

Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 13μ.μ. μέχρι και τις 14μ.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 718,5 kWh, δηλαδή 71,85 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$71,85 / 0,7 = 102,65 \text{ kW} \quad (6)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 14μ.μ. ,η οποία είναι:

$$100/3,5=28,57 \text{ kW} \quad (7)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(71,85/2,5)*10=287,4 \text{ kWh} \quad (8)$$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο B1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$52 \text{ kWh/ημέρα}$$

Συνολικά για το μήνα Ιούνιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	309,34
Ισχύος	344,69

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12π.μ.,μέχρι και τις 15μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 545,5 kWh, δηλαδή 68,2kWh/ώρα..Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$68,2/0,7=97,43 \text{ kW} \quad (9)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 14μ.μ. και είναι :

$$100/3,5=28,57 \text{ kW} \quad (10)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(68,2/2,5)*8=218,24 \text{ kWh/ημέρα} \quad (11)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$97,33 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Σεπτέμβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	326,34
Ισχύος	344,69

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 11π.μ.,μέχρι και τις 16μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 381 kWh ,δηλαδή 63,5kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$63,5/0,7=89,3 \text{ kW} \quad (12)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι :

$$100/3,5=28,57 \text{ kW} \quad (13)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(63,5/2,5)*6=152,4 \text{ kWh/ημέρα} \quad (14)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$142,67 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Σεπτέμβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	345,96
Ισχύος	344,69

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 17μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 225,5 kWh ,δηλαδή 56,38kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$56,38/0,7=80,54 \text{ kW} \quad (15)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 14μ.μ. και είναι :

$$100/3,5=28,57 \text{ kW} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(56,38/2,5)*4=90,21 \text{ kWh/ημέρα} \quad (17)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$185,33 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Σεπτέμβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	364,25
Ισχύος	344,69

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 9π.μ.,μέχρι τις 18μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 99 kWh ,δηλαδή 49,5kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$49,5/0,7=70,72 \text{ kW} \quad (18)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι :

$$100/3,5=28,57 \text{ kW} \quad (19)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(49,5/2,5)*2=39,6 \text{ kWh/ημέρα} \quad (20)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$219,47 \text{ kWh/ημέρα} \quad (21)$$

Προκύπτουν για τον Σεπτέμβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	378,21
Ισχύος	344,69

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει συμβατικά τις ώρες που λειτουργούν τα γραφεία (8π.μ.-20μ.μ.) και τις υπόλοιπες ώρες θα φορτίζει τις παγολεκάνες.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 174,97 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 14,6 kWh/ώρα. Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$14,6/0,7=20,9 \text{ kWel} \quad (22)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας:

$$65\text{kWh}/3,5=18,6 \text{ kWel} \quad (23)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(14,6/2,5)*12=70,08 \text{ kWh} \quad (24)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8)+\dots\dots+\frac{P}{C.O.P.}(19)=198,67 \text{ kWh} \quad (25)$$

όπου $P < 65 \text{ kW}$ και C.O.P.(#) ο συντελεστής συμπεριφοράς τις συγκεκριμένες ώρες (Πίνακας1)

Τελικά για τον Σεπτέμβριο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	369,42
Ισχύος	72,04

7.7 Εφαρμογή Οκτωβρίου

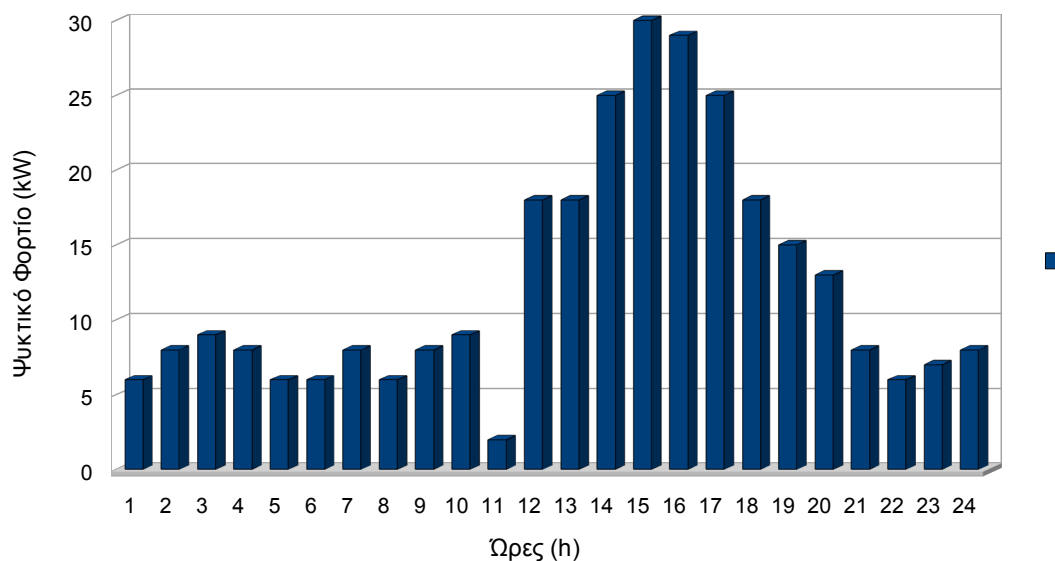
Επαναλαμβάνουμε τα βήματα που εφαρμόστηκαν.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα φορτία, το C.O.P. , και την ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη για την κάλυψη των φορτίων ,στην συμβατική περίπτωση.

Πίνακας 7. Ψυκτικά Φορτία Οκτωβρίου και Ηλεκτρική Ισχύς Συμβατικής Περίπτωσης

Ωρα	Ψυκτικό Φορτίο (kW)	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	C.O.P.	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)
1	6	17,8	3,75	
2	8	17,6	3,75	
3	9	17,3	3,75	
4	8	17,1	3,75	
5	6	17,0	3,75	
6	6	16,8	3,75	
7	8	16,8	3,75	
8	6	17,2	3,75	1,6
9	8	18,2	3,75	2,13
10	9	19,6	3,75	2,4
11	2	21,0	3,75	0,53
12	18	22,3	3,75	4,8
13	18	23,0	3,75	4,8
14	25	23,4	3,75	6,67
15	30	23,2	3,75	8
16	29	22,5	3,75	7,73
17	25	21,5	3,75	6,67
18	18	20,4	3,75	4,8
19	15	19,7	3,75	4
20	13	19,1	3,75	
21	8	18,7	3,75	
22	6	18,4	3,75	
23	7	18,1	3,75	
24	8	17,8	3,75	

Διάγραμμα 7. Προφίλ Ψυκτικών Φορτίων Οκτωβρίου



ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ

Όπως έχει αναφερθεί υπάρχουν δύο ψύκτες. Για τον είναι απαραίτητη η λειτουργία μόνο του βασικού ψύκτη των 140kW.

Η ηλεκτρική ισχύς του ψύκτη δίνεται από την παρακάτω σχέση

$$\frac{P}{C.O.P.} = E \quad (1)$$

όπου P είναι το ψυκτικό φορτίο σε kWth και E η ηλεκτρική ισχύς kWel.

Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια ενέργειας είναι:

$$\frac{P}{C.O.P.}(8) + \dots + \frac{P}{C.O.P.}(19) \quad (2)$$

Άρα για τον Σεπτέμβριο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις

	Χρεώσεις
Ενέργειας (€)	85,57
Ισχύος (€)	96,51

Το κόστος ισχύος υπολογίζεται από την ώρα με την μεγαλύτερη κατανάλωσης ρεύματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση για τις 15 μ.μ..

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 12ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ

Ο ψύκτης για να καλύψει όλα τα ψυκτικά φορτία πρέπει να λειτουργήσει στα:24,2kW

Η ηλεκτρική ισχύς που χρεώνει η ΔΕΗ βρίσκεται από τον τύπο:

$$\frac{E}{C.O.P.} * 0,7 = I \quad (3)$$

Όπου ο C.O.P. Είναι ίσος με 2,5 λόγω της βραδινής λειτουργίας του ψύκτη. E η ονομαστική ισχύς και I η ισχύς που χρεώνεται από τη ΔΕΗ.

Άρα η ισχύς που χρεώνεται είναι

$$(24,2 * 0,7) / 2,5 = 6,77 \text{ kW} \quad (4)$$

Και η ενέργεια που καταναλώνεται είναι

$$6,77(\text{kW}) * 12(\text{h}) = 81,22 \text{ kWh/ημέρα.} \quad (5)$$

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο:

	Ισχύος (€/kW)	Ενέργειας (€/kWh)
Χρέωση	6,032	0,036

Προκύπτει ότι για τον μήνα Οκτώβριο έχουμε τις παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	64,19
Ισχύος	40,82

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 10ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 2ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Ο ψύκτης θα λειτουργήσει 2 ώρες την ημέρα και το βράδυ θα φορτίσει τις παγολεκάνες 10 ώρες.

Την ημέρα θα λειτουργήσει τις ώρες που παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία, δηλαδή από τις 15μ.μ. μέχρι και τις 16μ.μ. .

Έχει επιλεγεί ,από την περίπτωση Αυγούστου για την αντίστοιχη περίπτωση εφαρμογής ,ψύκτης με ονομαστική ισχύς 140 kW. Όπως προκύπτει από Autocad ,ο ψύκτης πρέπει να φορτίσει τις παγολεκάνες για την κάλυψη 142,5 kWh, δηλαδή 14,25 kW ανά ώρα. Άρα πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$14,25 / 0,7 = 20,36 \text{ kW} \quad (6)$$

(όπου 0,7 είναι η απόδοση του ψύκτη όταν φτιάχνει πάγο)

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 15μ.μ. ,η οποία είναι:

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (7)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες υπολογίζεται όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή.

$$(14,25/2,5)*10=57\text{kWh} \quad (8)$$

Για τη χρέωση της καταναλωμένης ενέργειας το βράδυ ισχύει το μειωμένο τιμολόγιο. Ενώ για την ημερήσια κατανάλωση και τη χρέωση ισχύος ,ισχύει το γενικό τιμολόγιο B1.

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$15,73 \text{ kWh/ημέρα} \quad (9)$$

Συνολικά για το μήνα Ιούνιο η χρέωση είναι:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	69,92
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 8ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 4ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 130 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 14π.μ.,μέχρι και τις 17μ.μ.,όπου παρουσιάζονται τα μέγιστα ψυκτικά φορτία.

Από Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 94 kWh, δηλαδή 11,75kWh/ώρα..Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$11,75/0,7=16,8 \text{ kW} \quad (10)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 15μ.μ. και είναι :

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (11)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(11,75/2,5)*8=37,6 \text{ kWh/ημέρα} \quad (12)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$29,07 \text{ kWh/ημέρα} \quad (13)$$

Προκύπτουν για τον Οκτώβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	75,66
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 6ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 6ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 125 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12μ.μ.,μέχρι και τις 17μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 54,5 kWh ,δηλαδή 9,1kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$9,1/0,7=13 \text{ kW} \quad (14)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 12μ.μ. και είναι :

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (15)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(9,1/2,5)*6=21,84 \text{ kWh/ημέρα} \quad (16)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$38,67 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Οκτώβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	78,38
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 4ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 8ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 12μ.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 27,9 kWh ,δηλαδή 7kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$7/0,7=10 \text{ kW} \quad (17)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 14μ.μ. και είναι :

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (18)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(7/2,5)*4=11,2 \text{ kWh/ημέρα} \quad (19)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$47,47 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Οκτώβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	83,88
Ισχύος	32,14

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟ ΒΡΑΔΥ ΚΑΙ 10ΩΡΗΣ ΤΗΝ ΗΜΕΡΑ

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 118 kW. Οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη την ημέρα είναι από τις 10π.μ.,μέχρι τις 19μ.μ..

Απο Autocad προκύπτει ότι ,οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 23,5 kWh ,δηλαδή 11,75kWh/ώρα. Άρα θα λειτουργήσει στα:

$$11,75/0,7=16,8 \text{ kW} \quad (20)$$

Η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας είναι στις 11μ.μ. και είναι :

$$30/3,5=8,57 \text{ kW} \quad (21)$$

Η κατανάλωση ενέργειας κατά τις βραδυνές ώρες είναι:

$$(11,75/2,5)*2=8,57 \text{ kWh/ημέρα} \quad (22)$$

Η κατανάλωση ενέργειας την ημέρα είναι ίδια με της συμβατικής για τις αντίστοιχες ώρες:

$$9,4 \text{ kWh/ημέρα}$$

Προκύπτουν για τον Οκτώβριο οι παρακάτω χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	87,1
Ισχύος	103,41

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 24ΩΡΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΓΟΛΕΚΑΝΩΝ

Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα φορτία μπορούν να καλυφθούν με τη φόρτιση των παγολεκάνων, άρα ο ψύκτης δε χρειάζεται να μπει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Έχουμε ψύκτη με ονομαστική ισχύς 65 kW. Από Auto cad προκύπτει ότι οι παγολεκάνες πρέπει να φορτιστούν με 199,5 kWh, δηλαδή οι παγολεκάνες πρέπει να φορτίζονται με 16,3 kWh/ώρα. Άρα ο ψύκτης πρέπει να λειτουργήσει στα:

$$16,3/0,7=23,3 \text{ kWel} \quad (23)$$

Η χρέωση ισχύος γίνεται για την μέγιστη κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ημέρας:

$$30 \text{ kWh} / 3,5 = 8,57 \text{ kWel} \quad (24)$$

Η κατανάλωση ενέργειας το βράδυ είναι :

$$(16,3 / 2,5) * 12 = 29,34 \text{ kWh} \quad (25)$$

Τελικά για τον Οκτώβριο έχουμε τις εξής χρεώσεις:

	Χρεώσεις(€)
Ενέργειας	23,19
Ισχύος	51,7

7.8 Οικονομικά Στοιχεία

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξεταστούν όλα τα οικονομικά μεγέθη των περιπτώσεων. Θα υπολογιστούν τα κόστη αγοράς των ψυκτών και των παγολεκάνων καθώς και τα έτη που θα χρειαστούν για την αποπληρωμή της εκάστοτε επένδυσης. Τελικά θα καταλήξουμε στην οικονομικά πιο συμφέρουσα επιλογή.

Παρακάτω παραθέτουμε τον πίνακα με τα συνολικά κόστη λειτουργίας όλων των περιπτώσεων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 8. Κόστη Λειτουργίας

Περιπτώσεις/Κόστη	Κατανάλωση Ενέργειας (€)	Χρέωση Ισχύος (€)	Συνολικό Κόστος Λειτουργίας (€)
Συμβατική	2428,46	2170,84	4599,30
12ωρη(μόνο παγολεκάνες)	1758,87	1118,64	2877,51
10ωρη Βράδυ/2ωρη Ημέρα	1876,91	2240,46	4117,37
8ωρη Βράδυ/4ωρη Ημέρα	1976,09	2171,52	4147,61
6ωρη Βράδυ/6ωρη Ημέρα	2170,28	2026,92	4197,20
4ωρη Βράδυ/8ωρη Ημέρα	2369,12	2010,47	4379,58
2ωρη Βράδυ/10ωρη Ημέρα	2353,43	2081,38	4434,81
24ωρη(μόνο παγολεκάνες)	2126,00	1224,32	3350,32

Παρατηρούμε ότι οι δύο περιπτώσεις όπου λειτουργούν μόνο παγολεκάνες για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων έχουν χαμηλότερο κόστος λειτουργίας από τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Ιδίως η περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται μόνο κατά τις βραδυνές ώρες (12 ώρες), παρατηρούμε ότι η μείωση στο κόστος λειτουργίας φτάνει μέχρι και στα 1700 € περίπου το χρόνο.

Για να αποφανθούμε για τον αν η επένδυση είναι προσοδοφόρα, δηλαδή αν θα γίνει η αποπληρωμή της επένδυσης μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα, χρειάζεται να υπολογίσουμε το κόστος αγοράς των παγολεκάνων και των ψυκτών για την εκάστοτε περίπτωση.

Όπως έχει αναφερθεί στην αρχή του κεφαλαίου έχει γίνει έγινε έρευνα αγοράς, σύμφωνα με την οποία οι τιμές για την αγορά παγολεκάνων και των ψυκτών κυμαίνονται στα εξής επίπεδα: 15€/kWh για τις παγολεκάνες και 200€/kW για τους ψύκτες. Επίσης αναφέρουμε ότι, το μικρότερο μέγεθος εμπορικής παγολεκάνης είναι στις 600 kWh, στοιχείο το οποίο περιορίζει τις επιλογές μας, αφού σε σχεδόν όλες τις περιπτώσεις της εφαρμογής υποχρεούμεθα να αγοράσουμε παγολεκάνες πολύ πιο μεγάλες από αυτές που πραγματικά απαιτούνται για την κάλυψη των φορτίων .

Η διαστασιολόγηση για τους ψύκτες και τις παγολεκάνες γίνεται για τον μήνα Αύγουστο ,όπου παρουσιάζονται και τα μεγαλύτερα ψυκτικά φορτία. Με υπολογισμούς προκύπτει ο παρακάτω πίνακας οικονομικών στοιχείων αγοράς παγολεκάνων και ψυκτή για την κάθε περίπτωση εφαρμογής.

Πίνακας 9. Κόστη Αγοράς Ψυκτών και Παγολεκάνων

	Ψύκτης	Κόστος Αγοράς Ψύκτη(€)	Παγολεκάνη	Κόστος Αγοράς Παγολεκάνης(€)	Συνολικό Κόστος Αγοράς(€)
Συμβατική	140 kW	28000	0	0	28000
12ωρη(μόνο παγολεκάνες)	140kW	28000	2x600 kWh	18000	46000
10ωρη Βράδυ/2ωρη Ημέρα	140 kW	28000	2x600 kWh	18000	46000
8ωρη Βράδυ/4ωρη Ημέρα	130 kW	26000	2x600 kWh	18000	44000
6ωρη Βράδυ/6ωρη Ημέρα	125 kW	25000	600 kWh	9000	34000
4ωρη Βράδυ/8ωρη Ημέρα	118 kW	23600	600 kWh	9000	32600
2ωρη Βράδυ/10ωρη Ημέρα	118 kW	23600	600 kWh	9000	32600
24ωρη(μόνο παγολεκάνες)	65 kW	13000	600 kWh	9000	22000

Παρατηρούμε ότι η πιο οικονομική λύση είναι η περίπτωση όπου οι παγολεκάνες φορτίζονται όλο το 24ωρο. Λόγω της πολύ μικρής ισχύος του ψύκτη που απαιτείται σε αυτήν την περίπτωση το κόστος αγοράς ψύκτη είναι 50% πιο χαμηλό από ότι στη συμβατική περίπτωση. Άρα η οικονομικά πιο συμφέρουσα λύση είναι η περίπτωση 24ωρης λειτουργίας των παγολεκάνων.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε το χρόνο αποπληρωμής για τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση:

$$\text{Έτη Απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος Αγοράς Μετά} - \text{Κόστος Αγοράς Πριν}}{\text{Λειτουργικό Κόστος Πριν} - \text{Λειτουργικό Κόστος Μετά}}$$

Όπου το μετά αναφέρεται στην εκάστοτε περίπτωση και το πριν για την συμβατική περίπτωση

Τελικά για την κάθε περίπτωση προκύπτει:

Πίνακας 10. Χρόνος Αποπληρωμής Επένδυσης

Περίπτωση	Έτη Απόσβεσης
12ωρη(μόνο παγολεκάνες)	10,5
10ωρη Βράδυ/2ωρη Ημέρα	37,5
8ωρη Βράδυ/4ωρη Ημέρα	35,5
6ωρη Βράδυ/6ωρη Ημέρα	15
4ωρη Βράδυ/8ωρη Ημέρα	21
2ωρη Βράδυ/10ωρη Ημέρα	28

Συμπεραίνουμε ότι η περίπτωση της 24ωρης λειτουργίας είναι πιο οικονομική και όσον αφορά το κόστος αγοράς και το κόστος λειτουργίας. Οι υπόλοιπες περιπτώσεις κρίνονται οικονομικά ασύμφωρες, εφόσον ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι πολύ μεγάλος. Παρατηρούμε ωστόσο ότι η αμέσως επόμενη καλύτερη εφαρμογή είναι η περίπτωση όπου έχουμε πάλι παγολεκάνες για την κάλυψη των ψυκτικών φορτίων και ο ψύκτης λειτουργεί μόνο το βράδυ για την φόρτιση τους.

Όπως αναφέρθηκε, λόγω της έλλειψης μεγάλης ποικιλίας μεγεθών παγολεκάνων στην αγορά, αναγκαζόμαστε να αγοράσουμε παγολεκάνες μεγαλύτερου μεγέθους από ότι πραγματικά απαιτείται για την κάλυψη των φορτίων. Είναι σκόπιμο να ελέγξουμε τα οικονομικά στοιχεία για την περίπτωση όπου υπήρχε μεγαλύτερη ποικιλία στα μεγέθη των παγολεκάνων. Προκύπτει ο παρακάτω πίνακας οικονομικών στοιχείων αγοράς παγολεκάνων.

Πίνακας 11. Νέα Κόστη Αγοράς Ψυκτών και Παγολεκάνων

	Ψύκτης	Κόστος Αγοράς Ψύκτη(€)	Παγολεκάνη	Κόστος Αγοράς Παγολεκάνης(€)	Συνολικό Κόστος Αγοράς(€)
Συμβατική	140 kW	28000	0	0	28000
12ωρη(μόνο παγολεκάνες)	140kW	28000	2x600 kWh	18000	46000
10ωρη Βράδυ/2ωρη Ημέρα	140 kW	28000	1x600,1x400 kWh	15000	43000
8ωρη Βράδυ/4ωρη Ημέρα	130 kW	26000	1x600,1x200 kWh	12000	38000
6ωρη Βράδυ/6ωρη Ημέρα	125 kW	25000	500 kWh	7500	32500
4ωρη Βράδυ/8ωρη Ημέρα	118 kW	23600	400 kWh	6000	29600
2ωρη Βράδυ/10ωρη Ημέρα	118 kW	23600	200 kWh	3000	26600
24ωρη(μόνο παγολεκάνες)	65 kW	13000	600 kWh	9000	22000

Παρατηρούμε αμέσως ότι, το κόστος αγοράς παγολεκάνων μπορεί να μειωθεί μέχρι και 6000€ (περιπτώσεις 8ωρης και 2ωρης λειτουργίας το βράδυ), ποσό αρκετά σημαντικό. Επίσης η περίπτωση εφαρμογής με 2ωρη λειτουργία το Βράδυ και 10ωρη την ημέρα είναι αμέσως πιο οικονομική από την συμβατική, αφού το κόστος αγοράς είναι πιο μικρό όπως και το κόστος λειτουργίας.. Μένει να υπολογίσουμε το χρόνο αποπληρωμής της εκάστοτε επένδυσης. Αναφέρουμε ότι για την περίπτωση 24ωρης λειτουργίας δεν υπάρχει κάποια αλλαγή στα οικονομικά μεγέθη, αφού δεν υπήρχε λόγος αγοράς παγολεκάνης άλλου μεγέθους. Με τη χρησιμοποίηση της σχέσης που χρησιμοποιήθηκε πιο πάνω για τον υπολογισμό του χρόνου αποπληρωμής προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 12. Νέος Χρόνος Αποπληρωμής

	Έτη Απόσβεσης
12ωρη(μόνο παγολεκάνες)	10,5
10ωρη Βράδυ/2ωρη Ημέρα	31,5
8ωρη Βράδυ/4ωρη Ημέρα	22,5
6ωρη Βράδυ/6ωρη Ημέρα	11,5
4ωρη Βράδυ/8ωρη Ημέρα	7,5

Συμπεραίνουμε ότι αν υπήρχε μεγαλύτερη ποικιλία στα μεγέθη των εμπορικών παγολεκάνων, θα προέκυπταν και άλλες δύο περιπτώσεις οικονομικά συμφέρουσες. Η περίπτωση της 2ωρης βραδινής λειτουργίας, η οποία είναι οικονομικά συμφέρουσα εξ αρχής και δεν απαιτείται χρόνος αποπληρωμής. Και η περίπτωση 4ωρης λειτουργίας για την οποία θα χρειαστούν 7,5 έτη για την αποπληρωμή της επένδυσης.

Τέλος παρατηρούμε ότι η πιο χρήσιμη εφαρμογή είναι η πλήρης αποθήκευση πάγου όπου το κόστος αγοράς είναι ικανοποιητικό και επίσης έχουμε τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ. Α. Αντωνόπουλου , “ Κλιματισμός “ , Έκδοση ΕΜΠ
2. “ Μέτρα και Μέσα για μια βιώσιμη Ενεργειακή Πολιτική “ , Σ.Ε.Ε.Σ. 2008
3. “ Promotion of Use of Cooling Storage System “ , ASHRAE 1999
4. Δ. Α. Κουρεμένου , “ Θερμοδυναμική Ι “ , Εκδόσεις Συμεών
5. “ Thermal Storage “ , ASHRAE Journal
6. Ιστότοπος Υπουργείου Ανάπτυξης , “www.ypan.gr/”
7. Ιστότοπος ΚΑΠΕ , “www.cres.gr/”

ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΔΕΗ

ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΣΗΣ & ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

<http://www.dei.com.gr/>

Πληροφορίες: Ι. Σταγάκης

Α. Γεωργακοπούλου

Τηλέφωνο : 210 5292307, 210 3673484

Fax : 210 5235223, 210 3644954

Ηλ. Ταχ. : i.stagakis@dei.com.gr, a.georgakopoulou@dei.com.gr

ΤΙΜΕΣ ΠΩΛΗΣΕΩΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΟ ΜΕΣΗ ΤΑΣΗ (ΜΤ)

Μηνιαία χρέωση

A. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

1. Τιμολόγιο Β1

Ισχύς: χρεωστέα Ζήτηση (XZ) 12,0640 €/kW

ενέργεια: οι πρώτες 400 kWh ανά kW (KMZ) 0,07185 €/kWh

οι υπόλοιπες kWh 0,04760 €/kWh

ελάχιστη χρέωση για $XZ \leq 5$ kW: 276,38 €

ελάχιστη χρέωση για $XZ > 5$ kW: $2,7575 \cdot (XZ - 5) + 276,38$ €

2. Τιμολόγιο Β2

ισχύς: χρεωστέα Ζήτηση (XZ) 4,3497 €/kW

ενέργεια: όλες οι kWh 0,09412 €/kWh

ελάχιστη χρέωση για $XZ \leq 5$ kW: 276,38 €

ελάχιστη χρέωση για $XZ > 5$ kW: $2,7575 \cdot (XZ - 5) + 276,38$ €

B. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

1. Τιμολόγιο Β1Β

ισχύς: χρεωστέα Ζήτηση (XZ) 9,9753 €/kW

ενέργεια: οι πρώτες 400 kWh ανά kW (KMZ) 0,05901 €/kWh

οι υπόλοιπες kWh 0,03915 €/kWh

ελάχιστη χρέωση για $XZ \leq 5$ kW: 228,63 €

ελάχιστη χρέωση για $XZ > 5$ kW: $2,2788 \cdot (XZ - 5) + 228,63$ €

2. Τιμολόγιο Β2Β

ισχύς: χρεωστέα Ζήτηση (XZ) 3,6160 €/kW

ενέργεια: όλες οι kWh 0,07719 €/kWh

ελάχιστη χρέωση για $XZ \leq 5$ kW: 228,63 €

ελάχιστη χρέωση για $XZ > 5$ kW: $2,2788 \cdot (XZ - 5) + 228,63$ €

Ειδικοί όροι τιμολογίων Γενικής Χρήσης Β1, Β2 και Βιομηχανικής Χρήσης Β1Β, Β2Β:

α. $XZ = KMZ \cdot \{1 + [(0,87/\text{συνφ}) - 1] \cdot 1,25\}$, αν $\text{συνφ} < 0,95$,

$XZ = KMZ \cdot (0,85/\text{συνφ})$, αν $\text{συνφ} \geq 0,95$

β. Αν ο συντελεστής χρησιμοποίησης είναι μεγαλύτερος από 30%, γίνεται μείωση της χρέωσης ισχύος ίση με $[50 - 50 \cdot (MA/KMZ)]$ %, όπου KMZ η Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση ισχύος και MA η μέγιστη ζήτηση ισχύος κατά τις ώρες αιχμής

γ. Μετά από αίτηση του καταναλωτή, η ζήτηση κατά το νυκτερινό ωράριο και τις Κυριακές δεν λαμβάνεται υπόψη για τον υπολογισμό της XZ και της μείωσης της χρέωσης ισχύος **3**

3. Τιμολόγια B15B, B25B

Χρέωση ισχύος (σε €/kW,μήνα) :

Ζώνη Αιχμής Ζώνη Ημέρας Ζώνη Νύχτας

- τιμολόγιο B15B 12,8292 7,6968 1,2778

τιμολόγιο B25B 5,5923 3,3604 0,5622

- Χρέωση ενέργειας (σε €/kWh):

Ζώνη Αιχμής Ζώνη Ημέρας Ζώνη Νύχτας

τιμολόγιο B15B 0,08854 0,04528 0,03347

τιμολόγιο B25B 0,12151 0,06215 0,04592

- Χρέωση αέργου ενέργειας: 0,00919 €/kVAh

Ειδικοί όροι τιμολογίων Βιομηχανικής Χρήσης B15B, B25B:

- Αν $Q > 0,40 * E$ ο πελάτης έχει επιβάρυνση $X = 1,45 * (Q - 0,48 * E) * TQ$

- Αν $Q \leq 0,40 * E$ ο πελάτης έχει έκπτωση $\Pi = 0,55 * (0,62 * E - Q) * TQ$

Όπου:

Q = Άεργος Ενέργεια (kVAh)

E = Ενεργός Ενέργεια (kWh)

TQ = Χρέωση Αέργου Ενέργειας (€/kVAh)

X = Ποσό επιβάρυνσης (€)

Π = Ποσό έκπτωσης (€)

- Τα τιμολόγια αυτά χορηγούνται μόνο αν η συμφωνημένη ισχύς στη ζώνη αιχμής είναι τουλάχιστον 3000 kW.

- Η χρέωση ισχύος υπολογίζεται επί συμφωνημένης ισχύος σε κάθε ζώνη.

- Η διάρκεια των ζωνών χρέωσης, ο τρόπος υπολογισμού της χρέωσης κλπ αναφέρονται στην περιγραφή του τιμολογίου, που διατίθεται στα κατά τόπους Γραφεία της ΔΕΗ.

Γ. ΤΙΜΟΛΟΓΙΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

1. Αρδευσης T33/MT (βασικό τιμολόγιο)

ενέργεια: οι πρώτες (300 * MMZ) kWh 0,07400 €/kWh

οι υπόλοιπες kWh 0,05914 €/kWh

ελαχίστη χρέωση: 9,8780 * MZ €/έτος

όπου MMZ = η μέγιστη μηνιαία ζήτηση ισχύος σε kW

MZ = η μεγαλύτερη από τις τιμές MMZ κατά το προηγηθέν 12μηνο

2. Αποστράγγισης T-33A/MT (βασικό τιμολόγιο)

ενέργεια: όλες οι kWh 0,05711 €/kWh

ελαχίστη χρέωση: 0 €

3. Μειωμένο Αγροτικό Τιμολόγιο MAT/MT

ενέργεια: όλες οι kWh (0,06679 * 0,60) 0,04007 €/kWh

ελάχιστη χρέωση: 60% της ελαχίστης χρέωσης του βασικού τιμολογίου.