



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Μελέτη αντικατάστασης κλασσικού μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΠΕΧΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ 4806  
ΧΟΥΣΕΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Α.Μ 5993

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην μελέτη αντικατάστασης κλασικού μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας, η οποία ανήκει στην κατηγορία ήπιων μορφών ενέργειας. Στόχος της παρούσας εργασίας μας ήταν να στραφούμε στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με σκοπό την οικολογική παραγωγή όπως και στην εξοικονόμηση ενέργειας βελτιώνοντας τις ενεργειακές αποδόσεις της κατασκευής μας.

Μελετάται η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας. Στην συνέχεια αναφερόμαστε στα συστατικά μέρη, γίνονται υπολογισμοί των ενεργειακών αναγκών του χώρου και τέλος η οικονομοτεχνική ανάλυση και τα πλεονεκτήματα σε σχέση με τους λέβητες πετρελαίου.

Ευχαριστούμε τον Επιβλέποντα Καθηγητή μας κ. Ιωάννη Καλογήρου, επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίηση της Εργασίας.

Μπεχράκης Νικόλαος  
Χουσέας Χρήστος  
Δεκέμβριος 2014

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας αποτελεί η μελέτη θέρμανσης με την χρήση αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών ενός Νηπιαγωγείου  $380 \text{ m}^2$ . Αρχικά στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια λεπτομερής περιγραφή σχετικά με τις αντλίες θερμότητας. Περιγράφονται λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας των αντλιών θερμότητας και γίνεται περιγραφή του σκοπού τον οποίο εξυπηρετούν. Επίσης, γίνεται αναφορά στην θεωρητική αντλία θερμότητας Carnot και στην συνέχεια γίνεται σύντομη ιστορική αναδρομή των συστημάτων με αντλίες θερμότητας. Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια αναφορά στα συστατικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας. Αναφέρονται τα βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας και τρόπος λειτουργίας τους. Στο κεφάλαιο 3 θα προβούμε στους απαραίτητους υπολογισμούς για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του Νηπιαγωγείου. Το κεφάλαιο περιέχει τα χαρακτηριστικά της παρούσας εγκατάστασης, τις ενεργειακές καταναλώσεις και επιλογή κατάλληλων θερμαντικών σωμάτων. Στην συνέχεια θα κάνουμε μια περιγραφή στην λειτουργία της αντλίας θερμότητας (αέρος-νερού) που θα χρησιμοποιήσουμε και τα είδη των αντλιών θερμότητας (αέρος-νερού) που υπάρχουν στην αγορά. Τέλος θα προβούμε στην διαστασιολόγηση της αντλίας θερμότητας και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε. Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μια περιγραφή σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας με την χρήση της αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών. Θα γίνει μια λεπτομερής σύγκριση μεταξύ της αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών έναντι του συμβατικού συστήματος θέρμανσης με λέβητα πετρελαίου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>2</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>3</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>	
1. Γενική Περιγραφή Αντλιών Θερμότητας .....	6
2. Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας (Θέρμανσης και Ψύξης χώρου) .....	8
3. Ιδανική Αντλία θερμότητας .....	10
4. Βαθμός Απόδοσης .....	12
5. Αντλία Θερμότητας Carnot .....	12
6. Κύκλος συμπίεσης ατμών .....	13
7. Τύποι Αντλιών Θερμότητας .....	14
8. Πηγές θερμότητας .....	15
9. Πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας .....	17
10. Σύντομη ιστορική αναδρομή & Τρέχουσες εξελίξεις .....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΣΤΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	
1. Βασικά μέρη της αντλίας θερμότητας .....	22
2. Περιγραφή του ψυκτικού μέσου .....	23
3. Περιγραφή του Συμπιεστή .....	23
4. Περιγραφή του Συμπυκνωτή .....	24
5. Περιγραφή του Εξατμιστή .....	24
6. Περιγραφή της εκτονωτικής βαλβίδας .....	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ</b>	
1. Χαρακτηριστικά της παρούσας εγκατάστασης του Νηπιαγωγείου .....	26
2. Καταναλώσεις Νηπιαγωγείου – ενεργειακές ανάγκες και επιλογή κατάλληλων θερμαντικών σωμάτων .....	30
3. Τρόπος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας (αέρος-νερού) που θα χρησιμοποιήσουμε και τα είδη των αντλιών θερμότητας (αέρος-νερού) που υπάρχουν στην αγορά .....	35
4. Διαστασιολόγηση της αντλίας θερμότητας(αέρος-νερού) και τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε .....	39

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

1. Χρήση αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών του Νηπιαγωγείου .....	50
2. Περίπτωση 1 : Χρήση Πετρελαίου για το παρόν Νηπιαγωγείο .....	52
3. Περίπτωση 2: Σύγκριση αντλίας θερμότητας και λέβητα Πετρελαίου – Οικονομοτεχνική ανάλυση .....	53
4. Συμπεράσματα .....	57
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....	58
Μελέτη θερμικών απωλειών	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ .....	75
Μελέτη μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	94

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι αυξανόμενες ανάγκες για ενέργεια, έχουν οδηγήσει τον άνθρωπο μέσα από την τεχνολογία να στραφεί στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ευαισθητοποίηση του κόσμου όσον αφορά το περιβάλλον κινητοποίησε την τεχνολογία για οικολογική παραγωγή και εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει αρχικά να στραφεί στον τομέα της οικιακής κατανάλωσης, στην θέρμανση/ψύξη χώρου και του Ζεστού Νερού Χρήσης (ZNX). Αφού στην Ευρώπη το 2000 η κατανάλωση ενέργειας σε οικιακό επίπεδο για την θέρμανση χώρου ήταν στο 57% και για το ZNX 25%.

Σε αυτό ακριβώς το πεδίο κινείται η παρούσα μελέτη με τη χρήση Αερόψυκτων Αντλιών Θερμότητας (ΑΑΘ) σαν μία εναλλακτική προσέγγιση για τις παραπάνω ανάγκες. Συγκεκριμένα η μελέτη έχει να κάνει με την χρήση αντλιών θερμότητας αέρος-νερού για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και για την θέρμανση χώρων σε ένα Νηπιαγωγείο 380 τ.μ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αντικατάσταση του λέβητα και του καυστήρα με αντλίες θερμότητας, οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούν μια πιο αξιόπιστη και πιο συμφέρουσα λύση για τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου.

Βασίζεται στην τεχνολογία της αντλίας θερμότητας και σαν σύστημα αέρος - νερού χρησιμοποιεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EC).

Η αντλία θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε αποτελεί μία καλή λύση καθώς μπορεί παράλληλα με τη θέρμανση/ψύξη χώρου, να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ZNX. Θα ελέγξουμε την λειτουργία και την απόδοση ενός συστήματος θέρμανσης με την χρήση αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών και αφού βρούμε τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου μας θα προβούμε στην επιλογή της κατάλληλης αντλίας θερμότητας που καλύπτει τις ανάγκες σε θέρμανση ή ψύξη αντίστοιχα. Τέλος, θα συγκρίνουμε οικονομικά την αντλία θερμότητας με τον παραδοσιακό λέβητα.

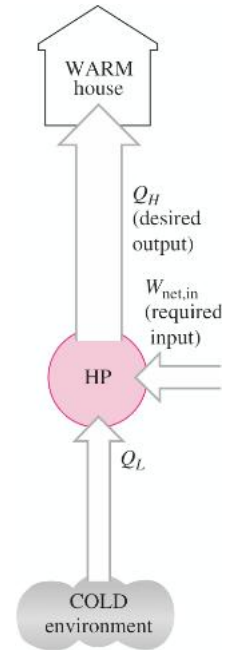
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Περιγραφή

## 1.1. Γενική Περιγραφή Αντλιών Θερμότητας:

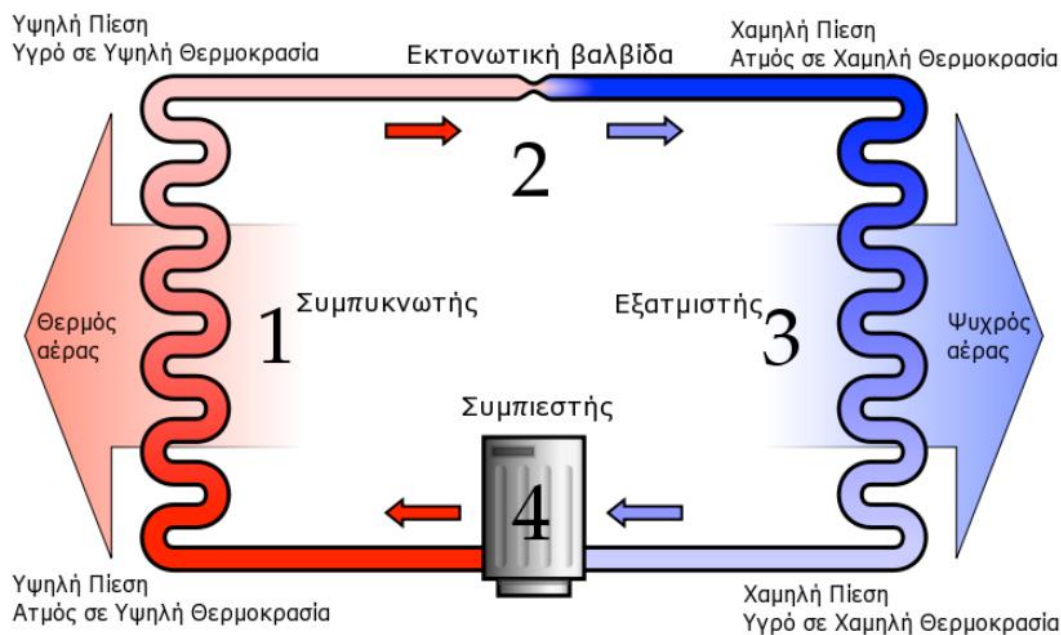
Για να μεταφερθεί η θερμότητα από ένα ψυχρό θερμοδοχείο (περιβάλλον) σε ένα θερμό, όπως ένα σπίτι, θα χρησιμοποιήσουμε τον Κύκλο Συμπίεσης Ατμών (Vapor Compression Cycle). Σύμφωνα με τον οποίο επιτρέπει τον Κύκλο Συμπίεσης αυτόν καταναλώνοντας ένα ποσό ενέργειας. Η αντλία θερμότητας είναι μια συσκευή που στηρίζεται στον Κύκλο Συμπίεσης Ατμών.

Στον κύκλο αυτό ένα ψυκτικό ρευστό απορροφά τη θερμότητα όπου την δίνει όπου χρειάζεται. Ένας συμπιεστής, ένας συμπυκνωτής, μια εκτονωτική βαλβίδα και ένας εξατμιστής είναι τα βασικά μέρη μιας αντλίας θερμότητας όπου μέσα σε αυτό το ρευστό κάνει ένα συνεχή κύκλο.

Για να γίνει μία μεταφορά ενέργειας με αντλία θερμότητας εισέρχεται το ρευστό (ψυκτικό μέσο) στο συμπιεστή και συμπιέζεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Στη συνέχεια πηγαίνει προς τον συμπυκνωτή όπου το συμπιεσμένο αέριο μετατρέπεται σε υγρό αποβάλλοντας την θερμότητα που έχει σε ένα άλλο δευτερεύον ρευστό όπως των αέρα του περιβάλλοντος. Μετά υφίσταται μία απότομη πτώση πίεσης και θερμοκρασίας στην εκτονωτική βαλβίδα. Η θερμοκρασία του ρευστού είναι τώρα χαμηλότερη από το ψυχρό δοχείο (περιβάλλον). Έτσι επιτρέπεται στον εξατμιστή να μεταφέρει ενέργεια από το περιβάλλον στο ρευστό ώσπου τελικά φθάνει ξανά σε κατάσταση ατμού και μπαίνει στον συμπιεστή. Αυτή η μεταφορά περιγράφεται στην εικόνα 1-2.



**Εικόνα 1-1**  
Μεταφορά  
ενέργειας με ΑΘ  
Thermodynamics:  
An Engineering  
Approach



**Εικόνα 1-2**

Σχηματική αναπαράσταση Αντλίας Θερμότητας  
<http://www.monachos.gr/>

Στις αντλίες θερμότητας μπορεί εύκολα να αντιστραφεί ο κύκλος, έτσι μπορούμε κατά τους χειμερινούς μήνες θεωρούμε το περιβάλλον ως ψυχρό θερμοδοχείο και την οικία ως θερμό και αυτό συμβαίνει εάν αντιστρέφοντας τους ρόλους του συμπυκνωτή και του εξατμιστή μπορούμε να έχουμε ως ψυχρό θερμοδοχείο την οικία και θερμό το περιβάλλον. Έτσι μπορούμε να έχουμε μία συσκευή για όλο το χρόνο αντλώντας θερμότητα από την οικία μεταφέροντας την στο περιβάλλον το καλοκαίρι και το αντίστροφο τον χειμώνα. Χρησιμοποιούμε έτσι μια συσκευή για όλο το χρόνο μειώνοντας το κόστος εγκατάστασης συσκευών για ψύξη/θέρμανση χώρου και μας παρέχει πολύ οικονομικά ΖΝΧ. Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα μιας αντλίας θερμότητας.



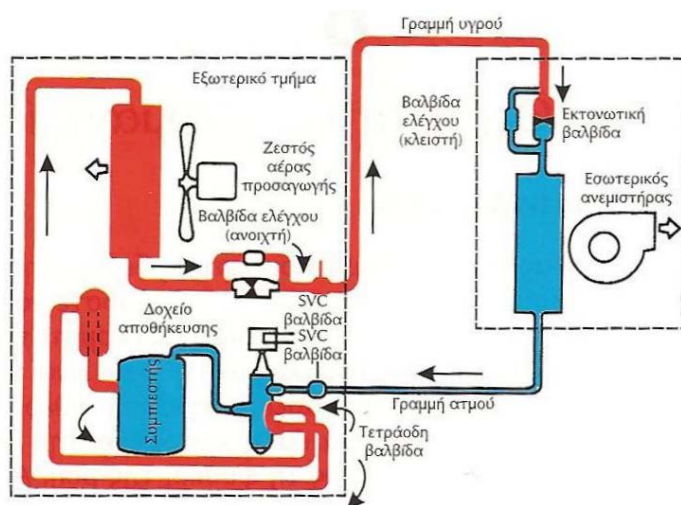
## 1.2. Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας στις δυο περιπτώσεις: Θέρμανσης και Ψύξης

Μια αντλία θερμότητας εκτελεί πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό γιατί τέτοιος κύκλος δεν υφίσταται. Συχνά στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι η αντλία θερμότητας ‘αντιστρέφει’ η ‘αναστρέφει’ τον κύκλο του ψυκτικού ρευστού και ανάλογα με την περίπτωση ακολουθεί ‘ψυκτικό κύκλο’ το καλοκαίρι ή ‘θερμαντικό’ τον χειμώνα. Το μόνο που αντιστρέφεται είναι ο ρόλος του συμπυκνωτή με τον ρόλο του εξατμιστή. Το καλοκαίρι ο εξατμιστής είναι τοποθετημένος μέσα στον ψυχόμενο χώρο και τον ψύχει, ενώ τον χειμώνα ο εξατμιστής είναι τοποθετημένος στο περιβάλλον και το ψύχει, και εφόσον αντλεί θερμότητα από αυτό. Αντί λοιπόν αντί να μεταφέρονται οι συσκευές εξατμιστής – συμπυκνωτής από τον χώρο στο περιβάλλον, η ΑΘ με τη χρήση τετράοδης βαλβίδας αντιστρέφει την ροή του ψυκτικού μέσου διατηρώντας φυσικά τον ψυκτικό κύκλο, στον οποίο συνεχίζεται κανονικά η προσφορά μηχανικού έργου, για την συμπίεση των ατμών του ψυκτικού μέσου.

### Κύκλος για ψύξη χώρου

Την μελέτη του κύκλου για ψύξη την ξεκινάμε από τη στιγμή που το ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή.

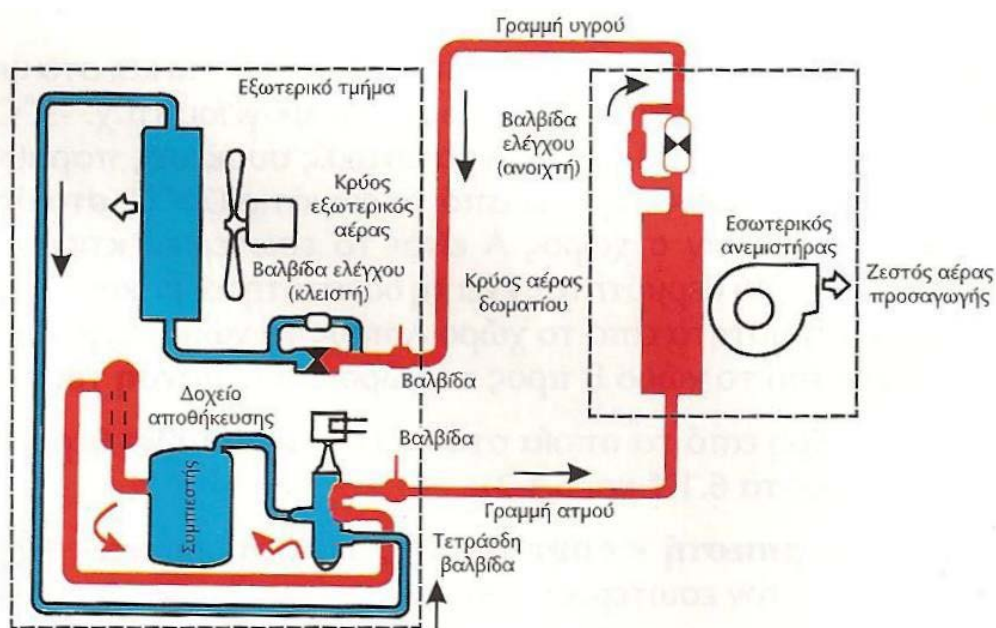
Όταν ένα ψυκτικό υγρό εισέρχεται στον εξατμιστή ελέγχεται από την βαλβίδα (αέρια εκτονωτική – στραγγαλιστική διάταξη). Η βαλβίδα αυτή ελαττώνει την πίεση του υγρού, το οποίο εξατμίζεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Όταν γίνεται η εξάτμιση ένα μέρος της θερμότητας μετατρέπεται σε αέριο. Το αέριο αυτό αποκτά υψηλή πίεση και θερμοκρασία στο συμπιεστή. Στη συνέχεια φθάνει στο συμπυκνωτή και προσδίδει ποσά θερμότητας στο μέσο συμπύκνωσης (αέρας ή νερό). Το αέριο που έχει συμπυκνωθεί υγροποιείται και οδηγείται στην εκτονωτική διάταξη όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1–3α (Χρηματοπούλου 2009) Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για ψύξη

## Κύκλος για θέρμανση χώρου

Στον κύκλο για θέρμανση χώρου η αντλία θερμότητας ακολουθεί τα ίδια στάδια με το κύκλο ψύξης με την διαφορά ότι το στοιχείο που εκτελούσε την εξάτμιση, εκτελεί συμπύκνωση και το αντίστροφο. Η μετατροπή αυτή γίνεται με την τετράοδη βαλβίδα που οδηγεί το ψυκτικό υγρό μετά την έξοδο του από τον συμπιεστή και την εκτονωτική διάταξη στους εναλλάκτες θερμότητας ψυκτικού μέσου-αέρα (ή νερού). Όλα αυτά εξαρτώνται από την επιλογή των απαιτήσεων μέσω διακόπτη.



**Εικόνα 1-3β (Χρηματοπούλου 2009)**  
Κύκλος Αντλίας Θερμότητας για θέρμανση

### 1.3. Η ιδανική Αντλία Θερμότητας

Η αντλία θερμότητας βασίζει τη λειτουργία της στη λειτουργία της μηχανής Carnot που η λειτουργία της είναι κατά τη φορά του ψυκτικού κύκλου. Ο συντελεστής συμπεριφοράς COP χαρακτηρίζει την ποιότητα της αντλίας .

όπου COP=Coefficient of performance

Για να υπολογίσουμε τον βαθμό απόδοσης της αντλίας θερμότητας τον χειμώνα (COP) και το καλοκαίρι (EER) πρέπει να διαιρέσουμε αντίστοιχα την θερμική και ψυκτική απόδοση της αντλίας προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε κάθε περίπτωση

Ο COP δίνεται από την σχέση:

$$\text{COP} = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

.Για την θερινή λειτουργία της ψύξης, χρησιμοποιείται ο λόγος ενεργειακής απόδοσης EER (Energy Efficiency Ratio), που ορίζεται ως:

EER = Ψυκτική ισχύς εξατμιστή (btu/h) / Ηλεκτρική ισχύς συμπιεστή (W),

$$\text{EER} = \frac{Q_1}{W}$$

Ο συντελεστής απόδοσης ισούται με το έργο που μεταφέραμε στον χώρο, δια το έργο που καταναλώσαμε στον συμπιεστή.

Η αντλία αντλεί από το ψυχρό περιβάλλον μια ποσότητα θερμότητας (ενέργειας)  $Q_1$ , προσθέτει μηχανικό έργο (W) στο συμπιεστή, και αποδίδει ποσό ενέργειας  $Q_2$  στον ψυχρό χώρο.

Όταν η αντλία λειτουργεί σε κατάσταση θέρμανσης, το ζητούμενο είναι το  $Q_2$ , ενώ όταν αυτή λειτουργεί σε κατάσταση ψύξης, το ζητούμενο είναι το  $Q_1$ .

Το ενεργειακό ισοζύγιο δίνεται από την σχέση :  $Q_2 = Q_1 + W$

όπου  $Q_2$ = το ποσό θερμότητας

$Q_1$ = το ποσό ψύξης

Στην ιδανική περίπτωση, τα ποσά θερμότητας μπορούν να αντικατασταθούν από τις θερμοκρασίες με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{COP} = \frac{T_\theta}{T_\theta - T_\psi}$$

όπου

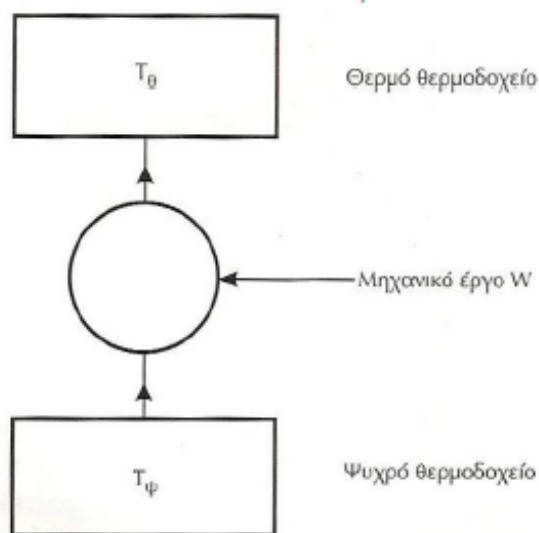
$T_{\theta}$  είναι η θερμοκρασία του θερμού χώρου (σπίτι) και

$T_{\psi}$  είναι η θερμοκρασία του ψυχρού (περιβάλλον)

Από την οποία εξίσωση προκύπτει το συμπέρασμα ότι για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά  $T_{\theta}-T_{\psi}$  ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία  $T_{\theta}$ , και ότι όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασιακή διαφορά ( $T_{\theta}-T_{\psi}$ ) μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου, τόσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής COP.

Τα συμπεράσματα αυτά δείχνουν ότι οι αντλίες θερμότητας μπορούν να λειτουργήσουν πολύ αποδοτικά (με μεγάλους βαθμούς απόδοσης) στη χώρα μας, λόγω των ήπιων κλιματολογικών συνθηκών.

Η ροή ενέργειας σε μια αντλία θερμότητας που λειτουργεί σε κατάσταση θέρμανσης, έχει όπως στο παρακάτω σχήμα.



Κύκλος θερμαντλίας

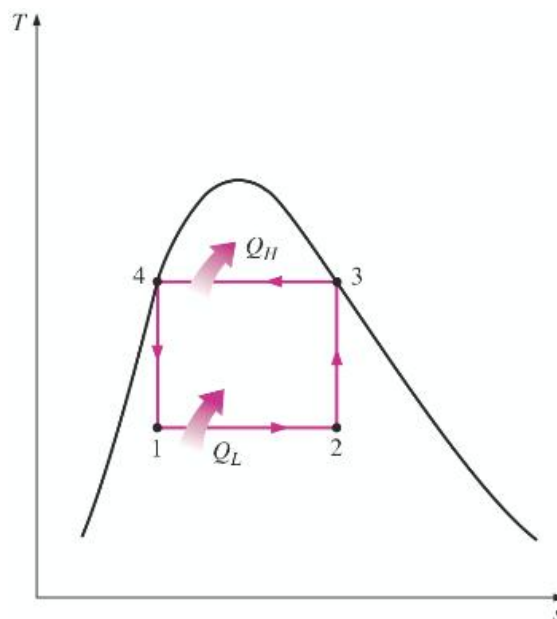
Εικόνα 1-4 (Χρηματοπούλου 2009)

#### 1.4. Βαθμός απόδοσης

Η ενθαλπία του αερίου είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος γι' αυτό η απόδοση της αντλίας θερμότητας επηρεάζεται από την εξωτερική θερμοκρασία. Οπότε κατά τον χειμώνα οι χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες μας δίνουν μικρά ποσά θερμότητας και προβλήματα σωστής λειτουργίας του συστήματος.

#### 1.5. Αντλία Θερμότητας Carnot

Τον κύκλο Carnot τον χρησιμοποιούμε σαν μέτρο σύγκρισης για τους πραγματικούς κύκλους γιατί έχει τη μέγιστη θερμική απόδοση μεταξύ δυο θερμοδοχείων και αυτό συμβαίνει γιατί είναι ένας πλήρως αντιστρέψιμος κύκλος αποτελούμενος από δύο ισόθερμες και δυο ισηντροπικές διαδικασίες. Αφού λοιπόν ένας κύκλος είναι αντιστρέψιμος όλες οι διαδικασίες αντιστρέφονται όπως αντιστρέφονται όλες οι κατευθύνσεις των μεταφορών ενέργειας και θερμότητας. Έχουμε έτσι τον αντίστροφο κύκλο Carnot που λειτουργεί προς την αντίθετη φορά στο διάγραμμα θερμοκρασίας/Εντροπίας. Αυτό ονομάζεται αντλία θερμότητας Carnot. Στην εικόνα 1-5 βλέπουμε τη διαδικασία 1->2 το ψυκτικό ρευστό απορροφά θερμότητα  $Q_L$  ισόθερμικά από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας  $T_L$ . Συμπιέζεται ισηντροπικά έως την κατάσταση 3 όπου και αυξάνει τη θερμοκρασία του σε  $T_H$  λαμβάνοντας ενέργεια  $W_{net,in}$ . Αποδίδει κατά τη διαδικασία 3->4 Θερμότητα  $Q_H$  ισόθερμικά σε ένα θερμοδοχείο υψηλής θερμοκρασίας  $T_H$ , όπως στο συμπυκνωτή. Τέλος, εξατμίζεται ισηντροπικά έως την κατάσταση 1 με παράλληλη μείωση της θερμοκρασίας του σε  $T_L$ .



**Εικόνα 1-5**

Διάγραμμα Θερμοκρασίας/Εντροπίας για τον Αντίστροφο κύκλο Carnot  
Thermodynamics: An Engineering Approach

Το Coefficient of Performance (COP) είναι ο λόγος του επιθυμητού αποτελέσματος προς την απαιτούμενη ενέργεια για να το πετύχουμε. Έτσι έχουμε τον τύπο:

$$COP_{HP} = \frac{\text{Επιθυμητή Εξοδος}}{\text{Απαιτούμενη Είσοδος}} = \frac{Q_H}{W_{net,in}}$$

Συγκεκριμένα για μία αντλία Θερμότητας Carnot, ο τύπος γίνεται:

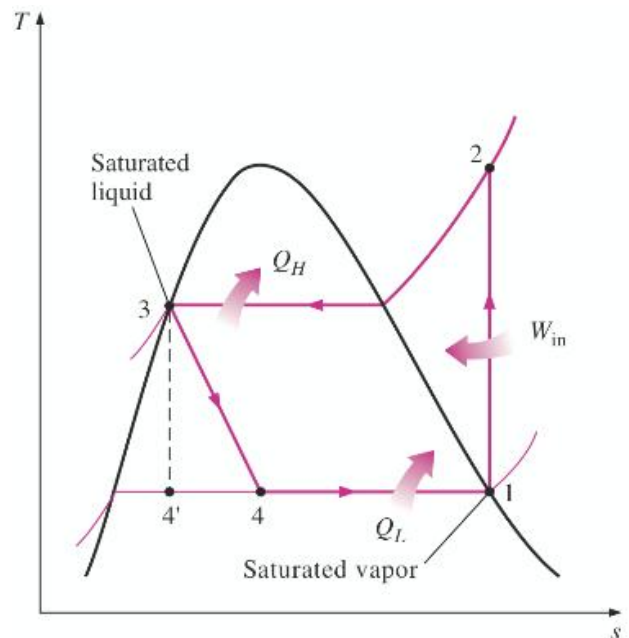
$$COP_{HP,Carnot} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

Ο παραπάνω τύπος μας δείχνει ότι το COP αυξάνεται καθώς μειώνεται η διαφορά των δύο θερμοκρασιών. Ο αντίστροφος κύκλος Carnot από τη μια είναι ο πιο αποδοτικός κύκλος σε δυο δεδομένες θερμοκρασίες αλλά δεν αποτελεί ρεαλιστικό μοντέλο. Έτσι τον χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να δούμε το μέγιστο COP σε κάθε υλοποίηση, αντίθετα δεν μπορεί να υλοποιηθεί σε ένα πραγματικό σύστημα.

### 1.6. Κύκλος συμπίεσης ατμών

Ο ιδανικός ψυκτικός κύκλος συμπίεσης ατμών ξεκινά όταν το ρευστό εισέρχεται στο συμπιεστή σε αέρια κατάσταση και χρησιμοποιούμε μια εκτονωτική βαλβίδα που δέχεται το ψυκτικό σε υγρή κατάσταση.

Έτσι, το ρευστό εισέρχεται στο συμπιεστή (1) σε κατάσταση κορεσμένου ατμού και συμπιέζεται ισεντροπικά στην υψηλή πίεση του συμπυκνωτή (2). Η θερμοκρασία του ρευστού σε αυτό το σημείο ξεπερνάει κατά πολύ τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου. Στη συνέχεια περνάει από το συμπυκνωτή ξεκινώντας σε κατάσταση υπέρθερμου ατμού και καταλήγοντας σε κατάσταση κορεσμένου υγρού. Σε αυτό το σημείο αποδίδει το θερμικό του περιεχόμενο, σε σταθερή πίεση. Το ρευστό έχει ακόμα θερμοκρασία αρκετά υψηλότερη του περιβάλλοντος χώρου. Μόλις περάσει από την εκτονωτική βαλβίδα (3), η πίεση του ρευστού πέφτει στη χαμηλή πίεση του εξατμιστή με αποτέλεσμα να κατεβαίνει και η θερμοκρασία του σε χαμηλότερο



**Εικόνα 1-6**

Διάγραμμα Θερμοκρασίας/Εντροπίας για τον κύκλο Συμπίεσης ατμών

Thermodynamics: An Engineering Approach

επίπεδο από το περιβάλλον. Καθώς περνάει από τον εξαμιστή (4) σε κατάσταση κορεσμένου μίγματος χαμηλής ποιότητας, απορροφά ενέργεια από το περιβάλλον με αποτέλεσμα να εξατμίζεται εντελώς, πάντα σε σταθερή πίεση. Πηγαίνοντας ξανά προς το συμπιεστή ολοκληρώνει τον κύκλο του.

Ο χώρος που περιβάλλεται από τη διαδικασία 4->1 αντιστοιχεί στην ενέργεια που απορροφά το ρευστό από το περιβάλλον, ίση με  $Q_L$ . Ενώ η περιοχή κάτω από τη διαδικασία 2->3 αντιστοιχεί στην ενέργεια που αποδίδει το ρευστό, ίση με  $Q_H$ .

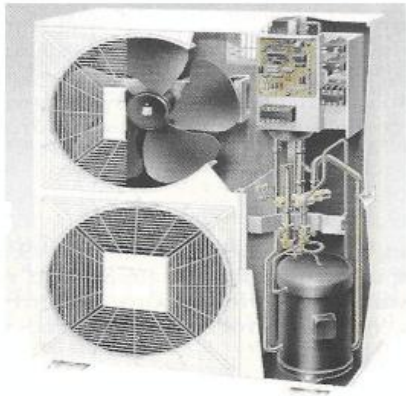
### 1.7. Τύποι Αντλιών Θερμότητας

Με βάση το μέσο με το οποίο αντλείται η θερμότητα και το μέσο με το οποίο αποβάλλεται μπορεί να γίνει η κατηγοριοποίηση των αντλιών θερμότητας. Εκτός από το μέσο η κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει με βάση το είδος του συμπιεστή, όπως :

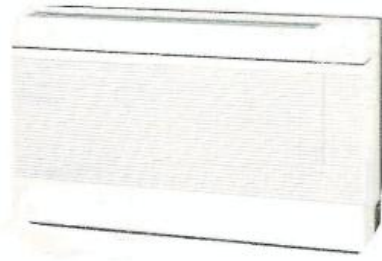
- α) Reciprocating ή Παλινδρομικοί
- β) Rotary ή Περιστροφικού τύπου
- γ) Screw ή Ελικοειδούς μορφής με μονό ή διπλό έλικα
- δ) Scroll ή Σπειροειδής

Ένας άλλος τρόπος είναι με βάση τη θέση των διαφόρων μηχανισμών όπως σε ενιαίες ή αυτόνομες (εδώ όλοι οι μηχανισμοί βρίσκονται σε κοινό κέλυφος) ή σε διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (εδώ ο εξαμιστής και ο συμπυκνωτής είναι ανεξάρτητος του υπόλοιπου συστήματος).

Τέλος η κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει και με τρόπο αναστροφής της λειτουργίας του όπως του σταθερού κυκλώματος ψυκτικού μέσου ή του μεταβλητού κυκλώματος ψυκτικού μέσου.



1. Εσωτερικό τμήμα θερμαντλίας διμερούς τύπου



2. Εξωτερικό τμήμα θερμαντλίας διμερούς τύπου

**Εικόνα 1-7**

ΑΘ διμερούς τύπου  
(χρηματοπούλου 2009)

## 1.8. Πηγές Θερμότητας

### Αέρας

Λόγω του μηδαμινού κόστους χρήσης και της αφθονίας του ο αέρας είναι το πιο σύνηθες μέσο που χρησιμοποιείται. Όταν όμως οι θερμοκρασίες πέφτουν η αντλία θερμότητας δεν μπορεί να αντλήσει ενέργεια έτσι η θερμοκρασία μπορεί να είναι τόσο χαμηλή που δεν επιτρέπει στον εξατμιστή να παρέχει το ρευστό σε κατάσταση κορεσμένου ατμού.

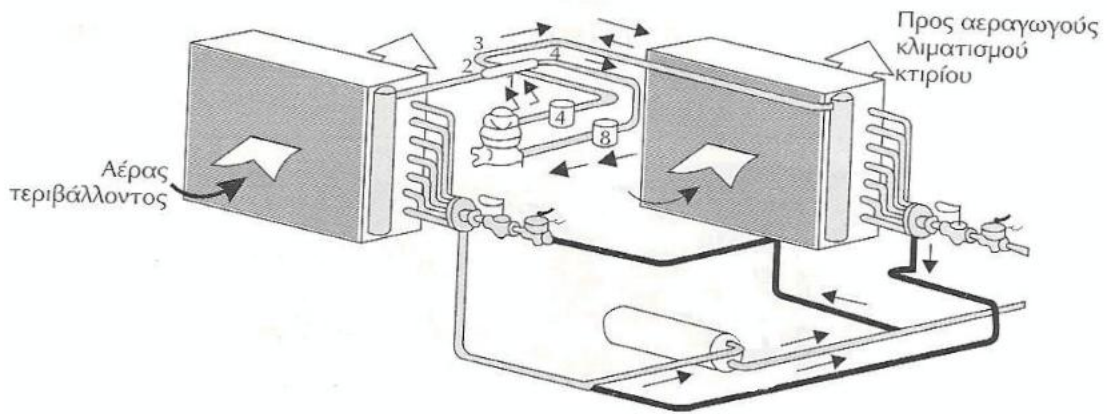
Σε μία τέτοια περίπτωση μπορεί να δημιουργηθεί βλάβη στον συμπιεστή, ιδιαίτερα όταν έχουμε να κάνουμε με παλινδρομικούς συμπιεστές. Η αντλία έτσι δεν μπορεί να ολοκληρώσει το σκοπό της για το λόγο αυτό απαιτείται να υπάρχει εφεδρικό σύστημα.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η δημιουργία πάγου στον εξατμιστή. Τότε η απόδοση του εξατμιστή μειώνεται αφού όσο αυξάνει η ποσότητα του δημιουργούμενου πάγου τόσο μειώνεται η παροχή του αέρα που διέρχεται σε αυτόν.

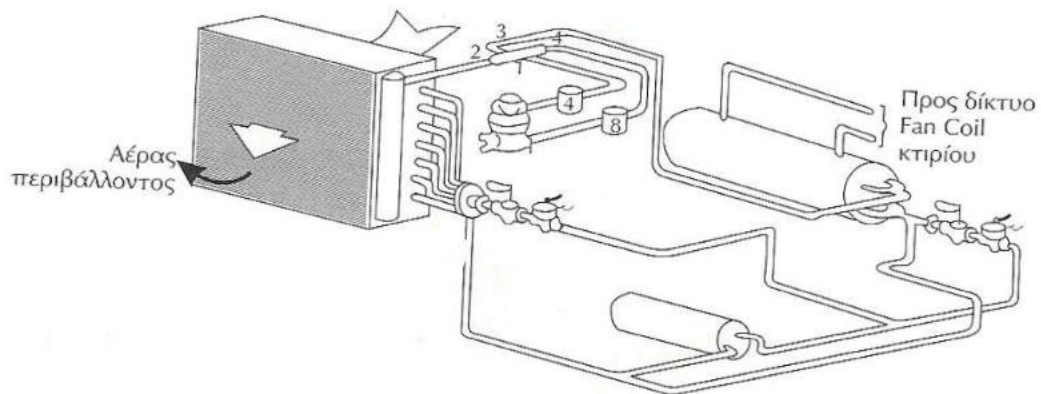
Ένας τρόπος για να λυθεί το πρόβλημα αυτό είναι με τη χρήση ηλεκτρικών αντιστάσεων η οποίες καταναλώνουν πρόσθετο ρεύμα. Άλλος τρόπος είναι με τη σύντομη αντιστροφή του ψυκτικού κύκλου, όπου εδώ το ζεστό ρευστό οδηγείται στον εξατμιστή ή λιώνει το πάγο. Όσο λοιπόν ο κύκλος λειτουργεί αντίστροφα, ο συμπιεστής αντιμετωπίζει μόνο τα φορτία του πάγου για κάποιο χρονικό διάστημα, αφού ο εξωτερικός ανεμιστήρας σταματά να παρέχει κρύο αέρα.

Αυτά τα προβλήματα είναι πολύ περιορισμένα στην περιοχή της Καλαμάτας, καθώς οι θερμοκρασίες πολύ σπάνια πέφτουν σε χαμηλά επίπεδα. Έτσι, δεν υπάρχει λόγος για εφεδρικό σύστημα, ενώ αν δημιουργηθεί πάγος μπορεί πολύ απλά να αντιμετωπιστεί με την αντιστροφή του κύκλου.

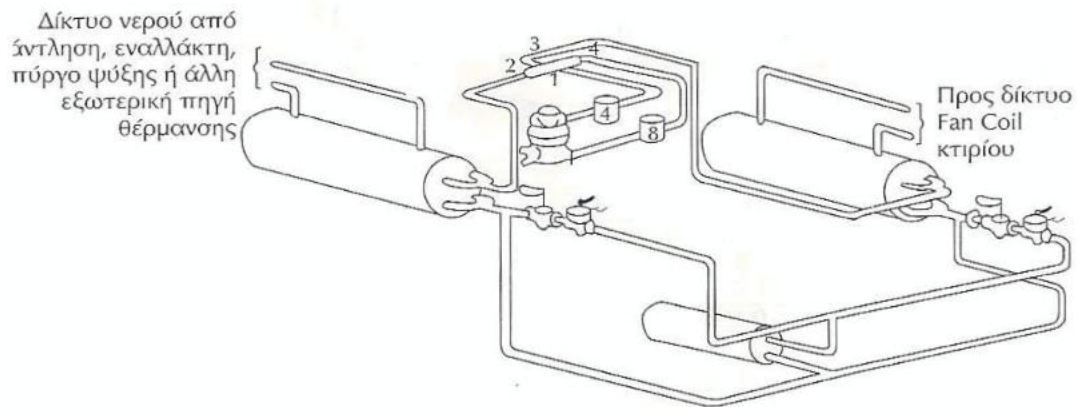




(α) Θερμαντλία αέρα-αέρα



(β) Θερμαντλία αέρα-νερού



(γ) Θερμαντλία νερού-νερού

**Εικόνα 1-8**

ΑΘ βασισμένες σε αέρα και νερό  
(Χρηματοπούλου 2009)

## Νερό

Για να χρησιμοποιήσουμε νερό από δημόσιο δίκτυο, αυτό έχει σαν συνέπεια το υψηλό κόστος. Από την άλλη πλευρά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε νερό λίμνης, ποταμού ή θάλασσας αλλά εδώ θα αντιμετωπίσουμε διάφορα άλλα προβλήματα όπως τους θαλάσσιους οργανισμούς οι οποίοι μπορεί να κλείσουν τις εισόδους των σωλήνων, ακόμα μπορεί να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της αναρρόφησης άμμου η οποία δημιουργεί φθορές στις αντλίες. Μία λύση για τα προβλήματα αυτά είναι το κλειστό κύκλωμα νερού σε θαλάσσιο εναλλάκτη θερμότητας.

Επειδή το νερό πετυχαίνει μεγαλύτερα COP λόγω της πιο σταθερής θερμοκρασίας σε σχέση με τον αέρα κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα με το νερό να έχουμε καλύτερες αποδόσεις.

## Έδαφος

Δύο από τα βασικά προβλήματα όταν χρησιμοποιούμε το έδαφος ως πηγή θερμότητας είναι η συντήρηση του στοιχείου, η διάβρωση και οι διαρροές. Ένα άλλο σημαντικό πρόβλημα είναι ότι χρειάζεται μεγάλη έκταση για την παραλαβή και απόρριψη της θερμότητας. Επειδή το έδαφος δύναται να μας δίνει σημαντική βελτίωση στον COP της αντλίας θερμότητας, σε σύγκριση με τον αέρα οι ερευνητές προσπαθούν να αξιοποιήσουν τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του εδάφους.

### 1.9. Πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας

Τα πλεονεκτήματα των αντλιών θερμότητας είναι το χαμηλό κόστος συντήρησης και η δυνατότητα παροχής ζεστού νερού χρήσης καθώς η μονάδα μπορεί να συνδεθεί με boiler ή με ηλιακό σύστημα.

Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι η ευκολία αντικατάστασης ήδη υπαρχόντων συστημάτων θέρμανσης με λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Άλλα πλεονεκτήματα είναι η αθόρυβη λειτουργία, ο μικρός όγκος μονάδων σε σχέση με συστήματα λεβήτων πετρελαίου, ακόμη η εξοικονόμηση έως και 60% στα πάγια έξοδα θέρμανσης και ψύξης.

Ακόμη οι αντλίες θερμότητας έχουν αυξημένο συντελεστή απόδοσης COP. Αυτό σημαίνει πως αν η αντλία θερμότητας καταναλώσει 1 kW ηλεκτρικής ενέργειας, τότε θα αποδώσει έως και 5kW θερμική ενέργεια.

Τέλος, έχουν σύστημα φιλικό προς το περιβάλλον με μηδενικές εκπομπές αέριων ρύπων αφού ως πηγή άντλησης θερμότητας χρησιμοποιεί τον αέρα.

## 1.10. Σύντομη ιστορική αναδρομή

Η αντλία θερμότητας για την θέρμανση/ψύξη κτιρίων ενώ ξεκίνησε το 1945 , ήδη από το 1824 ένας Γάλλος στρατιωτικός Sa Di Carnot είχε θέσει το θεωρητικό υπόβαθρο . Οι πολιτικοί μηχανικοί J.Donald , Kroeker και Ray C. Chewning , ο Charles E. Graham και ο αρχιτέκτονας Pietro Belluschi έκαναν την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων σε μεγάλη κλίμακα . Η πρώτη αντλία θερμότητας ανήκει στον T.G.N Haldane ο οποίος ήταν Άγγλος εφευρέτης το έτος 1927 . Παρόλα αυτά κάποιιο υποστηρίζουν λανθασμένα ότι ο πρώτος που κατασκεύασε μια αντλία θερμότητας ήταν ο William Thomson , αλλά δεν είχε τα μέσα να κάνει κάτι τέτοιο .

Το 1996, κατασκευάστηκε η μεγαλύτερη εγκατάσταση Γεωθερμικής ΑΘ παγκοσμίως για λογαριασμό της στρατιωτικής βάσης στο Luisville, Louisiana. Αυτή αντικατέστησε 3243 ΑΘ αέρος και 760 συστήματα κεντρικού κλιματισμού για 4003 κτήρια. Τα κτήρια ήταν διαφόρων ειδών οικίες χτισμένα μεταξύ του 1972 και του 1988. Τα κτήρια κυμαίνονταν από 84 έως 130 τετραγωνικά μέτρα. Η Γεωθερμική Α.Θ. είναι κλειστού κύκλου, κάθετης γεώτρησης. Κάθε ΑΘ έχει το δικό της εναλλάκτη στο έδαφος τύπου U από σωλήνα πολυαιθυλενίου. Πάνω από 8000 γεωτρήσεις χρειάστηκαν για να ολοκληρωθεί το έργο. Κάθε μία έχει 4 ίντσες διάμετρο και βάθος από 30 έως 137 μέτρα.

### Τρέχουσες εξελίξεις

Οι Swardt και Meyer μελέτησαν την επίδραση στην απόδοση μίας Γεωθερμικής ΑΘ συνδεδεμένης με ένα δημοτικό σύστημα κυκλοφορίας νερού. Τη σύγκριναν με προσομοιώσεις αλλά και πειραματικά με συμβατικές ΑΘ Αέρος για θέρμανση/ψύξη χώρου. Έδειξαν ότι το σύστημα τους δύναται να μειώσει την κατανάλωση αλλά και τη συχνότητα μαζικής ζήτησης (peak demands). Η χρήση του νερού σαν εναλλάκτη θερμότητας έδειξε μία αύξηση 13% στο φορτίο που μπορούσε να οδηγήσει και μία βελτίωση 14% στο COP. Ειδικά σε συνθήκες πολύ χαμηλής θερμοκρασίας, η Γεωθερμική ΑΘ μπορούσε να οδηγήσει φορτίο 24% περισσότερο από αντίστοιχες ΑΘ Αέρος καθώς και αύξηση 20% στην απόδοση.

Το Μάιο του 2000 τέθηκε σε λειτουργία το σύστημα που ο Hepbasli δοκίμασε για πρώτη φορά στη Τουρκία σε επίπεδο πανεπιστημίου μια Γεωθερμική Α.Θ με εναλλάκτη σε βάθος 50 μέτρων με διάμετρο 11/4 ίντσες τύπου U το οποίο ακόμα υπόκειται σε δοκιμές. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε το σύστημα αυτό το οποίο εγκαταστάθηκε σε ένα δωμάτιο 65 τετραγωνικών στο Solar Energy Institute, Ege University, Izmir. Το φορτίο σε θέρμανση/ψύξη ήταν αντίστοιχα 3.8/4.2 kW. Βάσει των μετρήσεων σε λειτουργία θέρμανσης ,η άντληση θερμότητας από το έδαφος με μέση θερμική διάδοση 0,00375 m<sup>2</sup>/h βρέθηκε κατά μέσο όρο σε 11 W ανά μέτρο γεώτρησης. Το απαιτούμενο μήκος γεώτρησης ανα kW ήταν 14.7m. Το νερό στην είσοδο του συστήματος είχε θερμοκρασία από 5.5 έως 13.2 °C. Η απόδοση κρίθηκε χαμηλή σε σύγκριση με άλλες Α.Θ.

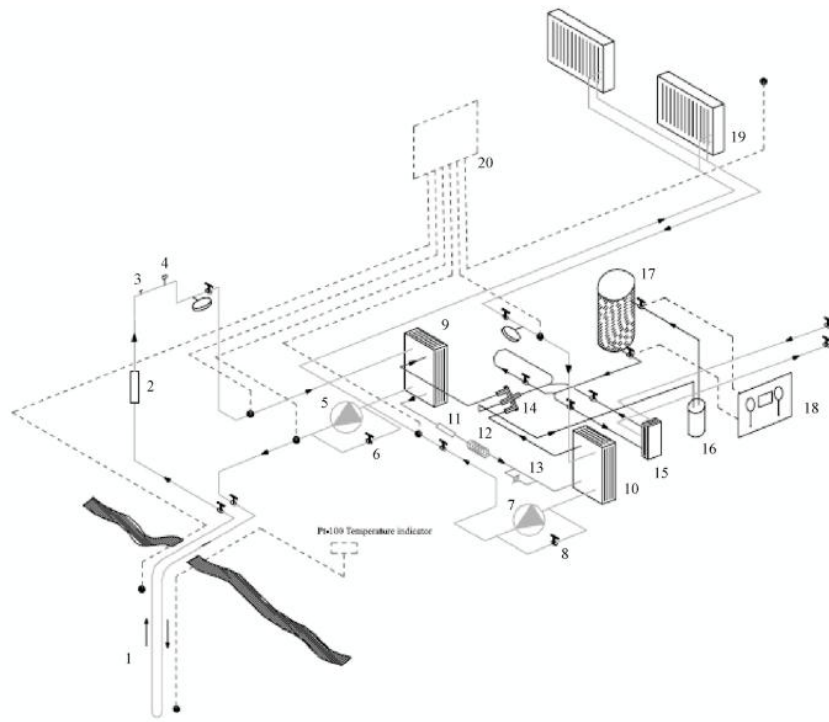


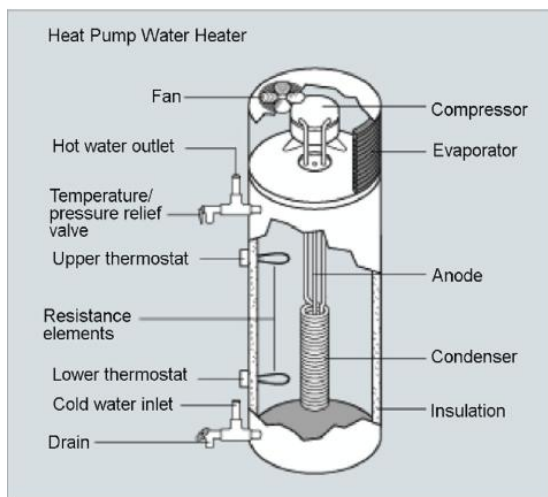
Fig. 3. Isometric stand: (1) ground heat exchanger; (5) brine circulating pump; (7) water circulating pump; (9) heat exchanger; (10) heat exchanger; (12) capillary tube; (15) desuperheater; (17) compressor; (19) fan-coil units [17].

**Εικόνα 1-9** Το σύστημα Hepbasli (Hepbasli and Kalinci 2009)

Οι Βίαου και Bernier εξέτασαν σε δύο διαφορετικά κλίματα, Montreal και Los Angeles διάφορους τρόπους παραγωγής ZNX με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε σπίτια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας δικτύου (ZNEH). Εκεί εξέτασαν μια Α.Θ για ZNX εμμέσως συνδεδεμένη με μια γεωθερμική Α.Θ, ένα τυπικό ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, ένας ηλιακός θερμοσίφοντας με εφεδρικό ηλεκτρικό σύστημα και ένα μέρος του συμπυκνωτή μιας γεωθερμικής Α.Θ με εφεδρικό ηλεκτρικό σύστημα. Η καλύτερη επιλογή ήταν ο ηλιακός θερμοσίφοντας.

Το άλλο κομμάτι της μελέτης τους έριχνε βάρος στο πόση πρέπει να είναι η επιφάνεια για τον ηλιακό θερμοσίφωνα όσο και για τα φωτοβολταϊκά ώστε να πετύχουμε τη φθηνότερη λύση για παραγωγή ZNX με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν μια πιλοτική εγκατάσταση για την κατασκευή και δοκιμή 100 μονάδων.

Οι Ito και Miura προσπάθησαν να αποδείξουν ποιά από τα δύο μέσα, αέρας και νερό είναι πιο αποδοτικό ή να καταφέρουν την παράλληλη χρήση τους σε μια Α.Θ με εναλλαγή θερμότητας. Έτσι εάν η θερμοκρασία του νερού έπεφτε χαμηλά χρησιμοποιούσαν αέρα, ενώ αν απλά μειωνόταν χρησιμοποιούσαν και τα δύο μέσα. Αυτό το σύστημα φαίνεται στην εικόνα 1-10.



**Εικόνα 1-10**

Το σύστημα Ito και Miura (Hebhasli and Kalinci 2009)

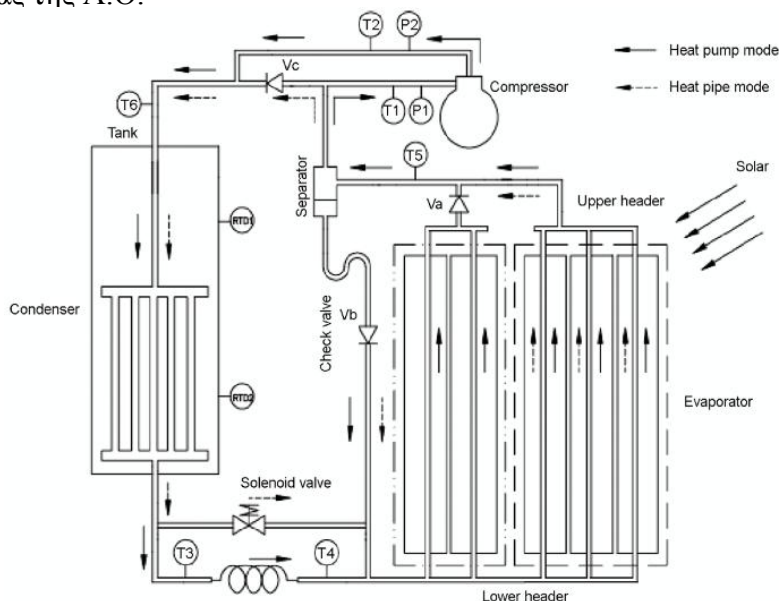
Ο Ji δημοσίευσε μόνο το βασικό σχέδιο και τα εργαστηριακά αποτελέσματα από ένα σύστημα κλιματισμού με πολλαπλές λειτουργίες και βελτιωμένη απόδοση. Σε αυτό το σύστημα φάνηκε πως η απόδοση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά αν στην εξωτερική μονάδα μιας διαιρούμενου τύπου Α.Θ ενσωματωθεί ένας θερμοσίφωνας, έτσι ώστε η ψύξη του χώρου και η παραγωγή ZNX να γίνονται ταυτόχρονα. Για να γίνουν αυτά τα πειράματα φτιάχτηκαν δύο συστήματα. Το μέσο COP για ψύξη χώρου με παράλληλη παραγωγή ZNX, μονάχα παραγωγή ZNX και μονάχα ψύξης χώρου, βρέθηκαν οι βαθμοί απόδοσης 4.02, 2.91, 2.00 σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 4.5 C.

Ο Zhang δούλεψε πάνω στην ενέργεια που απορροφούσε από τον αέρα ο εξατμιστής και αποδιδόταν στο νερό μέσω του κύκλου Rankine από το συμπυκνωτή για την βελτίωση Α.Θ Αέρος/Αέρος με παράλληλη παραγωγή ZNX. Ο συμπιεστής, τύπου Rotary ζέσταινε το νερό στους 55.8 °C. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίστηκαν οι τιμές μήκους του τριχοειδούς σωλήνα, εναλλάκτη για το συμπιεστή.

Ο Hawlader κατασκεύασε μια Α.Θ υποβοηθούμενη από την ηλιακή ενέργεια για παραγωγή ZNX και για τη λειτουργία στεγνωτήρα. Στις καιρικές συνθήκες της Σιγκαπούρης ελέγχθηκε η απόδοση του συστήματος για να υπολογισθεί η συνολική απόδοση του συστήματος και πως επιδρούν σε αυτή οι διάφορες παράμετροι. Δημιουργήθηκε πρόγραμμα προσομοίωσης σε Fortran με και χωρίς την παραγωγή

ZNX. Οι τιμές του COP, από την προσομοίωση και το πείραμα ήταν 7.0 και 5.0 αντίστοιχα.

Ο Huang μελέτησε μία Α.Θ. υποβοηθούμενη από την ηλιακή ενέργεια (HPSAHP). Η οποία είναι μία Α.Θ. με δύο μέσα για εναλλαγή θερμότητας και συνδυάζει την παραδοσιακή Α.Θ. με τον ηλιακό θερμοσίφωνα. Όταν δεν υπάρχει αρκετή ηλιακή ενέργεια λειτουργεί σαν παραδοσιακή Α.Θ. και όταν υπάρχει περίσσεια ηλιακή ενέργεια λειτουργεί σαν θερμοσίφωνα χωρίς ηλεκτρική κατανάλωση. Έτσι επιτυγχάνονται υψηλές αποδόσεις. Στην εικόνα 1-12 βλέπουμε ένα πρότυπο σύστημα που κατασκευάστηκε γι' αυτό, που μας δείχνει πως όταν δουλεύει στη υβριδική του μορφή το COP φτάνει το 3.32, μια αύξηση 28.7% συγκρινόμενη με το COP της απλής λειτουργίας της Α.Θ.



**Εικόνα 1-11**

Το σύστημα Huang (Hepbasli and Kalinci 2009)

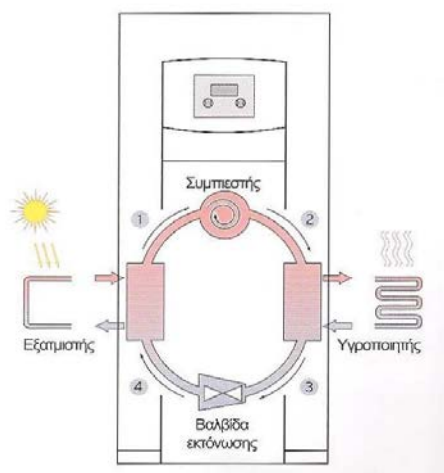
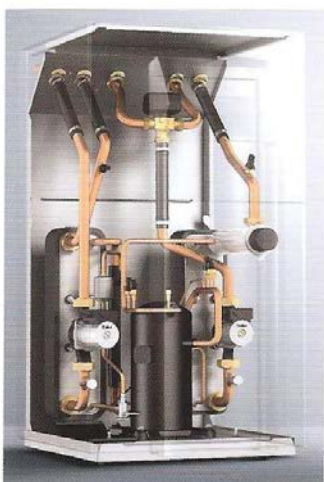
Ο Li επικεντρώθηκε σε Α.Θ. ηλιακά υποβοηθούμενες άμεσης διαστολής, DX- -- SAHPWH. Ένα σύστημα μιας τέτοιας Α.Θ. αποτελείται από 4.20 τ.μ συλλέκτη εξατμιστή άμεσης διαστολής, συμπιεστή τύπου Rotary των 0.75KW, δοχείο ZNX 150 λίτρων και μία θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης. Το πείραμα, που έγινε κατά την άνοιξη στη Σαγκάη, έδειξε ότι το COP μπορεί να φτάσει το 6.61 όταν το νερό θερμαίνεται από τους 13.4 στους 50.5 °C σε διάρκεια 94 λεπτών με εξωτερική θερμοκρασία 20.6 °C και μέση ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 955 W/m<sup>2</sup>. Το COP του συστήματος έφτασε στο 3.11 ακόμα και σε βροχερή νύχτα με εξωτερική θερμοκρασία στους 17.1 °C Η εποχιακή μέση τιμή του COP και η απόδοση του συλλέκτη προσδιορίστηκε σε 5.25 και 1.08 αντίστοιχα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΣΥΣΤΑΣΤΙΚΑ ΜΕΡΗ ΜΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

#### 2.1. Βασικά Μέρη μιας αντλίας θερμότητας

Το τμήμα ανεμιστήρα-εξατμιστή, που απορροφά θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο ή το περιβάλλον είναι ένα από τα κύρια μέρη μιας αντλίας θερμότητας. Ένα άλλο είναι το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή που απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον. Ο μηχανισμός αντιστροφής, αποτελείται από μία τετράοδη βαλβίδα, η οποία μετατρέπει τον ψυκτικό κύκλο, σε «θερμαντικό» και αντίστροφα. Ακόμα η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ μικρή. Τέλος, οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης είναι τα πέντε κύρια μέρη μιας αντλίας θερμότητας.



**Εικόνα 2-12**

Τυπική μορφή αντλίας θερμότητας  
(Χρηματοπούλου 2009)

## 2.2. Ψυκτικό μέσο

Το ψυκτικό ρευστό που κυκλοφορεί σε κάθε ψυκτική μονάδα παραλαμβάνει τη θερμότητα από το χώρο που θέλουμε να ψύξουμε και με την βοήθεια των επιμέρους διατάξεων της ψυκτικής μηχανής, την απορρίπτει στο περιβάλλον. Γενικά το ψυκτικό μέσο είναι το “εργαζόμενο μέσο” των ψυκτικών θερμοδυναμικών κύκλων το οποίο παραλαμβάνει ποσά θερμότητας από χώρους με χαμηλότερη θερμοκρασία και τα απορρίπτει σε χώρους με υψηλότερη θερμοκρασία.

Το ψυκτικό υγρό είναι ένα ειδικό υγρό που εξατμίζεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από αυτή του εξωτερικού περιβάλλοντος. Στην εξωτερική μονάδα, ειδικά χάλκινα στοιχεία φέρνουν τον εξωτερικό αέρα σε επαφή με το ψυκτικό υγρό. Αυτό απορροφά τη θερμική ενέργεια του εξωτερικού αέρα. Έτσι, συντελείται η πρώτη εναλλαγή θερμότητας. Στη συνέχεια, το ψυκτικό υγρό μετατρέπεται σε αέριο και αποβάλλει θερμότητα

## 2.3. Συμπιεστής

Το τμήμα με την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση το οποίο είναι και το σπουδαιότερο είναι ο συμπιεστής. Οι συμπιεστές είναι μηχανικές διατάξεις που αυξάνουν την πίεση τους, κινούν το ψυκτικό μέσο στο κύκλωμα και αντλούν τον ψυκτικό ατμό από τον εξατμιστή. Σκοπός του συμπιεστή είναι η διατήρηση μιας διαφοράς  $\Delta P$  που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ψυκτικής μονάδας. Με τη μείωση του όγκου του χώρου συμπίεσης με κάποιο μηχανικό τρόπο πετυχαίνουμε την αύξηση της πίεσης. Το σύστημα μπορεί να παρέχει την ακριβή θερμική ισχύς που απαιτείται σε κάθε δεδομένη στιγμή με έναν έλεγχο inverter που χρησιμοποιεί ο συμπιεστής της A.Θ. Έτσι το σύστημα γίνεται ιδιαίτερα αποδοτικό και οικονομικό.

Οι συμπιεστές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η μία κατηγορία είναι οι παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι (Reciprocating) και η άλλη είναι οι περιστροφικοί (Scroll ή Rotary).



## 2.4. Συμπυκνωτής

Στο συμπυκνωτή εισέρχεται το υπέρθερμό ψυκτικό αέριο υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Εντός του αποβάλλεται θερμότητα προς το μέσο συμπύκνωσης (νερό, αέρας ή και τα δύο) και συμπυκνώνεται. Αυτό κάνει το συμπιεστή ένα από τα βασικότερα εξαρτήματα μιας ψυκτικής εγκατάστασης.

Δηλαδή ο συμπυκνωτής είναι στην πραγματικότητα ένας θερμικός εναλλάκτης, όπου θερμότητα  $Q_H$  αφαιρείται από το ψυκτικό αέριο προς το περιβάλλον το οποίο είναι συνήθως κάποιο σώμα νερού ή αέρος. Με την αφαίρεση της θερμότητας από το σύστημα προς το περιβάλλον πραγματοποιείται η υγροποίηση (συμπύκνωση) του ψυκτικού αερίου.

Οι συμπυκνωτές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ως προς το χρησιμοποιούμενο μέσο συμπύκνωσης του ψυκτικού αερίου

- Στους Αερόψυκτους
- Στους Υδρόψυκτους
- Στους Ατμοποίησης ή Εξατμιζόμενου τύπου

## 2.5. Εξατμιστής

Ο εξατμιστής ή ψυκτικό στοιχείο είναι εκείνο το βασικό εξάρτημα κάθε ψυκτικής εγκατάστασης μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα η εξάτμιση του ψυκτικού μέσου. Είναι όμοια διάταξη με τον συμπυκνωτή, μόνο που εργάζεται αντίθετα. Βρίσκεται πάντα στο χώρο που θέλουμε να ψύξουμε. Το ψυκτικό υγρό που διέρχεται από την εκτονωτική διάταξη μεταβάλλεται από υγρό σε αέριο (ατμοποιείται) απορροφώντας θερμότητα από τον χώρο. Αφαιρώντας όμως θερμότητα από τον χώρο μειώνεται η θερμοκρασία του (ο χώρος ψύχεται)

Λόγω των ποικίλων απαιτήσεων στις εφαρμογές της ψύξης και προς αντιμετώπιση τους οι εξατμιστές κατασκευάζονται και λειτουργούν κατά διάφορους τρόπους.

Έτσι τους εξατμιστές τους κατατάσσουμε στις εξής βασικές κατηγορίες αναλόγως του χρησιμοποιούμενου εκτονωτικού μέσου (βαλβίδας) σε:

- Στοιχεία ξηρής εκτόνωσης
- Στοιχεία υπερχειλιστικά (υγρής εκτόνωσης)

Αναλόγως της κατασκευαστικής μορφής της εσωτερικής τους επιφάνειας σε:

- Στοιχεία με γυμνούς σωλήνες
- Στοιχεία με πρόσθετα μεταλλικά πτερύγια
- Στοιχεία τύπου πλάκας

Αναλόγως του χρησιμοποιούμενου μέσου ψύξης, χώρου και προϊόντων, σε:

- Στοιχεία αέρα (φυσικής ή βιασμένης κυκλοφορίας)
- Στοιχεία βυθιζόμενου ή εμβαπτιζόμενου τύπου

## 2.6. Εκτονωτική βαλβίδα

Η εκτονωτική βαλβίδα συμβάλλει στον έλεγχο της ακριβούς ποσότητας του διερχόμενου ψυκτικού ώστε ο εξατμιστής να μην παρουσιάζει έλλειψη ή υπερχείλιση ψυκτικού . Είναι το εξάρτημα στο οποίο το ψυκτικό υγρό εκτονώνεται. Στο εσωτερικό της εκτονωτικής διάταξης, το ψυκτικό μέσο μεταβάλλεται από υγρό υψηλής πίεσης και θερμοκρασία σε διφασικό μίγμα (υγρού – αερίου) χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας . Η εκτονωτική βαλβίδα έχει διπλό ρόλο, στραγγαλίζει την πίεση και ρυθμίζει την παροχή μάζας του ψυκτικού μέσου από το συμπυκνωτή προς το στοιχείο ατμοποίησης (εξατμιστής) . Καθιστώντας το ως βασικό εξάρτημα για κάθε ψυκτική εγκατάσταση .

Υπάρχουν πέντε ήδη εκτονωτικής βαλβίδας:

- Ο τριχοειδής σωλήνας
- Η αυτόματη εκτονωτική βαλβίδα ή βαλβίδα σταθερής πίεσης
- Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα ή βαλβίδα σταθερής υπερθέρμανσης
- Η βαλβίδα επίπλευσης χαμηλής πλευράς
- Η βαλβίδα επίπλευσης υψηλής πλευράς

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟΥ

#### 3.1. Χαρακτηριστικά της παρούσας εγκατάστασης του Νηπιαγωγείου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια μελέτη εφαρμογής σχετικά με την αντλία θερμότητας για την θέρμανση του Νηπιαγωγείου, με στόχο την κάλυψη των αναγκών του Νηπιαγωγείου για θέρμανση.

Η μελέτη θα έχει την εξής πορεία:

1. Μελέτη των αρχιτεκτονικών σχεδίων με σκοπό τον υπολογισμό έκτασης της κατοικίας και προσανατολισμού.
2. Μελέτη των δομικών χαρακτηριστικών του Νηπιαγωγείου για τη μελέτη των θερμικών Φορτίων.
3. Μελέτη των θερμικών απωλειών του Νηπιαγωγείου.
4. Διαστασιολόγηση συστήματος των αντλιών θερμότητας.

Το Νηπιαγωγείο στο οποίο θα γίνει μελέτη για την εγκατάσταση των αντλιών θερμότητας βρίσκεται στην Καλαμάτα Μεσσηνίας. Το Νηπιαγωγείο αποτελείται από 1 ισόγειο επίπεδο. Έχει συνολική επιφάνεια  $380\text{m}^2$ . Καταλαμβάνει έκταση  $130\text{m}^2$  σε οικόπεδο συνολικής έκτασης  $1000\text{m}^2$ .

Το Νηπιαγωγείο το οποίο βρίσκεται στον ισόγειο χώρο της κύριας εγκατάστασης αποτελείται από 9 χώρους. Το μηχανοστάσιο στο οποίο θα γίνει η τοποθέτηση των αντλιών θερμότητας και η αντικατάσταση του λέβητα και του καυστήρα θα βρίσκεται στο χώρο απέναντι από το W.C, όπως φαίνεται στο αρχιτεκτονικό σχέδιο

Παρακάτω παραθέτουμε τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κελύφους της κατοικίας.

#### **A. Εξωτερικοί Τοίχοι:**

Το Νηπιαγωγείο αποτελείται περιμετρικά από εξωτερική τοιχοποιία πάχους 25 cm με εξωτερική μόνωση FIBRAN πάχους 5cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,036 \text{ W/mK}$ . Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  της εξωτερικής τοιχοποιίας του Νηπιαγωγείου είναι  $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Οι κολώνες έχουν πάχος 25 cm με εξωτερική μόνωση FIBRAN 5cm και  $U=0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Το δάπεδο έχει  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Στους υπόλοιπους βόρειους χώρους και όπου αλλού έχουμε επαφή των τοιχωμάτων με το εξωτερικό περιβάλλον έχει τοποθετηθεί διπλό τούβλο 7.5cm το καθένα πάχος, με  $\lambda=0,55 \text{ W/m.K}$ . Ενδιάμεσα από τα τούβλα υπάρχει μόνωση FIBRAN 5cm και  $U=0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Τα ανοίγματα είναι τύπου clear διπλά Float το Float (τελείως διαφανές τζάμι, με αέρα ανάμεσα), με  $U=4,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### **B. Έλεγχος θερμοκρασίας χώρων:**

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας ανά χώρο επιτυγχάνεται με την χρήση θερμοστατικών βαλβίδων ανά θερμαντικό σώμα. Με τον τρόπο αυτό μας δίνεται η δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας διατηρώντας με αυτό τον τρόπο την επιθυμητή θερμοκρασία για τον εκάστοτε χώρο του Νηπιαγωγείου . Επίσης με τις θερμοστατικές βαλβίδες μπορούμε να έχουμε αυτονομία ως προς την κατανομή της θερμοκρασίας . Εν ολίγοις ο κάθε χώρος του Νηπιαγωγείου μπορεί να έχει την θερμοκρασία που θέλουμε χωρίς περιορισμούς.

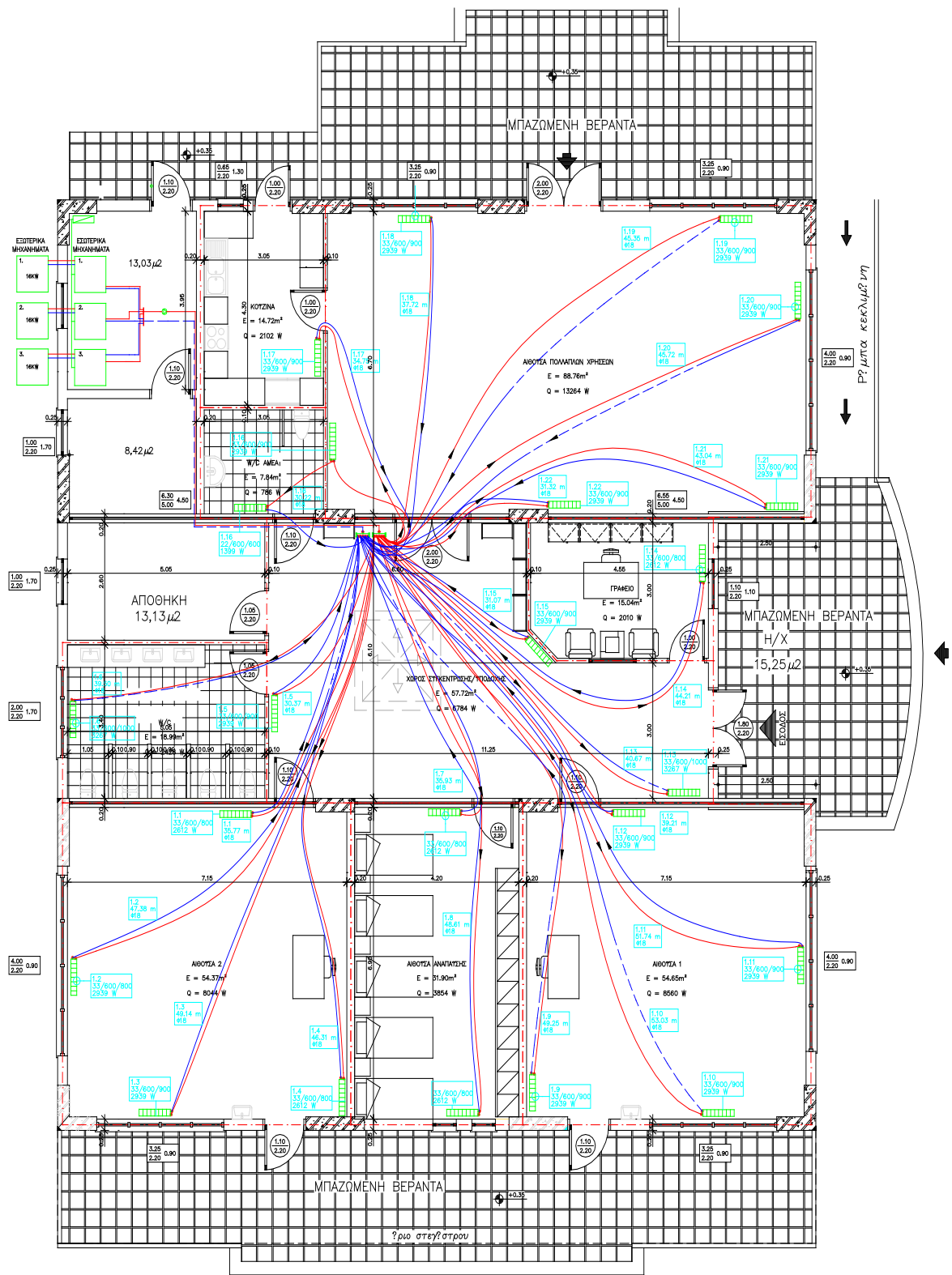
#### **Γ. Σύστημα Θέρμανσης χώρων**

Το Νηπιαγωγείο θα θερμαίνεται από ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης (μονοσωλήνιο δίκτυο) με την χρήση 3 αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών, ισχύος 16KW η κάθε μία με :

Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού  $t_n$  (°C) 75

Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού  $t_r$  (°C) 45

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται οι διαδρομές των σωληνώσεων, οι θέσεις των θερμαντικών σωμάτων, καθώς και η θέση των συλλεκτών προσαγωγής και επιστροφής



Κάτοψη Νηπιαγωγείου ( Γιαννόπουλος Γεώργιος Ηλ/γος Μηχ/κος Τ.Ε. )

Κάτοψη ισογείου επιπέδου του Νηπιαγωγείου

Το Νηπιαγωγείο έχει συνολική επιφάνεια 380 m<sup>2</sup> και περιλαμβάνει τους παρακάτω χώρους:

- 1.Κουζίνα
2. W/C ΑΜΕΑ
3. ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ
- 4.W/C
- 5.ΧΩΡΟ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ / ΥΠΟΔΟΧΗΣ
- 6.ΑΙΘΟΥΣΑ 1
- 7.ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ
- 8.ΑΙΘΟΥΣΑ 2
- 9 ΓΡΑΦΕΙΟ

Λαμβάνοντας υπόψη τα αρχιτεκτονικά σχέδια αλλά και τα δομικά χαρακτηριστικά της κατασκευής μπορούμε να προχωρήσουμε στον υπολογισμό των αναγκών του Νηπιαγωγείου για θέρμανση και στην συνέχεια στην ακριβή διαστασιολόγηση του συστήματος των αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών .

Για τη μελέτη των θερμικών απωλειών θα χρησιμοποιήσουμε τα υπολογιστικά προγράμματα της εταιρείας λογισμικού (4M). Τα τεύχη των οριστικών υπολογισμών παρατίθενται στο Παράρτημα Ι.

### 3.2. Καταναλώσεις Νηπιαγωγείου - Ενεργειακές ανάγκες

Θερμικές απώλειες του Νηπιαγωγείου - Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

#### Δομικά στοιχεία κατοικίας

##### Εξωτερικοί Τοίχοι:

Το Νηπιαγωγείο αποτελείται περιμετρικά από εξωτερική τοιχοποιία πάχους 25 cm με εξωτερική μόνωση FIBRAN πάχους 5cm με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda=0,036$  W/mK. Ο συνολικός συντελεστής θερμοπερατότητας U της εξωτερικής τοιχοποιίας του Νηπιαγωγείου είναι  $0,78$  W/m<sup>2</sup>K. Οι κολώνες έχουν πάχος 25 cm με εξωτερική μόνωση FIBRAN 5cm και  $U= 0,78$  W/m<sup>2</sup>K. Το δάπεδο έχει  $U=1,1$  W/m<sup>2</sup>K.

Στους υπόλοιπους βόρειους χώρους και όπου αλλού έχουμε επαφή των τοιχωμάτων με το εξωτερικό περιβάλλον έχει τοποθετηθεί διπλό τούβλο 7.5 cm το καθένα πάχος, με  $\lambda= 0,55$  W/mK. Ενδιάμεσα από τα τούβλα υπάρχει μόνωση FIBRAN 5cm και  $U= 0,78$  W/m<sup>2</sup>K. Τα ανοίγματα είναι τύπου clear διπλά Float to Float (τελείως διαφανές τζάμι, με αέρα ανάμεσα), με  $U= 4,6$  W/m<sup>2</sup>K

Βάσει των δομικών χαρακτηριστικών του Νηπιαγωγείου και σύμφωνα με τα αρχιτεκτονικά σχέδια, μελετήσαμε τις θερμικές απώλειες του Νηπιαγωγείου. Παρακάτω παραθέτω τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μελετών θερμικών απωλειών του Νηπιαγωγείου (βλ. Παράρτημα Ι)

Θερμικές Απώλειες: Μετά από το τρέξιμο του προγράμματος της 4M βρέθηκε φορτίο **46.845** kWheat

Θερμικές απώλειες ( Kwheat)
46,845
Υπό συνθήκες
Tout(περιβάλλοντος): 1°C
Tin(προσαγωγή νερού): 75 °C

Παραπάνω παρατίθενται τα τελικά αποτελέσματα από το τρέξιμο των μελετών με σκοπό τον υπολογισμό των θερμικών αναγκών του Νηπιαγωγείου. Με βάση τις συγκεκριμένες ανάγκες, καλούμαστε να διαστασιολογήσουμε το σύστημα των αντλιών θερμότητας, με σκοπό τη μείωση κόστους, και θα εφαρμοστεί ένα μονοσωλήνιο σύστημα θέρμανσης με την χρήση αντλιών θερμότητας αέρος/νερού. Η διαστασιολόγηση αυτή πραγματοποιείται στο κεφάλαιο 3.4 αφού πρώτα προηγηθεί μια συνοπτική ανάλυση του τρόπου λειτουργίας της αντλίας αέρος/νερού που θα χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση στο κεφάλαιο 3.3

## Επιλογή θερμαντικών σωμάτων

Μετά τον υπολογισμό των απωλειών των χώρων που θα θερμάνουμε πρέπει να επιλέξουμε τα κατάλληλα σώματα που θα προσφέρουν στο χώρο θερμική ισχύ ίση με τις απώλειες

Για να επιλέξουμε τα θερμαντικά σώματα , εκτός από τις απώλειες θα πρέπει να γνωρίζουμε και τα παρακάτω:

- Τις θέσεις που θα τοποθετηθούν τα σώματα , άρα και το διαθέσιμο χώρο. Συχνά ο χώρος δεν επαρκεί για το μέγεθος του επιλεγέντος και τότε ή θα πρέπει να επιλέξουμε άλλη θέση, ή να τοποθετήσουμε και άλλο σώμα στο δωμάτιο ,ώστε το άθροισμα της ισχύος των σωμάτων να ισούται με τις απώλειες του δωματίου.
- Το είδος του δικτύου. Αν δηλαδή τα σώματα θα τροφοδοτηθούν στο δίκτυο νερού παράλληλα ή εν σειρά . Τα σώματα τροφοδοτούνται παράλληλα όταν το σύστημα του δικτύου είναι δισωλήνιο και εν σειρά όταν το σύστημα των σωληνώσεων είναι μονοσωλήνιο.
- Το είδος των σωμάτων που θα τοποθετηθούν . Υπάρχουν σώματα κλασσικά (AKAN), panels ,αλουμινίου, σωληνωτά, δυναμικής εκφόρτισης , κ.τ.λ

Θα πρέπει να προσδιορίσουμε και την θέση των θερμαντικών σωμάτων όπως φαίνεται παρακάτω:

- Προκειμένου ένα θερμαντικό σώμα να επιτελεί σωστά το σκοπό του ,που είναι η επίτευξη της επιθυμητής και ομοιόμορφης θερμοκρασίας στο χώρο , θα πρέπει να τοποθετείται στα πιο ψυχρά σημεία του δωματίου . Με βάση αυτό σαν τα πλέον κατάλληλα σημεία προτείνονται:
- Κάτω από τα παράθυρα .
- Δίπλα από την εξωτερική πόρτα . Αν υπάρχουν περισσότερες της μίας εξωτερικής πόρτας , δίπλα σε αυτή που ανοιγοκλείνει συχνότερα
- Στη γωνία που σχηματίζουν δυο εξωτερικοί τοίχοι
- Στους βορινούς εξωτερικούς τοίχους
- Αν δεν υπάρχει βορινός εξωτερικός τοίχος η σειρά επιλογής εξωτερικού τοίχου είναι , ανατολικός η δυτικός και τελευταίος ο νότιος.



Στην παρούσα μελέτη για την εγκατάσταση χρησιμοποιήσαμε θερμαντικά σώματα τύπου πάνελ .

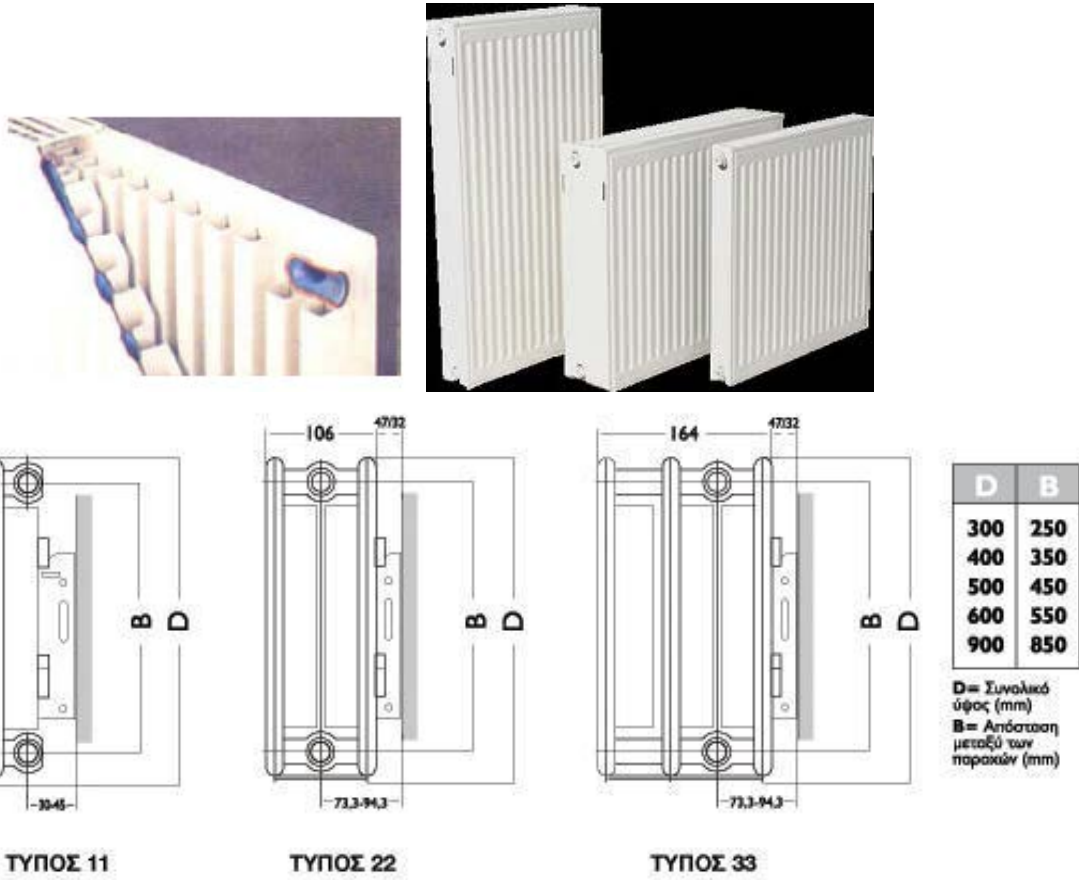
Παρακάτω περιγράφονται κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά που θα ήταν πολύ χρήσιμο να αναφερθούν

- Τα σώματα πάνελ έχουν σε μεγάλο βαθμό εκτοπίσει όλα τα άλλα σώματα στις εγκαταστάσεις κεντρικών θερμάνσεων με νερό. Αυτό οφείλεται στην ωραία εμφάνιση ,στην ποικιλία διαστάσεων, στην αντοχή τους στο χρόνο και στην λογική τιμή τους
- Κατασκευάζονται από χαλύβδινα ελάσματα πάχους 1,1 – 1,25 mm, διαμορφώνονται σε πρέσα και είναι συγκολλημένα μεταξύ τους ώστε να δημιουργείται μια υδροφόρα πλάκα . Το κάθε σώμα αποτελείται από μία έως τρεις υδροφόρες πλάκες . Μεταξύ των πλακών συνήθως τοποθετείται μαιάνδρος συγκολλημένος στις πλάκες για αύξηση της θερμαινόμενης επιφάνειας . Στο επάνω μέρος και στα πλάγια τοποθετούνται καλύμματα για αισθητικούς λόγους
- Διατίθενται βαμμένα ηλεκτροστατικά σε χρώμα λευκό και κάποιες φορές, κατόπιν παραγγελίας και σε άλλα χρώματα .

Τα σώματα πάνελ περιγράφονται με τρεις αριθμούς .

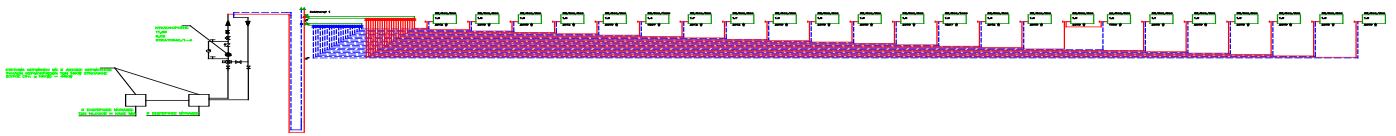
- Ο πρώτος αριθμός είναι διψήφιος, το πρώτο νούμερο του αναφέρεται στο πλήθος των πλακών και το δεύτερο στο πλήθος των μαιάνδρων . Όταν μιλάμε για σώμα π.χ 22 εννοούμε ότι το σώμα αυτό έχει δύο πλάκες και δύο μαιάνδρους
- Ο δεύτερος αριθμός του σώματος μας δίνει το συνολικό ύψος του σώματος σε χιλιοστά του μέτρου
- Ο τρίτος αριθμός μας δίνει το μήκος του σώματος σε χιλιοστά του μέτρου

Παρακάτω φαίνονται εικόνες για θερμαντικά σώματα πάνελ



Εικόνα 3-13  
www.google.gr  
Θερμαντικά σώματα πάνελ

Παρακάτω φαίνεται το σκαρίφημα στο AUTOCAD όλης της εγκατάστασης θέρμανσης με τις αντλίες θερμότητας και ο τρόπος με τον οποίο τα σώματα συνδέονται μεταξύ τους . Όπως φαίνεται από το μονοσωλήνιο σύστημα θέρμανσης



Μονοσωλήνιο σύστημα θέρμανσης( Γιαννόπουλος Γεώργιος Ηλ/γος Μηχ/κος Τ.Ε.)

Τα αποτελέσματα σχετικά την επιλογή των σωμάτων έγιναν με την βοήθεια του λογισμικού (4M) και φαίνονται όπως θα δούμε στο παραρτήματα Ι.

### 3.3. Τρόπος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας Αέρος/Νερού

#### Αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας Αέρος – Νερού

Η τεχνολογία της αντλίας θερμότητας βασίζεται στην απλή λειτουργία ενός οποιουδήποτε οικιακού ψυγείου χρησιμοποιώντας έναν κύκλο συμπίεσης ατμού. Τα κύρια μέρη από τα οποία αποτελείται είναι ο συμπιεστής, η βαλβίδα εκτόνωσης και δύο εναλλάκτες θερμότητας (ένα εξατμιστή και ένα συμπυκνωτή).

Ένας ανεμιστήρας ωθεί τον εξωτερικό αέρα στην αντλία θερμότητας όπου συναντά τον εξατμιστή. Αυτός είναι συνδεδεμένος σε ένα κλειστό σύστημα που περιέχει ένα ψυκτικό μέσο που μπορεί να μετατραπεί σε αέριο σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Όταν ο εξωτερικός αέρας χτυπά το εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας ένα συμπιεστή, το αέριο φτάνει σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία στην οποία μπορεί να μεταφερθεί στο συμπυκνωτή του συστήματος θέρμανσης του σπιτιού. Ταυτόχρονα, το ψυκτικό μέσο με τη βοήθεια του συμπυκνωτή επανέρχεται στην υγρή μορφή, έτοιμο να μετατραπεί σε αέριο για άλλη μια φορά και να συλλέξει νέα θερμότητα. Το καλοκαίρι, το κύκλωμα ψύξης είναι ικανό να λειτουργήσει αντίστροφα ώστε να παρέχει ψύξη για όσο του ζητηθεί.

Τα βασικά μέρη από τα οποία αποτελείται μια αντλία θερμότητας είναι :

1. Το τμήμα συμπιεστή-συμπυκνωτή, που απορρίπτει (ή απορροφά) θερμότητα στο (ή από) το περιβάλλον.
2. Το τμήμα ανεμιστήρα - εξατμιστή, που απορροφά (ή προσθέτει) θερμότητα από τον (ή στον) εσωτερικό χώρο.
3. Ο μηχανισμός αντιστροφής, που είναι μια τετράοδη βαλβίδα, που αναστρέφει τη ροή του ψυκτικού μέσου έτσι ώστε να έχουμε ψύξη ή θέρμανση, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας.
4. Οι αυτοματισμοί για τον έλεγχο και λειτουργία του συστήματος θέρμανσης ή ψύξης.
5. Η συμπληρωματική ηλεκτρική αντίσταση, που αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή.

### **3.3.a Ποια είδη αντλιών θερμότητας τύπου αέρος νερού υπάρχουν στην αγορά**

Ας δούμε ποιες είναι οι προτάσεις της αγοράς. Αναφερόμαστε λοιπόν σε κατοικία με κλασσικά θερμομαντικά σώματα, στην οποία ο λέβητας καταργείται ή μένει σαν εφεδρεία της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί.

#### **Μονοβάθμια αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 55-60°C**

Οι περισσότερες αντλίες θερμότητας αέρος νερού της αγοράς χρησιμοποιούν ένα ψυκτικό κύκλωμα και ως ψυκτικό μέσο το R410A. Ο εναλλάκτης της εξωτερικής μονάδας απορροφά θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος και την μεταφέρει με τη βοήθεια του ψυκτικού κυκλώματος και του κυκλώματος νερού στο χώρο μας. Τα συγκεκριμένα συστήματα είναι σχεδιασμένα ώστε στη λειτουργία θέρμανσης να έχουν τις βέλτιστες αποδόσεις σε θερμοκρασίες νερού προσαγωγής κοντά στους 35°C. Σε 7°C εξωτερική θερμοκρασία και για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία νερού προσαγωγής ο βαθμός απόδοσης (COP) μπορεί να ξεπεράσει ακόμη και το 5. Αυτό μεταφράζεται σε 500% απόδοση που σημαίνει πως για κάθε 1kWh που καταναλώνεται, αποδίδονται 5 kWh θερμικές στο χώρο μας. Να τονιστεί πως αυτό που διαφοροποιεί την αντλία θερμότητας από τα υπόλοιπα συστήματα θέρμανσης είναι πως δεν παράγει θερμότητα αλλά τη μεταφέρει με τη βοήθεια του ψυκτικού κυκλώματος. Μια μονοβάθμια αντλία θερμότητας συνδεδεμένη με υφιστάμενα σώματα υψηλών θερμοκρασιών, προϋποθέτει τη ρύθμισή της σε λειτουργία στο μέγιστο της θερμοκρασίας προσαγωγής με αποτέλεσμα:

- 1) Ο βαθμός απόδοσης να είναι πολύ κάτω από το 2,5 και μάλιστα σε εξωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των 7°C . Σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των λίγων βαθμών κάτω από το μηδέν η απόδοση δυστυχώς θυμίζει την απόδοση ενός ηλεκτρικού λέβητα.
- 2) Σε χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες πέρα από την κατακόρυφη πτώση του βαθμού απόδοσης για τέτοιες οριακές για το συγκεκριμένο σύστημα θερμοκρασίες προσαγωγής αφενός να μην επιτυγχάνεται η θερμοκρασία στόχου (τότε δηλαδή που πραγματικά θα χρειαζόμαστε το μέγιστο της προσαγωγής) αλλά ακόμη χειρότερα οι εφεδρικές αντιστάσεις που συνοδεύουν αυτά τα συστήματα να είναι σε συνεχή λειτουργία. Να αναφέρουμε εδώ επίσης πως ο λόγος ύπαρξης εφεδρικών αντιστάσεων σε τέτοιου είδους συστήματα θα πρέπει να είναι για να καλύψουμε περιστασιακά κάποια ακραία φορτία χωρίς να υπερδιαστασιολογήσουμε την αντλία μας κατά την επιλογή και όχι για να δίνουμε σε μόνιμη βάση υψηλότερες θερμοκρασίες προσαγωγής όταν θερμοδυναμικά αυτό δεν είναι δυνατό.
- 3) Ακόμα και με τη μέγιστη δυνατή για τη μονάδα θερμοκρασία προσαγωγής να καθυστερεί υπερβολικά η επίτευξη της επιθυμητής θερμοκρασίας χώρου ή ακόμα χειρότερα να μην επιτυγχάνεται ποτέ. Εκεί -ερχόμενοι πλέον προ τετελεσμένων- θα ακούσουμε τον εγκαταστάτη να προτείνει αλλαγή όλων ή κάποιων θερμομαντικών σωμάτων με μονάδες fan coils ή με μεγαλύτερα σώματα, μη διακοπτόμενη λειτουργία της θέρμανσης, προσθήκη ενός δοχείου αδρανείας και τις περισσότερες φορές συνδυασμό κάποιων ή και όλα τα παραπάνω.

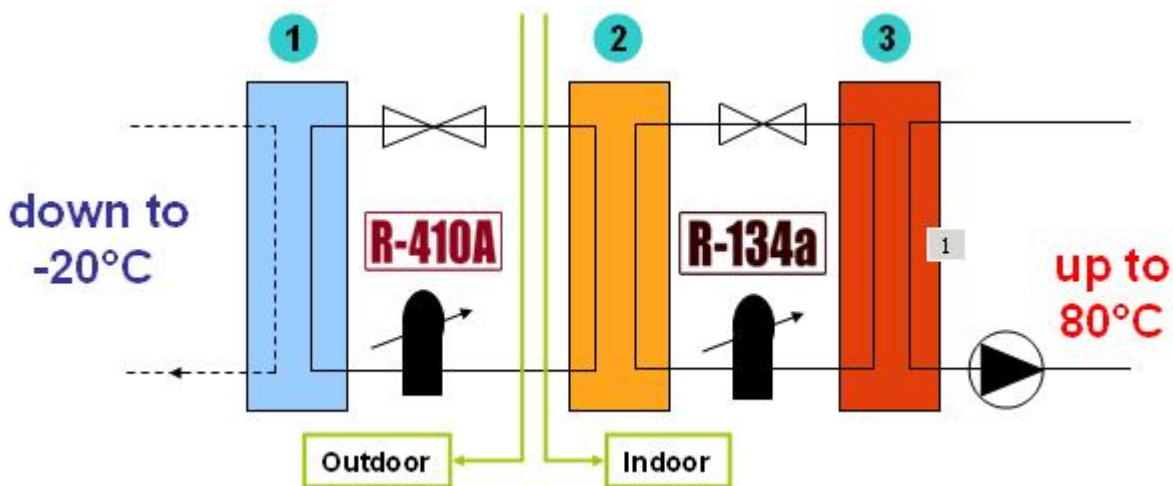
Αν παρόλα ταύτα ο σχεδιασμός του συστήματος θέρμανσης είχε γίνει για υψηλότερες θερμοκρασίες προσαγωγής δυστυχώς μόνο μια ριζική ανακαίνιση του δικτύου σωληνώσεων και σωμάτων θα μπορέσει να λύσει το πρόβλημα. Στην περίπτωση αυτή οι επεμβάσεις θα είναι ιδιαίτερα μεγάλες.

#### **Διβάθμια αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 60-75°C**

Οι επονομαζόμενες και μεσαίων θερμοκρασιών αντλίες θερμότητας έχουν δυνατότητα προσαγωγής νερού θερμοκρασίας 60-75°C. Οι τεχνολογίες για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου πολλές και στην αγορά εδώ και πολλά χρόνια (dual compression, dual compression CO<sub>2</sub>, enhanced vapor injection, dual compression+vapor injection κ.α.) με τη δεύτερη βαθμίδα συμπίεσης να τίθεται σε λειτουργία όταν υπάρχει απαίτηση για υψηλότερη θερμοκρασία προσαγωγής και σε χαμηλότερες εξωτερικές θερμοκρασίες. Το κοινό όλων των παραπάνω τεχνολογιών. Βαθμός απόδοσης που είναι πολύ χαμηλότερος ακόμα και από αυτό της πρότασης Α. Ο σχεδιασμός έχει γίνει με γνώμονα την δυνατότητα επίτευξης της επιθυμητής θερμοκρασίας προσαγωγής σε βάρος πάντα του βαθμού απόδοσης. Στόχος είναι η όσο το δυνατό υψηλότερη θερμοκρασία συμπίκνωσης, συνεπώς και θερμοκρασία νερού, αφήνοντας σε δεύτερη μοίρα το βαθμό απόδοσης. Πολλές φορές λόγω χαμηλών εξωτερικών θερμοκρασιών η θερμοκρασία στόχος στο νερό επιτυγχάνεται και εδώ με την επικουρική βοήθεια ηλεκτρικής αντίστασης.

#### **Αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 80°C cascade τεχνολογίας (με δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα)**

Η συγκεκριμένη τεχνολογία που χρησιμοποιεί δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα με διαφορετικό ψυκτικό μέσο υπάρχει στην αγορά εδώ και αρκετά χρόνια δίνοντας λύση τόσο σε συστήματα θέρμανσης όσο και ψύξης. Τα τελευταία χρόνια ήρθε στην επικαιρότητα λόγω των τιμών των ορυκτών καυσίμων και λόγω της απόδοσής της όταν το ζητούμενο είναι οι υψηλές θερμοκρασίες νερού προσαγωγής. Στην παρακάτω εικόνα 3.14 εικονίζεται μια τυπική διάταξη συστήματος υψηλών θερμοκρασιών cascade τεχνολογίας.



**Εικόνα 3-14:** Cascade τεχνολογία σε αντλία θερμότητας με δυνατότητα προσαγωγής 80°C ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Δύο inverter συμπιεστές αναλαμβάνουν ο μιν πρώτος να μεταφέρει τη θερμότητα που απορροφάται στον εναλλάκτη της εξωτερικής μονάδας προς το δεύτερο κύκλωμα με γνώμονα πάντα το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και ο δεύτερος την ανύψωση του σημείου συμπύκνωσης σε τέτοιο επίπεδο ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία προσαγωγής (35-80°C). Το πρώτο ψυκτικό κύκλωμα που χρησιμοποιεί ψυκτικό μέσο R410A είναι αντίστοιχο με τα συστήματα της Πρότασης Α με μία σημαντική διαφορά. Ο στόχος συμπύκνωσης του κυκλώματος δεν είναι όπως στις μονοβάθμιες αντλίες οι 60 ή και παραπάνω βαθμοί που θα οδηγούσαν σε ιδιαίτερα χαμηλό βαθμό απόδοσης όπως προαναφέραμε. Η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη και ο στόχος είναι να μεταφερθεί η θερμότητα στο δεύτερο ψυκτικό κύκλωμα με όσο το δυνατό υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Εκεί πλέον αναλαμβάνει ο δεύτερος inverter συμπιεστής και το κύκλωμα του R134a που θα μπορέσει εφόσον ζητηθεί να δώσει θερμοκρασίες νερού μέχρι και 80°C.

Εμείς στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιήσουμε την **Αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 80°C cascade τεχνολογίας** (με δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα) . Μας βολεύει γιατί θέλουμε το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και την ανύψωση του σημείου συμπύκνωσης σε τέτοιο επίπεδο ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή θερμοκρασία προσαγωγής (35-80°C) συγκριτικά με τα άλλα συστήματα που έχουν χαμηλό βαθμό απόδοσης με σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας τους .

### 3.4. Διαστασιολόγηση αντλίας θερμότητας αέρος – νερού

Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης θερμικών απωλειών και την μελέτη του μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης μπορούμε να προχωρήσουμε στη μελέτη εφαρμογής, τη διαστασιολόγηση του συστήματος των αντλιών θερμότητας.

Με βάση τα αποτελέσματα των υπολογισμών των θερμικών απωλειών για κάθε χώρο του Νηπιαγωγείου, θα γίνει η επιλογή της κατάλληλης αντλίας θερμότητας

Στον παρακάτω πίνακα μεταφέρονται τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης θερμικών απωλειών στην παραπάνω ενότητα

**Πίνακας 1**  
**Συγκεντρωτικά αποτελέσματα Θερμικών απωλειών**

	Θερμικές απώλειες	Επιφάνεια
Νηπιαγωγείο	46,845 (KWatt)	380 m <sup>2</sup>

Στον **Πίνακα 2** που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συνιστώμενες θερμοκρασίες λειτουργίας του κυκλώματος θέρμανσης

Η αντλία θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε θα την διαστασιολογήσουμε με σκοπό να λειτουργεί τον Χειμώνα δηλαδή να λειτουργεί αντίστροφα .

Για θερμοκρασία νερού εξόδου από τον συμπυκνωτή 75°C και εισόδου αέρα (περιβάλλοντος) στον εξατμιστή 1°C και με κριτήριο ότι πρέπει η αντλία θερμότητας να υπερκαλύπτει το  $Q_{heat}=46,845kW$ , θα επιλέξουμε μια αντλία θερμότητας με τα παρακάτω χαρακτηριστικά

#### **Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος**

Το σύστημα θέρμανσης θα αποτελείται από τρεις (3) αντλίες υψηλών θερμοκρασιών, που η κάθε μια περιλαμβάνει την εξωτερική και την εσωτερική μονάδα), συνολικής ισχύος  $3(\tau \chi) * 16 kW = 48 kW$ .

Βασίζεται στην τεχνολογία της αντλίας θερμότητας και σαν σύστημα αέρος - νερού χρησιμοποιεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας

Το σύστημα αποτελείται από μία μονάδα η οποία περιλαμβάνει τόσο το ψυκτικό όσο και το υδραυλικό μέρος.

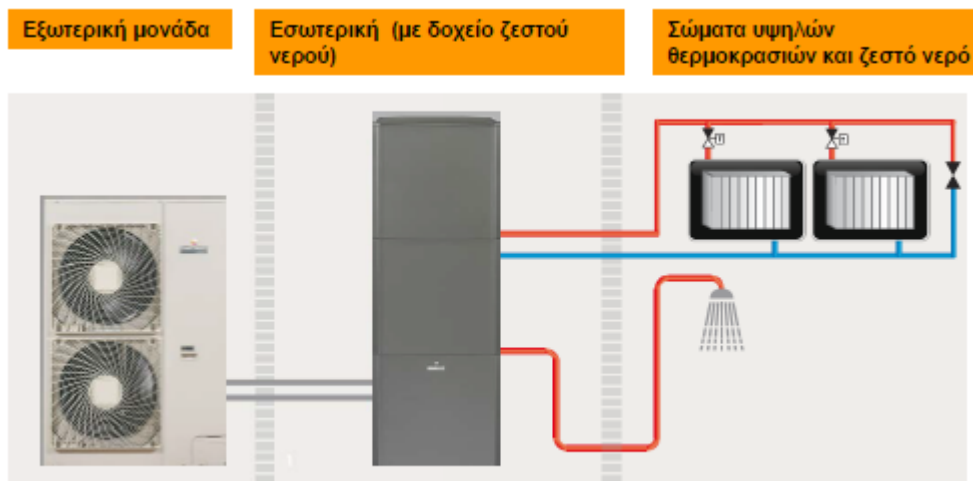


Το ψυκτικό κύκλωμα Τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται είναι αρχικά για την εξωτερική μονάδα R410A, το πλέον σύγχρονο και φιλικό προς το περιβάλλον ψυκτικό μέσο τελευταίας γενιάς. Στη συνέχεια στην εσωτερική μονάδα χρησιμοποιείται το ψυκτικό R- 134 a

Οι συμπιεστές είναι σπειροειδής (scroll) ερμητικού τύπου, με ενσωματωμένο κινητήρα και ηχομονωτικό περίβλημα. Έχουν κινητήρα DC inverter οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της συχνότητάς του με αποτέλεσμα τη μεταβολή του παρεχόμενου ψυκτικού όγκου από τον συμπιεστή, για την ακριβέστερη και ταχύτερη ανταπόκριση στο απαιτούμενο φορτίο. Η μεταβολή της συχνότητας γίνεται βηματικά, αλλά σε τόσα βήματα ώστε η μεταβολή της ψυκτικής απόδοσης να μπορεί να προσεγγιστεί και ως γραμμική.

Ο κινητήρας των ανεμιστήρων της μονάδας είναι DC inverter με στόχο την περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας, την ακριβέστερη ρύθμιση της ταχύτητας του ανεμιστήρα και τη μείωση της στάθμης θορύβου. Η ακριβής ρύθμιση της ταχύτητας των ανεμιστήρων έχει ως αποτέλεσμα τον ακριβή έλεγχο της απόδοσης του συστήματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Παρακάτω φαίνεται σχηματικά το σύστημα των αντλιών θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε . Με θερμοκρασία προσαγωγής έως 80 °C



**Εικόνα 3-14:** Σύστημα αντλιών θερμότητας  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Φαίνεται διαγραμματικά το σύστημα ψύξης της αντλία θερμότητας αέρος νερού προσαγωγής 80°C cascade τεχνολογίας (με δύο ανεξάρτητα ψυκτικά κυκλώματα) και ο τρόπος λειτουργίας του ψυκτικού υγρού R410a και του ψυκτικού R- 134 a εντός της αντλίας θερμότητας



**Εικόνα 3-15:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma) ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Στη θέση 1 έχουμε τον εξατμιστή εξωτερικής μονάδας: αέρος – R410a

Στη θέση 2 έχουμε τον πλακοειδή εναλλάκτη: R410a – R134a

Στη θέση 3 έχουμε τον Συμπυκνωτή εσωτερικής μονάδας: R134a – Νερό

Η εξωτερική μονάδα (κάθε αντλίας) ισχύος 16 kW, απορροφά θερμότητα από τον αέρα του περιβάλλοντος, η οποία μεταφέρεται στην εσωτερική μονάδα μέσω του ψυκτικού R-410a, διαμέσω των σωλήνων ψυκτικού μέσου. Η αναστρέψιμη αντλία θερμότητας αέρος/νερού, περιέχει συμπιεστή inverter. Το σύστημα inverter διατηρεί συνεχώς την επιθυμητή θερμοκρασία χώρου, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 30% σε σύγκριση με ένα κλασικό σύστημα on/off, και ταυτόχρονα εξασφαλίζει τη λειτουργία της μονάδας μέχρι τους -20°C.

Χαρακτηριστικά της εξωτερικής μονάδας (Outdoor ERSQ016AAY1)

Ονομαστική απόδοση                      Θέρμανση  $P_c = 16 \text{ kW}$

Ονομαστική κατανάλωση                      Θέρμανση  $P_a = 5,57 \text{ kW}$

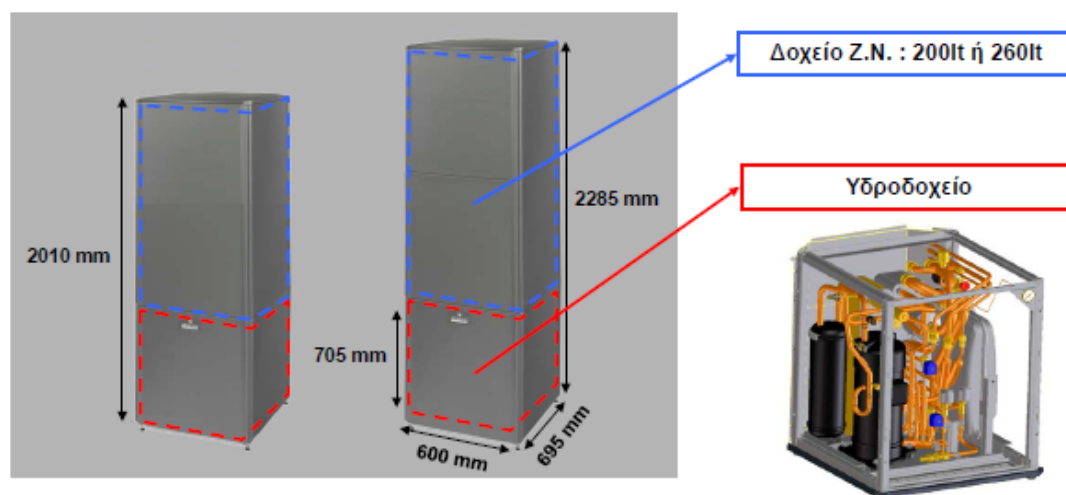
$$\frac{P_c}{P_a} = \frac{16}{5,57} = 2,88 \sim 3,00 \equiv \text{COP (Βαθμός απόδοσης)}$$

Η εσωτερική μονάδα (κάθε αντλίας), λαμβάνει την θερμότητα από την εξωτερική μονάδα με την βοήθεια του ψυκτικού μέσου R-410a και την αυξάνει περαιτέρω με το ψυκτικό R-134a . Η θερμότητα μεταφέρεται από το κύκλωμα ψυκτικού R-134a στο κύκλωμα νερού. Χάρη στους συμπιεστές τεχνολογίας cascade, επιτυγχάνονται θερμοκρασίες νερού 80 °C χωρίς τη χρήση συμπληρωματικού εφεδρικού θερμαντήρα, το οποίο κυκλοφορεί στα σώματα υψηλών θερμοκρασιών και θα συνδυαστεί με το δοχείο ζεστού νερού χρήσης μέσω τρίοδης βάννας

Στην εσωτερική μονάδα περιλαμβάνεται και το υδραυλικό μέρος το οποίο αποτελείται από:

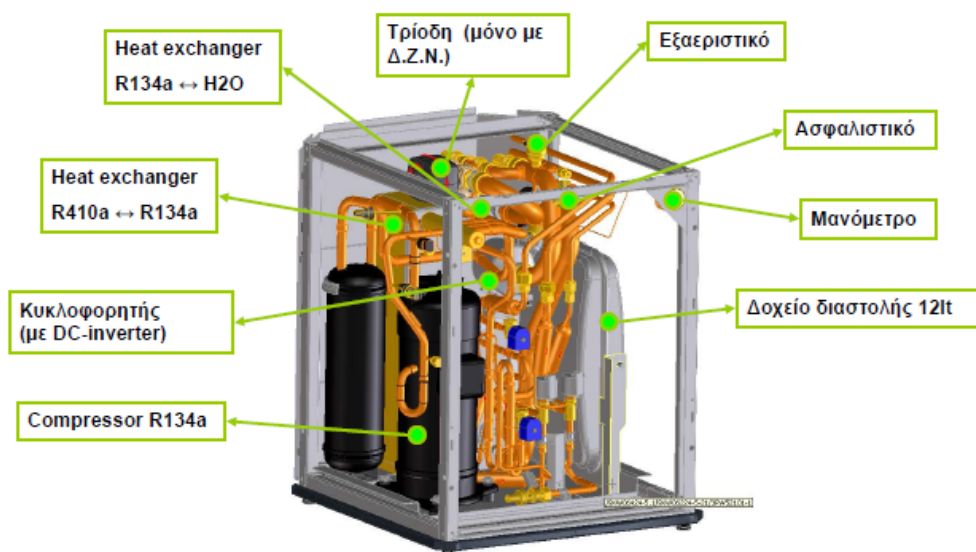
- κυκλοφορητή inverter
- δοχείο διαστολής 12 lt
- διακόπτη ροής
- φίλτρο
- ασφαλιστική διάταξη
- εξαεριστικό δίκτυο νερού
- ζεύγος ψυκτικών σωληνώσεων

Χαρακτηριστικά της εσωτερικής μονάδας έτσι όπως μας τα παρέχει η εταιρία Daikin Altherma



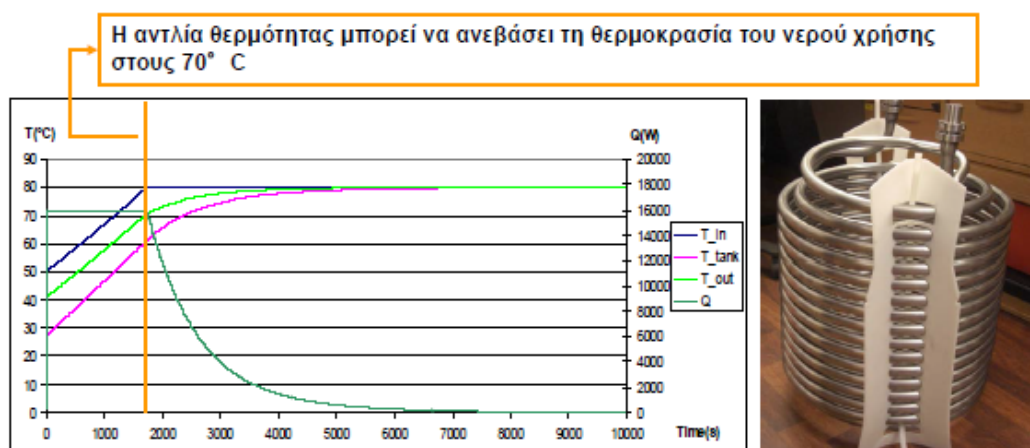
**Εικόνα 3-16:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα συστατικά μέρη από τα οποία αποτελείται το υδροδοχείο, μέσα από τα στοιχεία που μας παρέχει η εταιρεία Daikin Altherma



**Εικόνα 3-17:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma) ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Για να προσδιορίσουμε την λειτουργία του Δοχείου ζεστού νερού χρήσης και την απόδοση του θα πάρουμε το διάγραμμα της θερμοκρασίας και της θερμότητας που εκλύεται συνάρτηση του χρόνου προετοιμασίας του νερού.



**Εικόνα 3-18:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma) ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Στην εικόνα φαίνεται ο εναλλάκτης θερμότητας εντός του δοχείου ζεστού νερού χρήσης.

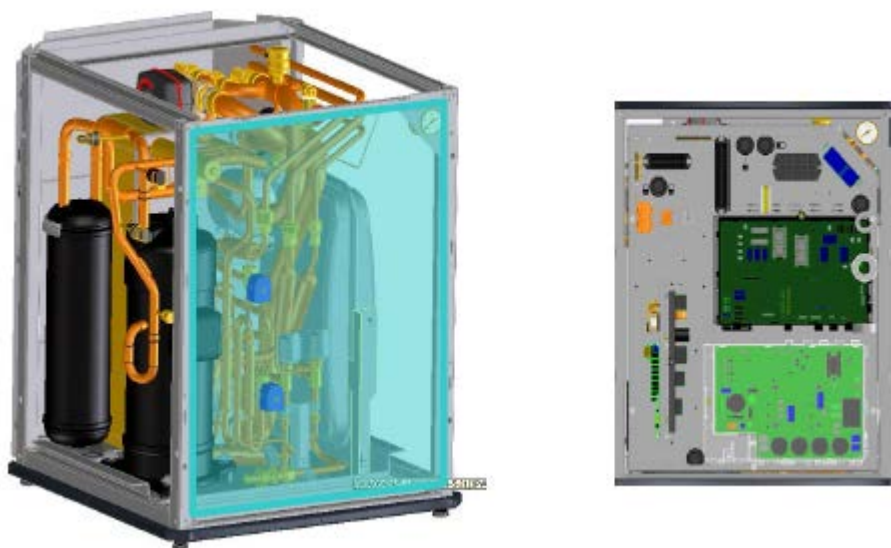
Στην παρούσα μελέτη που κάναμε με εξωτερική μονάδα που χρησιμοποιήσαμε ERSQ016AAY1 θα πάρουμε δοχείο EKHTS200 (200 λίτρα). Επομένως , το μήκος του εναλλάκτη που θα χρησιμοποιήσουμε είναι 23 μέτρα και καταλαμβάνει επιφάνεια 1,56 m<sup>2</sup>

#### Αυτοματισμοί

Στους αυτοματισμούς του συστήματος περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- Χειριστήριο προγραμματισμού λειτουργιών
- Καλωδιώσεις και συνδέσεις
- Έλεγχος ηλεκτρικής αντίστασης δοχείου ζεστού νερού χρήσης
- Λειτουργία απολύμανσης (για λεγεωνέλλα) εντός του δοχείου
- Χρονοπρογράμματα στη λειτουργία θέρμανσης
- Χρονοπρογράμματα στη λειτουργία ζεστού νερού χρήσης

Τα ηλεκτρονικά βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του υδροδοχείου όπως φαίνονται από το παρακάτω σχήμα



**Εικόνα 3-19:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Η θερμοκρασία του νερού προσαγωγής ορίζεται από το χρήστη μέσω του απομακρυσμένου χειριστηρίου που βρίσκεται εντός του Νηπιαγωγείου. Το χειριστήριο είναι ανεξάρτητο από την εσωτερική μονάδα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως θερμοστάτης χώρου

Μέσα από το χειριστήριο μπορούμε να εξασφαλίσουμε τα παρακάτω :

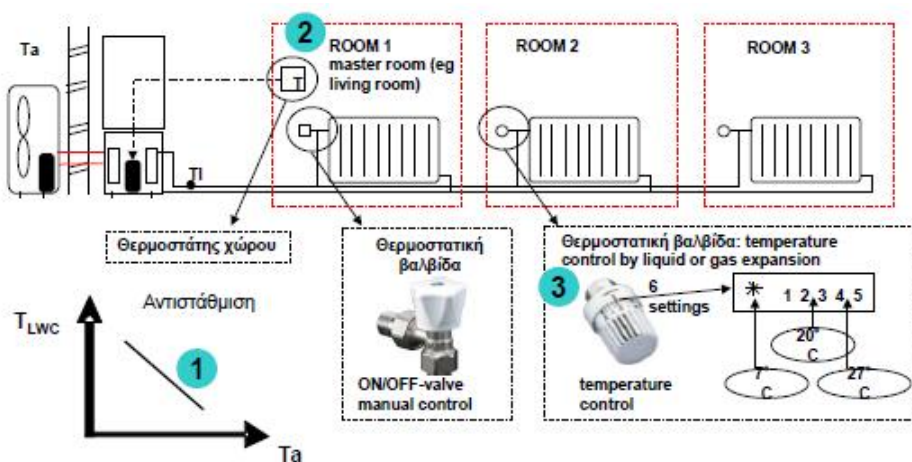
- Το σύστημα θα έχει τη δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης της λειτουργίας μετά από διακοπή ρεύματος με κατάλληλη ρύθμιση από το τοπικό χειριστήριο.
- Μεγαλύτερη απόδοση λόγω δεδομένων από το θερμοστάτη
- Βέλτιστη εναλλαγή μεταξύ Λειτουργίας Θέρμανσης και Παραγωγής Ζεστού Νερού

Χαρακτηριστικά λειτουργίας έτσι όπως φαίνονται από το ένθετο της εταιρίας Daikin Altherma

Περιλαμβάνονται:

1. Αντιστάθμιση :  $T_{LWC} = f(T_a)$
2. Λειτουργία με θερμοστάτη χώρου ή τον κανονικό θερμοστάτη
3. Θερμοστατική βαλβίδα

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά και με διαγράμματα τα χαρακτηριστικά ελέγχου θερμοκρασίας του χώρου

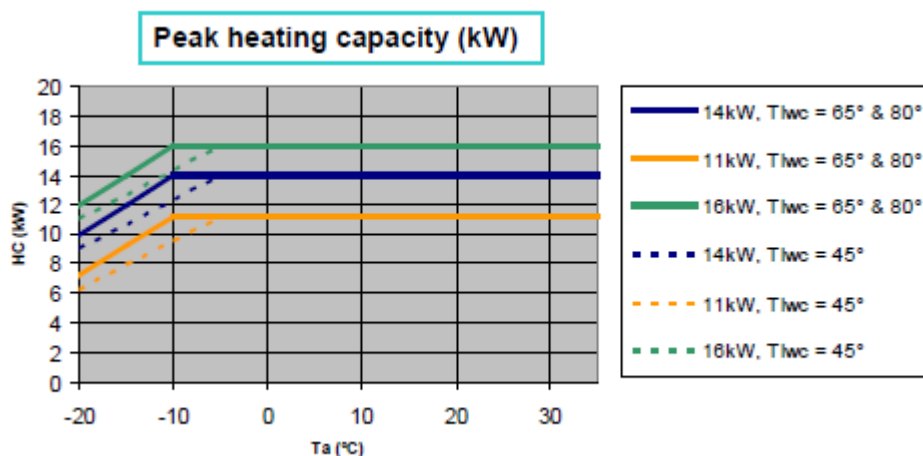


**Εικόνα 3-20:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma) ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Παρακάτω παρατίθενται δύο διαγράμματα για να κατανοήσουμε την απόδοση και τον τρόπο λειτουργίας της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε.

Τα διαγράμματα πάρθηκαν με την βοήθεια της εταιρείας Daikin Altherma

### Διάγραμμα μέγιστης απόδοσης

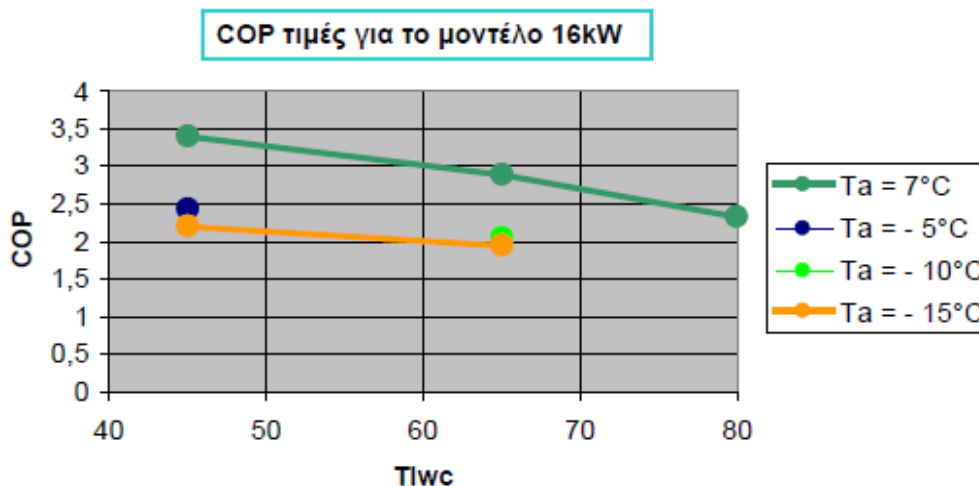


**Εικόνα 3-21:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Έχουμε σταθερή απόδοση χάρη στους 2 ψυκτικούς κύκλους

Για  $T_{Lwc}$  (Θερμοκρασία προσαγωγής ζεστού νερού χρήσης) 65° και 80° στην περίπτωση μας, όπως φαίνεται στο διάγραμμα για θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος  $T_a = -10^{\circ}C$ , δεν υπάρχει πτώση απόδοσης (ονομαστική απόδοση 16kW). Κάτω όμως από  $T_a = -10^{\circ}C$ , υπάρχει περιορισμένη πτώση.

Για την περίπτωση μας τώρα για βαθμό απόδοσης περίπου COP= 3 και για μοντέλο αντλίας με ονομαστική απόδοση 16kW η επιλογή της θερμοκρασίας προσαγωγής ζεστού νερού χρήσης και η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος επιλέγονται με βάση το παρακάτω διάγραμμα που μας παρέχει η εταιρεία Daikin Altherma



**Εικόνα 3-22:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Άρα μέσα από το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι για COP = 3 , το T<sub>lwc</sub> = 58 °C με μέγιστη θερμοκρασία T<sub>lwc,max</sub> 80 °C και T<sub>a</sub> = 7 °C

Ο βαθμός απόδοσης όταν λειτουργεί σαν ψυκτική μηχανή (EER), της κάθε αντλίας δεν μπορεί να είναι μικρότερος από 2,9. και θα κυμαίνεται μεταξύ 2,9 και 3,2 ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις εξωτερικές θερμοκρασίες.

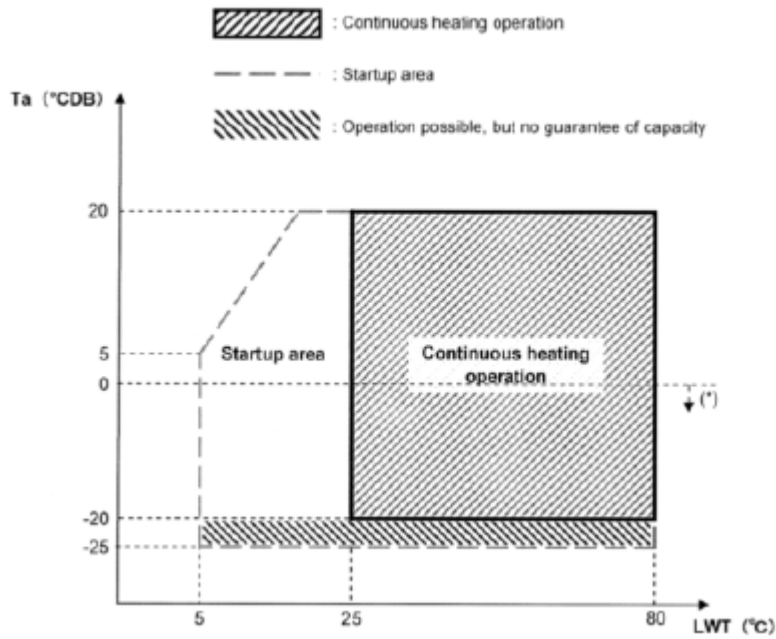
Το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει τρεις (3) αντλίες υψηλών θερμοκρασιών, ενδεικτικού τύπου Daikin Altherma High Temperature (Outdoor ERSQ016AAY1 – Indoor EKHBRD016ABY1), με τα παραπάνω χαρακτηριστικά η κάθε μία και οι οποίες θα συνδεθούν μεταξύ τους σε σειρά, μέσω τριών ζευγών σωληνώσεων που με την σειρά τους θα συνδέονται στον κεντρικό υδραυλικό διαχωριστή (συλλέκτη).

Μετά τον υδραυλικό διαχωριστή (συλλέκτη) θα τοποθετηθεί ο κεντρικός κυκλοφορητής (για να επιτύχουμε υδραυλική εξισορρόπηση του συστήματος θέρμανσης).

Στο ένα ζεύγος σωληνώσεων (μηχάνημα) θα τοποθετηθεί τρίοδη βάνα και στη συνέχεια θα συνεχίσουν σωληνώσεις για τη σύνδεση με το boiler του ηλιακού για ZNX.



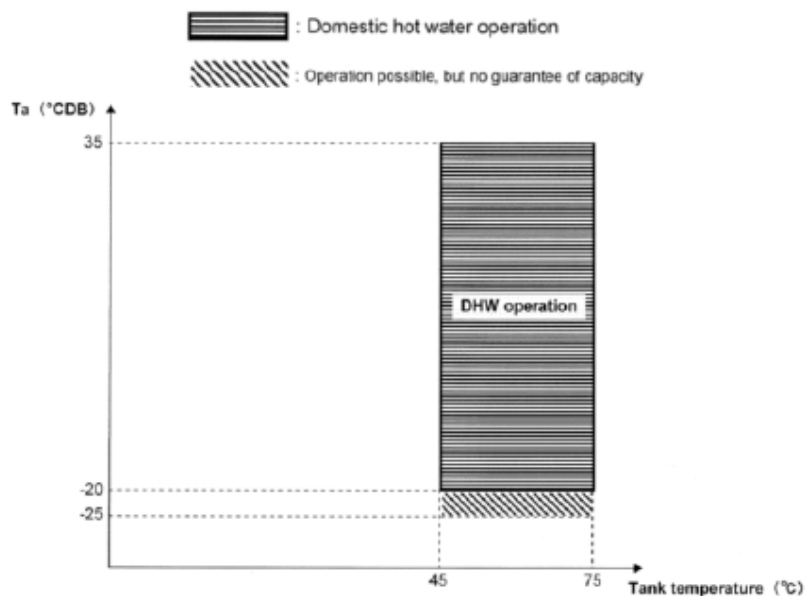
Στη λειτουργία θέρμανσης η θερμοκρασία προσαγωγής νερού είναι 25°C-80°C.  
 Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα στο οποίο περιγράφονται τα όρια λειτουργίας της αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιήσουμε



**Εικόνα 3-23:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
 ([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Στη λειτουργία ζεστού νερού χρήσης η θερμοκρασία αποθήκευσης εντός του δοχείου μπορεί να φτάσει έως τους 75°C

Παρακάτω περιγράφονται σε διάγραμμα τα όρια λειτουργία της εγκατάστασης θέρμανσης με αντλίες θερμότητας για το ζεστό νερό χρήσης



**Εικόνα 3-24:** Σύστημα των αντλιών θερμότητας (τεχνολογία cascade Daikin altherma)  
([http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά\\_χαρακτηριστικά](http://www.idealklima.gr/proionta/τεχνικά_χαρακτηριστικά))

Το σύστημα θα έχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης και συνεχούς λειτουργίας σε θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος από -20 °C.

Στο παράρτημα II θα παρουσιάσουμε τις διαστάσεις και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά που μας δόθηκαν από την εταιρεία Daikin Altherma

#### 4. ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Σύγκριση συστήματος αντλιών θερμότητας με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης

##### 4.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 - Χρήση αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών.

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το κόστος εφαρμογής της θέρμανσης με αντλίες θερμότητας. Βάσει αυτού, η αντλία θερμότητας καλείται να καλύψει τις ανάγκες του Νηπιαγωγείου για θέρμανση. Οι τιμές των αναγκών θέρμανσης του Νηπιαγωγείου έχουν υπολογιστεί μετά από τρέξιμο των μελετητικών προγραμμάτων της 4Μ.

##### ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Υποθέτω ότι η χειμερινή περίοδος διαρκεί 5 μήνες και η ημερήσια λειτουργία του συστήματος είναι 5 ώρες ημερησίως σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 4.1

Κατανάλωση Αντλίας θερμότητας kWh - Θέρμανση  
ΘΧ: Θέρμανση Χώρων, COP: Coefficient of Performance

Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών για θέρμανση χώρων Θ.Χ	Θέρμανση Θ.Χ χειμώνα	ώρες λειτουργίας θέρμανσης ΘΧ την ημέρα	Φορτίο θέρμανσης ΘΧ την ημέρα	COP ΑΝΤΛΙΑΣ	Εκτίμηση ΔΕΗ ΘΧ την ημέρα
Φορτίο ανά χώρο κατοικίας	kW	h	kWh	COP	kWhel
Κουζίνα	2,10	5	10,50	3	3,5
W/C ΑΜΕΑ	0,79	5	3,93	3	1,31
Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων	13,2	5	66,00	3	22
W/C	2,43	5	12,15	3	4,05
Χώρος συγκέντρωσης	6,78	5	33,90	3	11,3
Αίθουσα 1	8,56	5	42,80	3	14,27
Αίθουσα ανάπαυσης	3,85	5	19,25	3	6,42
Αίθουσα 2	8,04	5	40,20	3	13,4
Γραφείο	2,01	5	10,05	3	3,35
	<b>ΣΥΝΟΛΟ ΟΙΚΙΑΣ</b>		238,78		79,59

Στον παραπάνω Πίνακα 4.1, υπολογίζω την κατανάλωση ενέργειας της Αντλίας θερμότητας για την κάλυψη των θερμικών αναγκών. Αρχικά υπολογίζω το φορτίο το οποίο πρέπει να καλύψει η Αντλία θερμότητας σε ημερήσια βάση θεωρώντας ότι η θέρμανση διαρκεί 5 ώρες ημερησίως. Έπειτα διαιρώ ημερήσιο φορτίο με το COP(βαθμός απόδοσης για θέρμανση) της Αντλίας θερμότητας με σκοπό να υπολογίσω την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει η Αντλία θερμότητας. Συμπεραίνουμε ότι η Αντλία θερμότητας καταναλώνει ημερησίως 79,59 kWhel.

Στον παρακάτω Πίνακα 4,2 υπολογίζουμε το κόστος λειτουργίας της Αντλίας θερμότητας για την Χειμερινή περίοδο. Όπως έχουμε προαναφέρει, υποθέτουμε ότι η περίοδος αυτή διαρκεί 5 μήνες και η Αντλίας θερμότητας έχει ημερήσια λειτουργία 5 ώρες.

Πίνακας 4.2

Κόστος λειτουργίας Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών (€) – Θέρμανση

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ				
ΧΕΙΜΩΝΑΣ					
	μέρες	kWh/ημέρα	kWh/5μηνo	€kWhel	€
Κόστος για ΘΧ (ΔΕΗ) - 5μηνo	100	79,59	7959	0,13	1034,67
Κόστος για ΖΝΧ(ΔΕΗ) - 5μηνo	100	4	400	0,13	52
				<b>Σύνολο</b>	<b>1086,67</b>

ZNX: Ζεστά νερά χρήσης

**ΘΧ:** το κόστος για την θέρμανση χώρου υπολογίζεται ως εξής. Πολλαπλασιάζω την ημερήσια κατανάλωση σε kWh της Αντλίας θερμότητας με το σύνολο των ημερών της περιόδου επί την τιμή της kWh ηλεκτρικού ρεύματος.

**ZNX:** το κόστος για τα ΖΝΧ υπολογίζεται ως εξής. Υποθέτω ότι για την κάλυψη των αναγκών για ΖΝΧ χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρικός θερμοσίφωνα ισχύος 4kW. Για τον υπολογισμό του κόστους για ΖΝΧ πολλαπλασιάζω την ισχύ του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με την διάρκεια της ημερήσιας λειτουργίας του (1 ώρα) επί το σύνολο των ημερών της περιόδου επί την τιμή της kWh ηλεκτρικού ρεύματος.

#### 4.2 . Χρήση συστήματος Πετρελαίου λέβητας για την κάλυψη των αναγκών.

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το κόστος εφαρμογής του Πετρελαίου (λέβητας). Βάση αυτής της εφαρμογής το σύστημα λέβητα πετρελαίου καλείται να καλύψει τις ανάγκες του Νηπιαγωγείου για θέρμανση. Οι τιμές των αναγκών θέρμανσης της κατοικίας έχουν υπολογιστεί μετά από τρέξιμο των μελετητικών προγραμμάτων της 4M.

#### ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Υποθέτω ότι η χειμερινή περίοδος διαρκεί 5 μήνες και η ημερήσια λειτουργία του συστήματος είναι 5 ώρες ημερησίως σε κάθε περίπτωση

Πίνακας 4,3

Πετρέλαιο ΘΧ και ΖΝΧ	kWh/ημέρα	kWh/5μηνo	n λέβητα	kWh/5μηνo πετρέλαιο	Kgr (πετρέλαιο)	lit (πετρέλαιο)	€/lit	Κόστος (€)
Κατανάλωση πετρελαίου για ΘΧ	238,78	23878	0,90	26531,11	2229,51	3009,83	1,4	4213,76
Κατανάλωση πετρελαίου για ΖΝΧ	4,00	480	0,90	533,33	44,82	60,50	1,4	84,71
<b>Σύνολο</b>								4298,47
Μονάδες								
1kgr petrol = 11.90kWh								
1kgr petrol = 1,35 lit petrol								

Συγκεντρωτικό Κόστος Πετρελαίου για Θέρμανση και ΖΝΧ – Χειμώνα

**ΘΧ:** Στον παραπάνω Πίνακα 4,3 υπολογίζω την κατανάλωση πετρελαίου για την κάλυψη των αναγκών για θέρμανση χώρων (ΘΧ) και ζεστά νερά χρήσης (ΖΝΧ). Αρχικά υπολογίζω τα κιλά του πετρελαίου που χρειάζονται για την περίοδο μετατρέποντας τις kWh των φορτίων σε kgr πετρελαίου διαιρώντας τις kWh με τη θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου. Έπειτα μετατρέπω τα kgr σε λίτρα λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό απόδοσης του λέβητα. Τέλος, για να υπολογίσω το κόστος λειτουργίας πολλαπλασιάζω τα λίτρα με το κόστος πετρελαίου ανά λίτρο.

**ΖΝΧ:** το κόστος για τα ΖΝΧ υπολογίζεται ως εξής. Υποθέτω ότι για την κάλυψη των αναγκών για ΖΝΧ χρησιμοποιείται ένα ηλεκτρικός θερμοσίφωνα ισχύος 4kW. Για τον υπολογισμό του κόστους για ΖΝΧ πολλαπλασιάζω την ισχύ του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα με την διάρκεια της ημερήσιας λειτουργίας του (1 ώρα) επί το σύνολο των ημερών της περιόδου επί την τιμή της kWh ηλεκτρικού ρεύματος.

## 4.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

### 4.3.1 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για την καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων των περιπτώσεων 4.1 για αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών και 4.2 για χρήση πετρελαίου λέβητα για θέρμανση του Νηπιαγωγείου παραθέτουμε παρακάτω τον συγκεντρωτικό πίνακα των αποτελεσμάτων για τις καταναλώσεις ενέργειας για κάθε περίπτωση.

Πίνακας 4.4

Ετήσια Συγκεντρωτική λειτουργία με Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών και με Πετρέλαιο για Θέρμανση Χώρων και ΖΝΧ– (kWh)

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			
Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών		ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	
ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΧΕΙΜΩΝΑ	
ΘΧ	ΖΝΧ	ΘΧ	ΖΝΧ
7959	400	26531,11	533,33
<b>Σύνολο</b>	<b>8359</b>	<b>Σύνολο</b>	<b>27064,44</b>

\*\*\* ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ Αντλίες θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών = 18705,44kWh ετησίως

Παρατηρούμε ότι η κατανάλωση ενέργειας με την Χρήση Αντλιών θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών είναι κατά 75% λιγότερη σε σύγκριση με την κατανάλωση ενέργειας ενός συμβατικού συστήματος πετρελαίου.

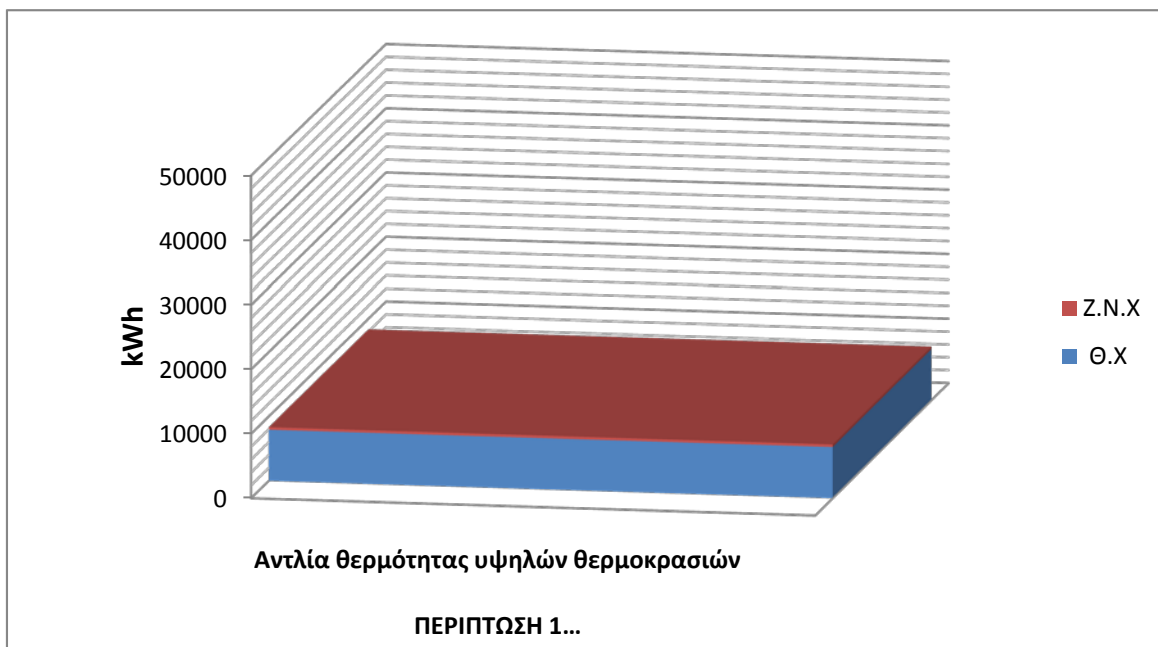
### ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών & Πετρέλαιο λέβητας

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα Γραφήματα 1&2 τα οποία απεικονίζουν τις καταναλώσεις ενέργειας των Περιπτώσεων 1&2 αντίστοιχα. Είναι αξιοσημείωτη η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται στην περίπτωση της Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών (Περίπτωση 1). Αντίστοιχα στην περίπτωση του πετρελαίου (Περίπτωση 2) παρατηρούμε αυξημένες καταναλώσεις για την κάλυψη των ίδιων αναγκών με την περίπτωση της Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών .

### ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1

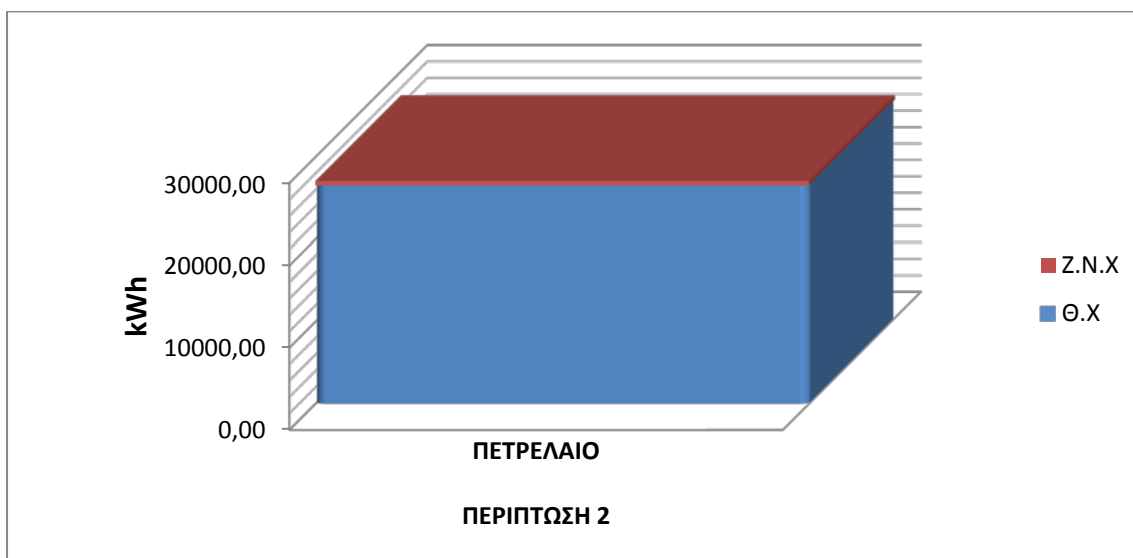
ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ : Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών  
ZNX : ΔΕΗ



Ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια ΑΘ

### ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ : ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ  
ZNX : ΔΕΗ



Ετήσια καταναλισκόμενη ενέργεια πετρελαίου

#### 4.3.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Οι επόμενοι υπολογισμοί έγιναν με κόστος ενέργειας ως εξής:

Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας: 0,13 € / kWhel

Κόστος πετρελαίου: 1,40 € / kWhel

Μια άλλη πτυχή της πτυχιακής εργασίας είναι ο υπολογισμός κόστους λειτουργίας του κάθε σεναρίου. Είναι σημαντικό να μελετήσουμε το κόστος ανά περίοδο χειμώνα αλλά και συνολικά, ετήσια.

Παρακάτω παραθέτουμε τον συγκεντρωτικό Πίνακα του κόστους λειτουργίας του εκάστοτε σεναρίου.

Τα κόστη υπολογίζονται κατά περίοδο αλλά και σε ετήσια βάση.

Πίνακας 4.5  
Συγκεντρωτικός Πίνακας Κόστους Λειτουργίας, Περίπτωση 1&2

Κόστος €			
Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών		ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	
ΧΕΙΜΩΝΑΣ		ΧΕΙΜΩΝΑ	
ΘΧ	ZNX	ΘΧ	ZNX
1034,67	52	4213,76	84,71
<b>Σύνολο</b>	1086,67	<b>Σύνολο</b>	4298,47

\*\*\* ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ Αντλία Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών = 3211,8 € ετησίως

Παρατηρούμε ότι το ετήσιο κόστος λειτουργίας της Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών είναι κατά 60% μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος λειτουργίας του συμβατικού συστήματος πετρελαίου.

Παρακάτω παραθέτουμε 2 γραφήματα τα οποία απεικονίζουν το κόστος λειτουργίας της κάθε περίπτωσης ανά ανάγκη σε ετήσια βάση.



## ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

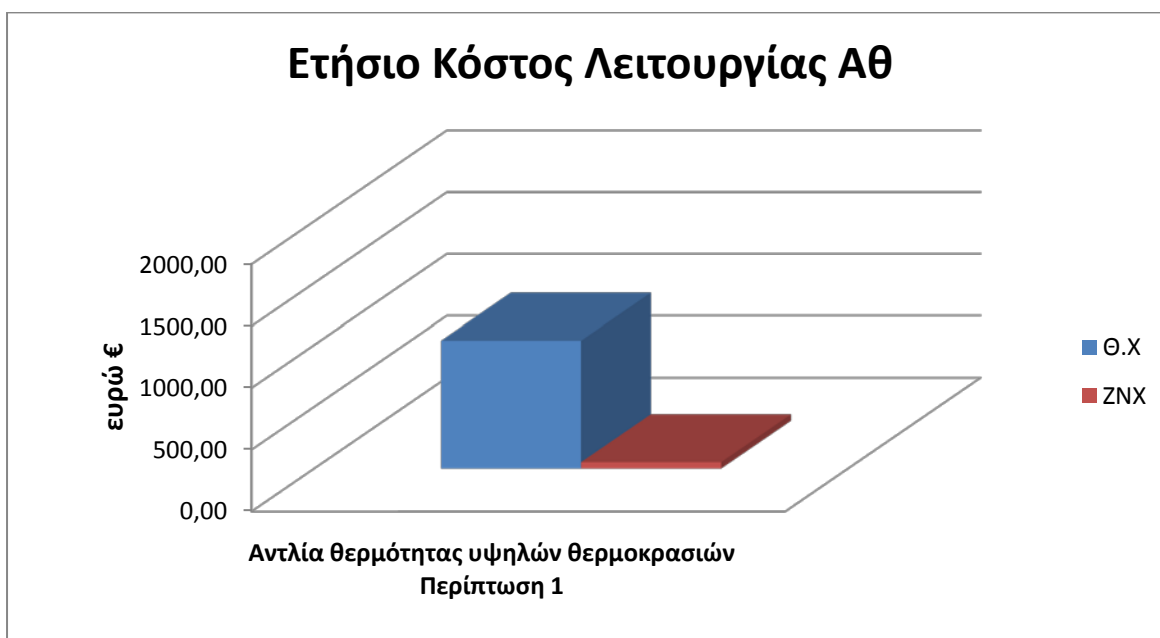
### Περίπτωση 1 & Περίπτωση 2

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα Γραφήματα 3&4 τα οποία απεικονίζουν τα κόστη λειτουργίας των Περιπτώσεων 1&2 αντίστοιχα. Είναι αξιοσημείωτη η εξοικονόμηση χρημάτων η οποία επιτυγχάνεται στην περίπτωση της Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών (Περίπτωση 1). Αντίστοιχα στην περίπτωση του πετρελαίου (Περίπτωση 2) παρατηρούμε αυξημένα κόστη για την κάλυψη των ίδιων αναγκών με την περίπτωση της Αντλίας θερμότητας

#### Περίπτωση 1

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ : Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών

ZNX : ΔΕΗ



#### 4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών αποτελεί μια αξιόπιστη επιλογή για την επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας (kWh) καθώς και εξοικονόμηση κόστους (€). Η σύγκριση της Αντλίας Θερμότητας με ένα συμβατικό σύστημα πετρελαίου, όπως μας υποδεικνύει η παρούσα πτυχιακή εργασία, αποδεικνύει ότι η Αντλία θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών αποτελεί τη βέλτιστη λύση για την κάλυψη των αναγκών μιας τυπικής κατοικίας και όχι μόνο, αν σαν γνώμονα έχουμε την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση του κόστους λειτουργίας.

Η επιλογή της Αντλίας Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών για την κάλυψη των θερμικών αναγκών της κατοικίας επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά 75% σε σχέση με το συμβατικό σύστημα πετρελαίου. Από τα παραπάνω στοιχεία συμπεραίνουμε στην βέλτιστη επιλογή της Αντλίας Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών για εξοικονόμηση ενέργειας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας πέραν της περιβαλλοντικής της συνεισφοράς, συνεισφέρει και στη μείωση κόστους λειτουργίας στην περίπτωση της Αντλίας Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών . Αν παρατηρήσουμε τα οικονομικά δεδομένα του κεφαλαίου 4, θα παρατηρήσουμε ότι το κόστος λειτουργίας της Αντλίας Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών είναι κατά 60 % μικρότερο σε σχέση με το συμβατικό σύστημα πετρελαίου.

Τέλος θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε πως η εξοικονόμηση ενέργειας η οποία επιτυγχάνεται από την χρήση της Αντλίας θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να υπερκαλύψει το μοναδικό μειονέκτημα το οποίο της προσάπτουν το οποίο είναι το αυξημένο κόστος εγκατάστασης. Η εξοικονόμηση ενέργειας και το κόστος λειτουργίας που επιτυγχάνει η Αντλία Θερμότητας υψηλών θερμοκρασιών είναι ικανή να καλύψει την διαφορά κόστους επένδυσης από ένα συμβατικό σύστημα σε σύντομο χρονικό διάστημα και επιπροσθέτως να συνεχίζει να εξοικονομεί ενέργεια και χρήμα στη μελλοντική λειτουργία της

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

---

### ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ Υπολογισμός Θερμικών Απωλειών

Εργοδότης :  
: :  
Έργο :  
: :  
Θέση :  
: :  
Ημερομηνία :  
Μελετητές :  
: :  
Παρατηρήσεις :  
:

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) *Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- β) *Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- γ) *Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- δ) *Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος*
- ε) *Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*

## 2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Με βάση το DIN 4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

- α) Απώλειες θερμοπερατότητας  $Q_o$ , που προέρχονται από τα περιβάλλοντα δομικά στοιχεία (τόιχοι, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ)
- β) Απώλειες λόγω προσauξήσεων.
- γ) Απώλειες αερισμού χώρου  $Q_L$ .

α) Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_o = k \cdot f \cdot (t_i - t_a) = \frac{F(t_i - t_a)}{\frac{1}{K}} \text{ σε W (ή Kcal/h)}$$

όπου:

- $Q_o$ : Απώλειες θερμότητας
- $F$ : Επιφάνεια του δομικού τμήματος  $m^2$
- $U$ : Συντελεστής θερμοπερατότητας  $W/m^2 K$  (ή  $Kcal/m^2 K$ )
- $1/k$ : Αντίσταση θερμοπερατότητας σε  $m^2 K/W$
- $t_i$ : Θερμοκρασία χώρου σε  $^{\circ}C$
- $t_a$ : Θερμοκρασία εξωτερικού αέρα σε  $^{\circ}C$

β) Οι προσauξήσεις υπολογίζονται % και διακρίνονται σε:

- β1) προσauξηση  $Z_H$  την επίδραση του προσανατολισμού.  
( $Z_H = -5$  για Ν, ΝΔ, ΝΑ  $Z_H = +5$  για Β, ΒΔ, ΒΑ και  $Z_H = 0$  για Δ και Α)

**β2)** προσαύξηση  $Z_U+Z_A=Z_D$  διακοπής λειτουργίας και ψυχρών εξωτερικών τοίχων (στο DIN 4701/83 αγνοείται ο συντελεστής  $Z_U$ ). Η προσαύξηση  $Z_D$  προσδιορίζεται με βάση το  $D= Q_o/(F_{ges} \times \Delta t)$ , όπου  $F_{ges}$  η συνολική επιφάνεια που περιβάλλει τον χώρο, και τις ώρες λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης, σύμφωνα με τον πίνακα:

**β2.1)**  $Z_D$  για DIN77

Τιμή D

Τρόπος Λειτουργίας	0.1-0.29	0.30-0.69	0.70-1.49
0 ώρες διακοπής	7	7	7
8-12 ώρες διακοπής	20	15	15
12-16 ώρες διακοπής	30	25	20

**β2.2)** Ο συντελεστής  $Z_D$  για το DIN83 μεταβάλλεται ανάλογα με την τιμή του D περίπου γραμμικά (βλ. καμπύλη  $Z_D$  για το DIN83) παίρνοντας τιμές από το 0 μέχρι το 13.

Επομένως οι θερμικές απαιτήσεις μαζί με τις προσαυξήσεις είναι:

$$Q_T = Q_o (1 + Z_D + Z_H) = Q_o \times Z$$

γ) Οι απώλειες αερισμού  $Q_L$  υπολογίζονται εναλλακτικά:

γ1) από την σχέση που υπολογίζει τον απαιτούμενο αερισμό:

$$Q_L = V \times \rho \times c (t_i - t_a) \text{ (σε w)}$$

όπου:

V: Όγκος εισερχομένου αέρα σε  $m^3/s$

c: Ειδική θερμότητα του αέρα σε  $kJ/g K$

ρ: Πυκνότητα του αέρα σε  $kg/m^3$

γ2) από την σχέση υπολογισμού απωλειών λόγω χαραμιάδων (στην περίπτωση που δεν υπάρχει εξαερισμός):

$$Q_L = \Sigma Q A_i, \text{ όπου:}$$

$$Q A_i = \alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z_{\Gamma} \text{ για κάθε άνοιγμα.}$$

Οι παράμετροι της παραπάνω σχέσης είναι:

α: Συντελεστής διείσδυσης αέρα

Σl: Συνολική περίμετρος ανοίγματος (σε m)

R: Συντελεστής διεισδυτικότητας (στο DIN 4701/83 ορίζεται ο συντελεστής r).

H: Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

(στο DIN 4701/83 ο συντελεστής H προσαυξάνεται αυτόματα για ύψος πάνω από 10 m σύμφωνα με τον συντελεστή  $e_{GA}$ ).

$\Delta t$ : Διαφορά θερμοκρασίας (σε βαθμούς °C)

Z<sub>Γ</sub>: Συντελεστής γωνιακών παραθύρων (στην περίπτωση γωνιακών παραθύρων παίρνει την τιμή 1.2 αντί της κανονικής 1)

δ) Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των  $Q_T$  και  $Q_L$ , δηλαδή:

$$Q_{ολ} = Q_T + Q_L$$

### 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται πινακοποιημένα ως εξής:

α) Στο επάνω μέρος του πίνακα παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία που έχουν απώλειες από θερμοπερατότητα με τα χαρακτηριστικά τους. Οι στήλες του πίνακα αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

- Είδος στοιχείου (πχ. T=τοίχος, A=Ανοιγμα, O=οροφή Δ=Δάπεδο)
- Προσανατολισμός
- Πάχος
- Μήκος
- Ύψος ή πλάτος
- Επιφάνεια
- Αριθμός όμοιων επιφανειών
- Συνολική Επιφάνεια
- Συντελεστής k
- Διαφορά Θερμοκρασίας  $\Delta t$
- Καθαρές Θερμικές Απώλειες

β) στο κάτω μέρος του πίνακα συμπληρώνονται οι προσαυξήσεις και οι απώλειες αερισμού, με πλήρη ανάλυση.

## Στοιχεία Κτιρίου

Πόλη	Καλαμάτα
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	1
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Μη Θερμαινόμενων Χώρων (°C)	10
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	10
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου (1-15)	1
Επίπεδο στη Στάθμη του Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN77
Σύστημα Μονάδων	Watt

### Τυπικά Στοιχεία - Εξ. Τοίχοι

Εξ. Τοίχοι	Περιγραφή	Συντ. U (Watt/m <sup>2</sup> K) Εξωτερικών Τοίχων
T2	Εξωτερική τοιχοποιία 25cm	0.78
T7	Εξωτερική δοκός/υποστύλωμα/τοίχωμα	0.87

### Τυπικά Στοιχεία - Οροφές

Οροφές	Περιγραφή	Συντ. U (Watt/m <sup>2</sup> K) Οροφών
O1	Δώμα βατό	0.73
O4	Στέγη με κεραμίδια	0.62

### Τυπικά Στοιχεία – Δάπεδα

Δάπεδα	Περιγραφή	Συντ. U (Watt/m <sup>2</sup> K) Δαπέδων
Δ3	Δάπεδο σε επαφή με Φ.Ε.	1.1

### Τυπικά Στοιχεία – Ανοίγματα

Ανοίγματα	Περιγραφή	Πλάτος (m)	Ύψος (m)	Συντ. U (Watt/m <sup>2</sup> K) Ανοιγμάτων	Φύλλα
A1	Ανοιγμα χωρίς τζάμι (μεταλλικό πλαίσιο)	1.10	2.20	4.5	1
A2	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	1.00	2.20	4.6	1
A3	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	2.00	2.20	4.6	2
A4	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	3.25	1.30	4.6	2
A5	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	4.00	1.30	4.6	2
A6	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	1.10	1.10	4.4	2
A7	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	1.80	2.20	4.6	2
A8	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	2.00	0.50	4.5	2
A9	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	1.00	0.50	4.6	2
A10	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	1.10	2.20	4.6	1
A11	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	0.60	1.30	4.6	2
A12	Διπλό διακένου 6mm (μεταλλικό ισ.πλ. 10cm)	0.65	0.90	4.6	1



## Υπολογισμοί Θερμικών Απωλειών

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 1  
 Ονομασία Χώρου ΚΟΥΖΙΝΑ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφ. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	B			3.20	3.50	11.20	1	11.20	6.93	4.27	0.78	19.00	63.28
A2	B	A		1.00	2.20	2.20	1	2.20		2.20	4.6	19.00	192.3
A12	B	A		0.65	0.90	0.58	1	0.58		0.58	4.6	19.00	50.69
T7	B	A		3.20	0.50	1.60	1	1.60		1.60	0.87	19.00	26.45
T7	B	A		0.85	3.00	2.55	1	2.55		2.55	0.87	19.00	42.15
Δ3				3.20	4.47	14.30	1	14.30		14.30	1.1	10.00	157.3
O4				3.20	4.47	14.30	1	14.30		14.30	0.62	19.00	168.5

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 701  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 210  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 701 / (82.3 \times 19) = 0.45$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 911

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=αxΣl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>Z<sub>Γ</sub>) = 189.9  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9  
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z<sub>Γ</sub> = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=V<sub>x</sub>ρ<sub>x</sub>c<sub>x</sub>Δt = 1008  
 Ογκος Χώρου V = 3.20x4.47x3.50= 50  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 2109

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 2  
 Ονομασία Χώρου W/C ΑΜΕΑ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. ( Watt )
Δ3				3.20	2.45	7.84	1	7.84		7.84	1.1	10.00	86.24
Ο4				3.20	2.45	7.84	1	7.84		7.84	0.62	19.00	92.36

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 179

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 54

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 0

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 30

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 179 / ( 55.2 \times 19 ) = 0.17$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 232

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=α<sub>x</sub>Σl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>ZΓ) =

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ =

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=V<sub>x</sub>ρ<sub>x</sub>c<sub>x</sub>Δt = 552.5

Όγκος Χώρου V = 3.20x2.45x3.50= 27

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 785

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 3  
 Ονομασία Χώρου ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρούμενη Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. ( Watt )
T2	N			2.75	3.50	9.63	1	9.63	2.28	7.35	0.78	19.00	108.9
T7	N	A		2.75	0.50	1.38	1	1.38		1.38	0.87	19.00	22.81
T7	N	A		0.30	3.00	0.90	1	0.90		0.90	0.87	19.00	14.88
T2	A			7.15	3.50	25.02	1	25.02	16.22	8.80	0.78	19.00	130.4
A5	A	A		4.00	1.30	5.20	1	5.20		5.20	4.6	19.00	454.5
T7	A	A		7.15	0.50	3.58	1	3.58		3.58	0.87	19.00	59.18
T7	A	A		0.98	3.00	2.94	1	2.94		2.94	0.87	19.00	48.60
T7	A	A		1.50	3.00	4.50	1	4.50		4.50	0.87	19.00	74.39
T2	B			12.55	3.50	43.92	1	43.92	27.67	16.25	0.78	19.00	240.8
A3	B	A		2.00	2.20	4.40	1	4.40		4.40	4.6	19.00	384.6
A4	B	A		3.25	1.30	4.22	1	4.22		4.22	4.6	19.00	368.8
A4	B	A		3.25	1.30	4.22	1	4.22		4.22	4.6	19.00	368.8
T7	B	A		12.55	0.50	6.28	1	6.28		6.28	0.87	19.00	103.8
T7	B	A		0.65	3.00	1.95	1	1.95		1.95	0.87	19.00	32.23
T7	B	A		1.20	3.00	3.60	1	3.60		3.60	0.87	19.00	59.51
T7	B	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
Δ3				12.43	7.15	88.87	1	88.87		88.87	1.1	10.00	977.6
O4				12.43	7.15	88.87	1	88.87		88.87	0.62	19.00	1047

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 4546  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 25 % 1137  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 5  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 20  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 4546/ ( 314.8 \times 19) = 0.76$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 5683

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=αxΣl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>ZΓ) = 1082  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=VxρxαxΔt = 6263  
 Όγκος χώρου V = 12.43x7.15x3.5= 311  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 13028**

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 4  
 Ονομασία Χώρου W/C

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	Δ			3.55	3.50	12.43	1	12.43	3.07	9.36	0.78	19.00	138.7
A8	Δ	A		2.00	0.50	1.00	1	1.00		1.00	4.5	19.00	85.50
T7	Δ	A		3.55	0.50	1.77	1	1.77		1.77	0.87	19.00	29.26
T7	Δ	A		0.10	3.00	0.30	1	0.30		0.30	0.87	19.00	4.96
Δ3				5.22	3.55	18.53	1	18.53		18.53	1.1	10.00	203.8
O4				1	0.55	0.55	1	0.55		0.55	0.62	19.00	6.48
O1				1	17.98	17.98	1	17.98		17.98	0.73	19.00	249.4

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 718

Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 25 % 180

Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 0

Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25

$D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 718 / (98.5 \times 19) = 0.38$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 898

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=αxΣl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>ZΓ) = 137.5

Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84

Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9

Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=VxρxcxΔt = 1306

Όγκος χώρου V = 5.22x3.55x3.5= 65

Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 2341**

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 5  
 Ονομασία Χώρου ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ/Υ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	A			3.15	3.50	11.03	1	11.03	5.54	5.49	0.78	19.00	81.36
A7	A	A		1.80	2.20	3.96	1	3.96		3.96	4.6	19.00	346.1
T7	A	A		3.15	0.50	1.58	1	1.58		1.58	0.87	19.00	26.12
Δ3				1	57.72	57.72	1	57.72		57.72	1.1	10.00	634.9
O4				1	0.66	0.66	1	0.66		0.66	0.62	19.00	7.77
O4				1	1.15	1.15	1	1.15		1.15	0.62	19.00	13.55
O1				1	55.91	55.91	1	55.91		55.91	0.73	19.00	775.5

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 1885  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 566  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 0  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 30  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 1885/ ( 526.5 \times 19) = 0.19$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 2451

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=α<sub>x</sub>Σl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>ZΓ) = 254.9  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9  
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=Vηρ<sub>x</sub>c<sub>x</sub>Δt = 4067  
 Όγκος χώρου V = 57.72x1x3.5= 202  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα η = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 6773**

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 6  
Ονομασία Χώρου ΑΙΘΟΥΣΑ 1

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφ. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	A			7.35	3.50	25.73	1	25.73	16.37	9.36	0.78	19.00	138.7
A5	A	A		4.00	1.30	5.20	1	5.20		5.20	4.6	19.00	454.5
T7	A	A		7.35	0.50	3.67	1	3.67		3.67	0.87	19.00	60.67
T7	A	A		1.50	3.00	4.50	1	4.50		4.50	0.87	19.00	74.39
T7	A	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
T2	B			2.75	3.50	9.63	1	9.63	2.28	7.35	0.78	19.00	108.9
T7	B	A		2.75	0.50	1.38	1	1.38		1.38	0.87	19.00	22.81
T7	B	A		0.30	3.00	0.90	1	0.90		0.90	0.87	19.00	14.88
T2	N			7.50	3.50	26.25	1	26.25	16.84	9.41	0.78	19.00	139.5
A4	N	A		3.25	1.30	4.22	1	4.22		4.22	4.6	19.00	368.8
A10	N	A		1.10	2.20	2.42	1	2.42		2.42	4.6	19.00	211.5
T7	N	A		7.50	0.50	3.75	1	3.75		3.75	0.87	19.00	61.99
T7	N	A		1.15	3.00	3.45	1	3.45		3.45	0.87	19.00	57.03
T7	N	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
Δ3				7.38	7.35	54.24	1	54.24		54.24	1.1	10.00	596.6
O4				7.38	7.35	54.24	1	54.24		54.24	0.62	19.00	638.9

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q <sub>0</sub>	3048
Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 25%	762
Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH =	5
Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD =	20
D=Q <sub>0</sub> /(F <sub>ges</sub> x Δt)= 3048/ ( 211.6 x 19) = 0.76	

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 3810

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q <sub>L</sub> =ΣQ <sub>Ai</sub> (Q <sub>Ai</sub> =α <sub>x</sub> Σl <sub>x</sub> R <sub>x</sub> H <sub>x</sub> Δt <sub>x</sub> ZΓ) =	722.3
Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H =	0.84
Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) =	0.9
Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ =	1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q <sub>L</sub> =VxρxcxΔt =	3822
Όγκος χώρου V = 54.65x1x3.5=	190
Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n =	3.15

ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 8355

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 7  
 Ονομασία Χώρου ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	N			4.40	3.50	15.40	1	15.40	5.86	9.54	0.78	19.00	141.4
A11	N	A		0.60	1.30	0.78	1	0.78		0.78	4.6	19.00	68.17
A11	N	A		0.60	1.30	0.78	1	0.78		0.78	4.6	19.00	68.17
T7	N	A		4.40	0.50	2.20	1	2.20		2.20	0.87	19.00	36.37
T7	N	A		0.35	3.00	1.05	1	1.05		1.05	0.87	19.00	17.36
T7	N	A		0.35	3.00	1.05	1	1.05		1.05	0.87	19.00	17.36
Δ3				4.4	7.12	31.33	1	31.33		31.33	1.1	10.00	344.6
O4				4.4	7.12	31.33	1	31.33		31.33	0.62	19.00	369.1

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 1063  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 20 % 2613  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = -5  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 25  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 1063 / (143.3 \times 19) = 0.39$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ  $Q_T=Q_0 \times (1+ZD+ZH)$  1275

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ  $Q_L=\sum Q_{Ai}$  ( $Q_{Ai}=\alpha \times \Sigma l \times R \times H \times \Delta t \times Z\Gamma$ ) = 254.9  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9  
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ  $Q_L=V \times n \times c \times \Delta t =$  2208  
 Όγκος χώρου V = 31.90x1x3.5= 110  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ  $Q_{ολ} = Q_T + Q_L =$  3738**

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 8  
 Ονομασία Χώρου ΑΙΘΟΥΣΑ 2

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμ. (°C)	Καθ. Απώλ. (Watt)
T2	N			7.50	3.50	26.25	1	26.25	16.39	9.86	0.78	19.00	146.1
A4	N	A		3.25	1.30	4.22	1	4.22		4.22	4.6	19.00	368.8
A10	N	A		1.10	2.20	2.42	1	2.42		2.42	4.6	19.00	211.5
T7	N	A		7.50	0.50	3.75	1	3.75		3.75	0.87	19.00	61.99
T7	N	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
T7	N	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
T2	Δ			7.35	3.50	25.73	1	25.73	16.37	9.36	0.78	19.00	138.7
A5	Δ	A		4.00	1.30	5.20	1	5.20		5.20	4.6	19.00	454.5
T7	Δ	A		7.35	0.50	3.67	1	3.67		3.67	0.87	19.00	60.67
T7	Δ	A		1.50	3.00	4.50	1	4.50		4.50	0.87	19.00	74.39
T7	Δ	A		1.00	3.00	3.00	1	3.00		3.00	0.87	19.00	49.59
Δ3				7.12	7.37	52.47	1	52.47		52.47	1.1	10.00	577.2
O4				7.12	7.37	52.47	1	52.47		52.47	0.62	19.00	618.1

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 2861  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 15 % 429  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = -5  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 20  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t) = 2861 / (206.4 \times 19) = 0.73$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 3290

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=αxΣl<sub>x</sub>R<sub>x</sub>H<sub>x</sub>Δt<sub>x</sub>Z<sub>Γ</sub>) = 722.3  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9  
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων Z<sub>Γ</sub> = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=V<sub>x</sub>ρ<sub>x</sub>c<sub>x</sub>Δt = 3698  
 Όγκος χώρου V = 54.37x1x3.5= 184  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 7710**



Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ Χώρος : 9  
 Ονομασία Χώρου ΓΡΑΦΕΙΟ

Είδος Επιφάνειας	Προσανατολισμός	Αφαιρούμενη	Πάχος	Μήκος (m)	Ύψος ή Πλάτος (m)	Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Αριθ. Επιφάν.	Συνολ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Αφαιρ. Επιφάν. (m <sup>2</sup> )	Επιφάν. Υπολ. (m <sup>2</sup> )	Συντελ. U (Watt/m <sup>2</sup> K)	Διαφορ. Θερμοκ. (°C)	Καθ. Απώλ. ( Watt )
T2	A			3.15	3.50	11.03	1	11.03	2.79	8.24	0.78	19.00	122.1
A6	A	A		1.10	1.10	1.21	1	1.21		1.21	4.4	19.00	101.2
T7	A	A		3.15	0.50	1.58	1	1.58		1.58	0.87	19.00	26.12
Δ3				1	15.04	15.04	1	15.04		15.04	1.1	10.00	165.4
O4				1	0.48	0.48	1	0.48		0.48	0.62	19.00	5.65
O1				1	14.55	14.55	1	14.55		14.55	0.73	19.00	201.8

Απώλειες Θερμοπερατότητας Q<sub>0</sub> 622  
 Συνολική Προσαύξηση ZD+ZH = 30 % 187  
 Προσαύξηση λόγω προσανατολισμού ZH = 0  
 Προσαύξηση λόγω διακοπών ZD = 30  
 $D=Q_0/(F_{ges} \times \Delta t)= 622/ ( 142.4 \times 19) = 0.23$

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ Q<sub>T</sub>=Q<sub>0</sub> x (1+ZD+ZH) 809

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΑΡΑΜΑΔΩΝ Q<sub>L</sub>=ΣQ<sub>Ai</sub> (Q<sub>Ai</sub>=α<sub>χ</sub>ΣI<sub>χ</sub>R<sub>χ</sub>H<sub>χ</sub>Δt<sub>χ</sub>ZΓ) = 137.8  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Κτιρίου H = 0.84  
 Χαρακτηριστικός Αριθμός Χώρου R (ή r) = 0.9  
 Συντελεστής Γωνιακών Παραθύρων ZΓ = 1

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΕΡΑ Q<sub>L</sub>=V<sub>χρ</sub>ρ<sub>α</sub>c<sub>α</sub>Δt = 1060  
 Όγκος χώρου V = 15.04x1x3.5= 53  
 Αριθμός Εναλλαγών Αέρα ανά ώρα n = 3.15

**ΣΥΝΟΛΟ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ Q<sub>ολ</sub> = Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub> = 2.006**

## ΧΩΡΟΙ – ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΩΜΑΤΩΝ

Επ.α/α	Ονομασία Χώρου	QΘ Watt	Αρ.Σώματος Ιδιοκ.
1	1 ΚΟΥΖΙΝΑ	2109	1 ΙΣ
1	2 W/C ΑΜΕΑ	786	1 ΙΣ
1	3 ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	13028	6 ΙΣ
1	4 W/C	2341	1 ΙΣ
1	5 ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ/Υ	6773	3 ΙΣ
1	6 ΑΙΘΟΥΣΑ 1	8355	4 ΙΣ
1	7 ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ	3738	2 ΙΣ
1	8 ΑΙΘΟΥΣΑ 2	7710	4 ΙΣ
1	9 ΓΡΑΦΕΙΟ	2006	1 ΙΣ
	<b>Συνολικές Απώλειες</b>	<b>46845</b>	

## ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΧΩΡΩΝ ( Watt )

Επίπεδο : ΙΣΟΓΕΙΟ

1 ΚΟΥΖΙΝΑ	:	2109
2 W/C ΑΜΕΑ	:	786
3 ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	:	13028
4 W/C	:	2341
5 ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ/Υ	:	6773
6 ΑΙΘΟΥΣΑ 1	:	8355
7 ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ	:	3738
8 ΑΙΘΟΥΣΑ 2	:	7710
9 ΓΡΑΦΕΙΟ	:	2006
<b>Συνολικές Απώλειες Επίπεδου</b>	<b>:</b>	<b>46845</b>
<b><u>Συνολικές Απώλειες Κτιρίου</u></b>	<b>:</b>	<b><u>46845</u></b>

- Για το σύνολο των απωλειών του Νηπιαγωγείου θα τοποθετηθεί Κεντρική θέρμανση (μονοσωλήνιο)

## Υπολογισμοί μονοσωλήνιου δικτύου μέσω προγράμματος 4M-Adapt

Στην παρούσα ενότητα παρατίθεται το τεύχος υπολογισμών του μονοσωλήνιου συστήματος θέρμανσης με αντλίες θερμότητας 4M-Adapt.

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

---

### ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Με αντλίες υψηλών θερμοκρασιών

Εργοδότης	:	:
	:	
Έργο	:	:
	:	
Θέση	:	:
	:	
Ημερομηνία	:	:
Μελετητές	:	:
	:	
Παρατηρήσεις	:	:
	:	

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία DIN 4701 και τις 2421/86 (μέρος 1 & 2) και 2427/86 TOTEE, ενώ ακόμα χρησιμοποιήθηκαν και τα ακόλουθα βοηθήματα:

- α) Erlaeterungen zur DIN 4701/83, mit Beispielen, Werner-Verlag*
- β) Recknagel-Sprenger, Taschenbuch fuer Heizung und Klimatechnik,*
- γ) Rietschel, Raiss, Heiz und Klimatechnik, Springer-Verlag*
- δ) Κεντρικές Θερμάνσεις, Β. Σελλούντος*
- ε) Εγχειρίδιο για τον Μηχανικό θερμάνσεων Garms/Pfeifer (TEE)*
- στ) Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN*

## 2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

**α)** Ακολουθείται η αρχή της αυτόματης εξισορρόπησης, γνωστή και σαν μέθοδος των “**ίσων πτώσεων πίεσης**”, δηλαδή εξασφαλίζονται ίσες τριβές για ομοιόμορφη κυκλοφορία του νερού στα κυκλώματα, όπως άλλωστε φαίνεται αναλυτικά στους υπολογισμούς. Ξεκινώντας από τους πάνω ορόφους (επίπεδα) και κατεβαίνοντας, οι τριβές των κυκλωμάτων του κατώτερου επιπέδου είναι ίσες με αυτές του παραπάνω, αφού βέβαια προστεθεί και η τριβή της κατακόρυφης στήλης.

**β)** Οι υπολογισμοί στα κυκλώματα γίνονται αναλυτικά με την βοήθεια των σχέσεων:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V \quad (\text{εξίσωση συνέχειας})$$

$$J = \frac{\Delta h}{L} = \frac{\lambda}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Εξίσωση Darcy})$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3.7 D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{Εξίσωση Colebrook})$$

$$Re = \frac{V^* D}{\nu} \quad (\text{αριθμός Reynolds})$$

όπου:

- Q: Παροχή σε m<sup>3</sup>/s  
D: Εσωτερική διάμετρος σε m  
V: Μέση ταχύτητα σε m/s  
J: Απώλειες πίεσης ανά μονάδα μήκους σε m/m  
Δh: Απώλειες πίεσης σε m  
L: Μήκος αγωγού σε m  
λ: Συντελεστής τριβής  
k: Απόλυτη τραχύτητα σωλήνα σε mm  
Re: Αριθμός Reynolds  
ν: Ιξώδες νερού σε m<sup>2</sup>/sec

γ) Η επιλογή των σωμάτων γίνεται με βάση την σχέση:

$$q_i = q_{60} \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_{60}} \right)^{1.3}$$

όπου:

- q<sub>i</sub>: Απόδοση του σώματος για διαφορά της μέσης θερμοκρασίας του από τον αέρα Δt  
q<sub>60</sub>: Απόδοση του σώματος για διαφορά θερμοκρασίας 60 (Δt<sub>60</sub>)

Οι τιμές q<sub>60</sub> λαμβάνονται από τους πίνακες των κατασκευαστών.

### 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα κυκλώματα και τις κεντρικές στήλες παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη με την παρακάτω σειρά:

- Αριθμός Κυκλώματος
- Μήκος Σωλήνα (m)
- Φορτίο Σωμάτων Κυκλώματος (Mcal/h ή w)
- Πτώση Θερμοκρασίας (°C)
- Παροχή Νερού (m<sup>3</sup>/h)
- Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- Ταχύτητα Νερού (m/s)
- Ισοδύναμο Μήκος (m)
- Στραγγαλισμός (mΥΣ)
- Πτώση Πίεσης (m/m)
- Ολική Πτώση Πίεσης (mΥΣ)

**α)** Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε κύκλωμα κάποιας στήλης και συμβολίζεται με τον α/α της στήλης και του κυκλώματος, παρεμβάλλοντας τελεία "." (πχ. 1.2 σημαίνει στήλη 1, κύκλωμα 2).

**β)** Οι κεντρικές στήλες συμβολίζονται απλά με έναν α/α, πχ. 1 για την στήλη 1, 2 για την στήλη 2 κ.ο.κ.

**γ)** Τμήματα σωλήνων που συνδέουν δύο στήλες δίνονται με τους αριθμούς των στηλών παρεμβάλλοντας παύλα (-), πχ. 1-2.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών στα σώματα παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα παρακάτω μεγέθη:

- Αριθμός χώρου
- Θερμοκρασία εισόδου νερού (°C)
- Θερμικό φορτίο χώρου (Mcal/h ή w)
- Παροχή νερού (m<sup>3</sup>/h)
- Διαφορά θερμοκρασίας (°C)
- Θερμοκρασία χώρου (°C)
- Ενεργός θερμοκρασία σώματος (°C)
- Φορτίο Q60 (Mcal/h ή w)
- Τύπος θερμαντικού σώματος
- Υπολογιζόμενο φορτίο σώματος (Mcal/h ή w)
- Ρύθμιση διακόπτη (m)
- Ισοδύναμο μήκος (m)

#### Στοιχεία Δικτύου

Θερμοκρασία Νερού Προσαγωγής(°C)	75
Τύπος Σωλήνων Κεντρικής Στήλης	Χαλυβδοσωλήνας
Τραχύτητα Σωλήνων Κεντρικής Στήλης (μm)	45
Τύπος Σωλήνων Κυκλωμάτων	Πολλαπλών στρωμάτων MULTISKIN με μόνωση 4 mm κουλ.
Τραχύτητα Σωλήνων Κυκλωμάτων (μm)	7
Ισοδύναμο Μήκος Διακλάδωσης (m)	0.8
Ισοδύναμο Μήκος Καμπύλης (m)	0.5
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου	1
Συστήματα Μονάδων	KWatt
Γεωδαιτικό ύψος κτιρίου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας	0
Αναλυτικός υπολογισμός περιεχόμενου νερού	2

Επίπεδο : 1

Υπολογισμοί Μονοσωλήνιας Θέρμανσης με αντλίες υψηλών θερμοκρασιών

Αριθμός Στήλης-Κυκλώμ.	Μήκος Σωλήνα (m)	Φορτίο Κυκλώματος (KWatt)	Πτώση Θερμοκ. (°C)	Παροχή Νερού (m <sup>3</sup> /h)	Διάμ. Σωλήνα	Ταχύτ. Νερού (m/s)	Ισοδ. Μήκος (m)	Στραγγαλ. (mΥΣ)	Πτώση Πίεσης (mΥΣ/m)	Ολική Πτώση (mΥΣ)
1.1	35.77	1.927	10.97	0.151	Φ18	0.273	54.17		0.009	0.462
1.2	47.38	1.927	12.26	0.136	Φ18	0.245	65.78		0.007	0.462
1.3	49.14	1.927	12.44	0.133	Φ18	0.241	67.54		0.007	0.462
1.4	46.31	1.927	12.14	0.137	Φ18	0.247	64.71		0.007	0.462
1.5	30.37	2.258	12.11	0.161	Φ18	0.290	48.77		0.009	0.462
1.6	39.50	2.341	13.85	0.146	Φ18	0.263	57.90		0.008	0.462
1.7	35.93	1.869	10.66	0.151	Φ18	0.273	54.33		0.009	0.462
1.8	48.61	1.869	12.02	0.134	Φ18	0.242	67.01		0.007	0.462
1.9	49.25	2.089	13.50	0.133	Φ18	0.241	67.65		0.007	0.462
1.10	53.03	2.089	13.93	0.129	Φ18	0.233	71.43		0.006	0.462
1.11	51.74	2.089	13.79	0.131	Φ18	0.236	70.14		0.007	0.462
1.12	39.21	2.089	12.32	0.146	Φ18	0.264	57.61		0.008	0.462
1.13	40.67	2.258	13.51	0.144	Φ18	0.260	59.07		0.008	0.462
1.14	44.21	2.006	12.41	0.139	Φ18	0.252	62.61		0.007	0.462
1.15	31.07	2.258	12.21	0.159	Φ18	0.288	49.47		0.009	0.462
1.16	30.22	2.956	18.75	0.136	Φ18	0.245	65.42		0.007	0.462
1.17	34.75	2.109	11.88	0.153	Φ18	0.276	53.15		0.009	0.462
1.18	37.72	2.171	12.61	0.148	Φ18	0.268	56.12		0.008	0.462
1.19	45.35	2.171	13.57	0.138	Φ18	0.249	63.75		0.007	0.462
1.20	45.72	2.171	13.61	0.138	Φ18	0.248	64.12		0.007	0.462
1.21	43.04	2.171	13.28	0.141	Φ18	0.254	61.44		0.008	0.462
1.22	31.32	2.171	11.77	0.159	Φ18	0.287	49.72		0.009	0.462
1	4.70	46.84		3.143	2"	0.396	6.110		0.003	0.021



Επίπεδο : 1

**Θερμαντικά Σώματα Κυκλωμάτων**

Αριθμός Στήλης-Κυκλώμ	Θερμ. Χώρος	Θερμοκ. Νερού (°C)	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Παροχή Νερού (m3/h)	Διαφορά Θερμοκ (°C)	Θερμ. Χώρου (°C)	Ενεργός Θερμοκ (°C)	Φορτίο (Q60) (KWatt)	Θερμαντ. Σώμα	Φορτίο Σώματ. (KWatt)	Ρύθμ. Διακόπτη (%)	Ισοδ. Μήκος Διακ.
1.1	1.8	75.00	1.927	0.151	12.76	20	48.62	2.549	33/600/800	2.782	100	15.8
1.2	1.8	75.00	1.927	0.136	14.17	20	47.91	2.599	33/600/800	2.782	100	15.8
1.3	1.8	75.00	1.927	0.133	14.49	20	47.76	2.611	33/600/800	2.782	100	15.8
1.4	1.8	75.00	1.927	0.137	14.07	20	47.97	2.595	33/600/800	2.782	100	15.8
1.5	1.5	75.00	2.258	0.161	14.02	20	47.99	3.039	33/600/900	3.054	100	15.8
1.6	1.4	75.00	2.341	0.146	16.03	20	46.98	3.241	33/600/1000	3.336	100	15.8
1.7	1.7	75.00	1.869	0.151	12.38	20	48.81	2.459	33/600/800	2.782	100	15.8
1.8	1.7	75.00	1.869	0.134	13.95	20	48.03	2.513	33/600/800	2.782	100	15.8
1.9	1.6	75.00	2.089	0.133	15.71	20	47.15	2.879	33/600/900	3.054	100	15.8
1.10	1.6	75.00	2.089	0.129	16.19	20	46.91	2.898	33/600/900	3.054	100	15.8
1.11	1.6	75.00	2.089	0.131	15.95	20	47.03	2.889	33/600/900	3.054	100	15.8
1.12	1.6	75.00	2.089	0.146	14.31	20	47.85	2.823	33/600/900	3.054	100	15.8
1.13	1.5	75.00	2.258	0.144	15.68	20	47.16	3.110	33/600/900	3.813	100	15.8
1.14	1.9	75.00	2.006	0.139	14.43	20	47.79	2.715	33/600/800	2.782	100	15.8
1.15	1.5	75.00	2.258	0.159	14.20	20	47.90	3.047	33/600/900	3.336	100	15.8
1.16	1.3	75.00	2.171	0.136	15.96	20	47.02	3.002	33/600/900	3.054	100	15.8
	1.2	59.04	0.785	0.136	5.772	20	36.15	1.540	22/600/600	1.679	100	15.8
1.17	1.1	75.00	2.109	0.153	13.78	20	48.11	2.829	33/600/900	3.054	100	15.8
1.18	1.3	75.00	2.171	0.148	14.67	20	47.66	2.948	33/600/900	3.054	100	15.8
1.19	1.3	75.00	2.171	0.138	15.73	20	47.14	2.993	33/600/900	3.054	100	15.8
1.20	1.3	75.00	2.171	0.138	15.73	20	47.14	2.993	33/600/900	3.054	100	15.8
1.21	1.3	75.00	2.171	0.141	15.40	20	47.30	2.979	33/600/900	3.054	100	15.8
1.22	1.3	75.00	2.171	0.159	13.65	20	48.17	2.907	33/600/900	3.054	100	15.8

Επίπεδο : 1

### Χώροι - Θερμαντικά Σώματα

Αριθμός Στήλης-Κυκλώμ.	Α/Α Επιπέδου	Α/Α Χώρου	Όνομ. Χώρου	Φορτίο Χώρου (KWatt)	Ενεργός Θερμοκ. (°C)	Φορτίο (Q60) (KWatt)	Θερμαντ. Σώμα	Φορτίο Σώματ. (KWatt)
1.1	1	8	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	1.927	48.62	2.549	33/600/800	2.782
1.2	1	8	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	1.927	47.91	2.599	33/600/800	2.782
1.3	1	8	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	1.927	47.76	2.611	33/600/800	2.782
1.4	1	8	ΑΙΘΟΥΣΑ 2	1.927	47.97	2.595	33/600/800	2.782
1.5	1	5	ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ ΗΣ/Υ	2.258	47.99	3.039	33/600/900	3.054
1.6	1	4	W/C	2.341	46.98	3.241	33/600/900	3.336
1.7	1	7	ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ	1.869	48.81	2.459	33/600/800	2.782
1.8	1	7	ΑΙΘΟΥΣΑ ΑΝΑΠΑΥΣΗΣ	1.869	48.03	2.513	33/600/800	2.782
1.9	1	6	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	2.089	47.15	2.879	33/600/900	3.054
1.10	1	6	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	2.089	46.91	2.898	33/600/900	3.054
1.11	1	6	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	2.089	47.03	2.889	33/600/900	3.054
1.12	1	6	ΑΙΘΟΥΣΑ 1	2.089	47.85	2.823	33/600/900	3.054
1.13	1	5	ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ ΗΣ/Υ	2.258	47.16	3.110	33/600/1000	3.813
1.14	1	9	ΓΡΑΦΕΙΟ	2.006	47.79	2.715	33/600/800	2.782
1.15	1	5	ΧΩΡΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣ ΗΣ/Υ	2.258	47.90	3.047	33/600/900	3.336
1.16	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	2.171	47.02	3.002	33/600/900	3.054
	1	2	W/C ΑΜΕΑ	0.785	36.15	1.540	22/600/600	1.679
1.17	1	1	ΚΟΥΖΙΝΑ	2.109	48.11	2.829	33/600/900	3.054
1.18	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	2.171	47.66	2.948	33/600/900	3.054
1.19	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	2.171	47.14	2.993	33/600/900	3.054
1.20	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	2.171	47.14	2.993	33/600/900	3.054
1.21	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΡ	2.171	47.30	2.979	33/600/900	3.054
1.22	1	3	ΑΙΘΟΥΣΑ ΠΟΛΛ ΧΡ	2.171	48.17	2.907	33/600/900	3.054

### Εκλογή Λέβητα

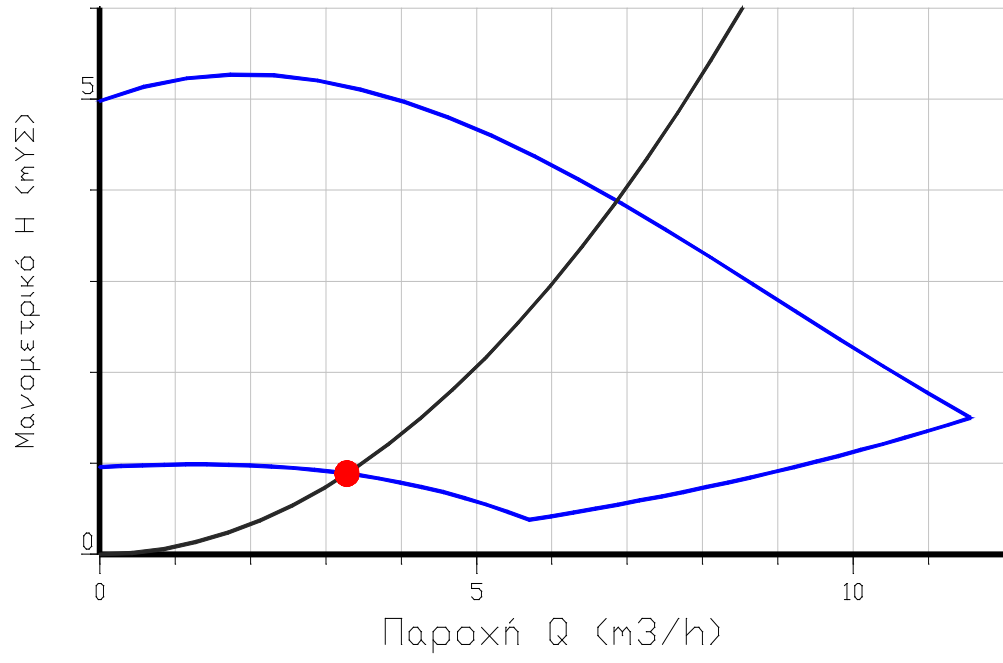
Συνολικό Θερμικό Φορτίο Qολ (KWatt)	46.84
Θερμικό Φορτίο Boiler ή Άλλο Θερμικό Φορτίο (Mcal/h)	9.89
Συντελεστής Προσαύξησης Λέβητα ΖΛ	0.25
Θερμική Ισχύς Λέβητα $Q_{\Lambda}=(1 + Z_{\Lambda}) Q_{ολ}$ (KWatt)	70.91
Τύπος Λέβητα που Επιλέγεται	BIOΣΩΛ EL 2000-60
Θερμαντική Ικανότητα Λέβητα	50-72 Mcal/h
Περιεκτικότητα σε Νερό	68
Διαστάσεις Λέβητα	500x780x1096 (mm)

### Εκλογή Αντλιών Υψηλών θερμοκρασιών

Συνολικό Θερμικό Φορτίο Qολ (KWatt)	46.845
Συντελεστής Προσαύξησης ΖΛ	0.25
Θερμική Ισχύς Αντλιών Υψηλών θερμοκρασιών 3τ. χ 16kw	48 kw
Τύπος αντλίας που Επιλέγεται	Τρεις αντλίες: Daikin Altherma High Temperature (Outdoor ERSQ016AA Y1 – Indoor EKHBRD016AB Y1)
Περιεκτικότητα σε Νερό	85

### Υπολογισμός Κυκλοφορητή

Παροχή Νερού Q (m <sup>3</sup> /h)	3.28
Τριβές Δικτύου (mΥΣ)	0.532
Συντελεστής C (C=ΔP/Q <sup>2</sup> ) Τριβών Λέβητα (mΥΣ)/(m <sup>3</sup> /h) <sup>2</sup>	0.005
Συντελεστής C (C=ΔP/Q <sup>2</sup> ) Τριβών Διόδου (mΥΣ)/(m <sup>3</sup> /h) <sup>2</sup>	0.012
Συντελεστής C (C=ΔP/Q <sup>2</sup> ) Τριβών Βαλβίδας Αντεπιστροφής (mΥΣ)/(m <sup>3</sup> /h) <sup>2</sup>	0.008
Συντελεστής C (C=ΔP/Q <sup>2</sup> ) Λοιπών Τριβών (mΥΣ)/(m <sup>3</sup> /h) <sup>2</sup>	0.008
Μανομετρικό Ύψος (mΥΣ)	0.8870272
Τύπος Κυκλοφορητή που Επιλέγεται	Stratos 40/1-4
Μέγεθος	
Παροχή	11,56
Μανομετρικό Ύψος	5,02
Ισχύς Κινητήρα	90 W
Ηλεκτρικά Δεδομένα	0,93A - 220V



## Υπολογισμός Ασφαλιστικού

Επιλογή Κλειστού Δοχείου Διαστολής	
Θερμοκρασία Προσαγωγής Νερού $t_n$ (°C)	75
Θερμοκρασία Επιστροφής Νερού $t_r$ (°C)	60.41768
Μέση Θερμοκρασία Λειτουργίας $t_m=(t_n+t_r)/2$ (°C)	67.70884
Στατική Πίεση Εγκατάστασης $P_A$ (bar)	0.5
Τελική Πίεση Εγκατάστασης $P_E=P_A+0.7$ (bar)	1.2
Συντελεστής Διαστολής $A_f$	0.0228
Περιεχόμενο Νερό στο Σύστημα $V_s$ (l)	366.61
Η Διαστολή του Νερού είναι $V_A = A_f \times V_s$ (l)	8.36
Ελάχιστος Όγκος Δοχείου Διαστολής $V_N=(P_E+1) \times V_A / (P_E - P_A)$ (l)	26.27
Επιλέγεται Κλειστό Δοχείο Διαστολής	REFLEX 35 N
Χωρητικότητα Δοχείου Διαστολής (l)	35lt/3.00bar
Επιλογή Βαλβίδας Ασφαλείας	
Επιλέγεται Βαλβίδα Ασφαλείας	3/4"
Ονομαστική Πίεση Βαλβίδας Ασφαλείας $P_{BA}=P_A+1.6$ (bar)	2.1

### Έλεγχοι Πτώσης Θερμοκρασιών στα Κυκλώματα

- Δεν υπάρχουν κυκλώματα με πτώση θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 20 °C

### Έλεγχοι Ταχυτήτων στις Σωληνώσεις

- Δεν υπάρχουν κυκλώματα ή στήλες με ταχύτητα ρευστού εκτος ορίων

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ**  
**ΑΝΤΛΙΩΝ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ**

**Εργοδότης:**

**Έργο:**

**Διεύθυνση:**

**Μελετητής:**

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Για την σύνταξη της μελέτης λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω κανονισμοί:

**α)** ΚΕΝΑΚ (ΦΕΚ 407/Β/2010)

**β)** Το άρθρο 26 του Κτιριοδομικού Κανονισμού (ΦΕΚ 59/Δ/89), καθώς και τα παραπεμπόμενα από αυτό:

- ΤΟΤΕΕ 2421/86, Μέρος Α και Β (ΦΕΚ 67/Β/88 και ΦΕΚ 177/Β/88)
- Τα πρότυπα ΕΛΟΤ 234,352,810,447
- ΚΥΑ 10315/93 (ΦΕΚ 369/Β/93) για τις εστίες καύσης
- Η απόφαση 20840/1296 (ΦΕΚ 366/Β/79) για υποχρεωτική τοποθέτηση τρίοδης ή τετράοδης βάνας
- Οι κανονισμοί DIN 4701-4706/DIN 4751
- Το ΠΔ 27/09/85 (ΦΕΚ 631/Δ/85) για την Κατανομή Δαπανών Θέρμανσης και η εγκύκλιος 126/85

Για την παραπάνω μελέτη λήφθηκε υπόψη επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενων χώρων ίση με 20 °C, με αντίστοιχη θερμοκρασία περιβάλλοντος 0° C.

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου ανέρχονται σε **Q<sub>tot</sub> =46.845 KWatt.**

Η θερμοκρασία προσαγωγής του νερού θα είναι ίση με **t = 75 °C.** .

Η Θέρμανση των χώρων γίνεται με το σύστημα αντλιών υψηλών θερμοκρασιών, με εξαναγκασμένη κυκλοφορία ζεστού νερού (μέσω κεντρικού κυκλοφορητή). Η διανομή του φορέα θερμότητας γίνεται από κάτω με διπλή γραμμή.



## 2. ΑΝΤΛΙΑ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

Το σύστημα θέρμανσης αποτελείται από τρεις (3) αντλίες υψηλών θερμοκρασιών, που η κάθε μια περιλαμβάνει την εξωτερική και την εσωτερική μονάδα, συνολικής ισχύος 3τ χ 16 kW= 48 kW.

Βασίζεται στην τεχνολογία της αντλίας θερμότητας και σαν σύστημα αέρος - νερού χρησιμοποιεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (Ευρωπαϊκή Οδηγία 2009/28/EC).

Η εξωτερική μονάδα (κάθε αντλίας) ισχύος 16 kW, θα απάγει θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον, η οποία μεταφέρεται στην εσωτερική μονάδα, διαμέσω των σωλήνων ψυκτικού μέσου. Η αναστρέψιμη αντλία θερμότητας αέρος/νερού, περιέχει συμπιεστή inverter. Το σύστημα inverter διατηρεί συνεχώς την επιθυμητή θερμοκρασία χώρου, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά 30% σε σύγκριση με ένα κλασικό σύστημα on/off, και ταυτόχρονα εξασφαλίζει τη λειτουργία της μονάδας μέχρι τους -20°C.

Η εσωτερική μονάδα (κάθε αντλίας), θα θερμαίνει το νερό μέχρι τους 80°C, το οποίο κυκλοφορεί στα σώματα υψηλών θερμοκρασιών και θα συνδυαστεί με το δοχείο ζεστού νερού χρήσης μέσω τρίοδης βάννας. Η εσωτερική μονάδα θα ανεβάζει τη θερμοκρασία του νερού μέχρι τους 80°C, χωρίς να απαιτείται ηλεκτρική αντίσταση, προκειμένου να έχουμε τις επιθυμητές συνθήκες θέρμανσης.

Στην εσωτερική μονάδα περιλαμβάνεται και το υδραυλικό μέρος το οποίο αποτελείται απο:

- κυκλοφορητή inverter
- δοχείο διαστολής 12 lt
- διακόπτη ροής
- φίλτρο
- ασφαλιστική διάταξη
- εξαεριστικό δίκτυο νερού
- ζεύγος ψυκτικών σωληνώσεων

### Αυτοματισμοί

Στους αυτοματισμούς του συστήματος περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- Χειριστήριο προγραμματισμού λειτουργιών
- Καλωδιώσεις και συνδέσεις
- Έλεγχος ηλεκτρικής αντίστασης δοχείου ζεστού νερού χρήσης

- Λειτουργία απολύμανσης (για λεγεωνέλλα) εντός του δοχείου
- Χρονοπρογράμματα στη λειτουργία θέρμανσης
- Χρονοπρογράμματα στη λειτουργία ζεστού νερού χρήσης

Το σύστημα θα έχει τη δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης της λειτουργίας μετά από διακοπή ρεύματος με κατάλληλη ρύθμιση από το τοπικό χειριστήριο.

Ο βαθμός απόδοσης (EER), της κάθε αντλίας δεν μπορεί να είναι μικρότερος από 2,9, και θα κυμαίνεται μεταξύ 2,9 και 3,2 ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις εξωτερικές θερμοκρασίες.

Κάθε μηχανήμα θα συνοδεύεται από τα απαραίτητα πιστοποιητικά (CE κτλ), που θα πιστοποιούν τα παραπάνω,

Το σύστημα θέρμανσης περιλαμβάνει τρεις (3) αντλίες υψηλών θερμοκρασιών, ενδεικτικού τύπου Daikin Altherma High Temperature (Outdoor ERSQ016AAY1 – Indoor EKHBRD016ABY1), με τα παραπάνω χαρακτηριστικά η κάθε μία και οι οποίες θα συνδεθούν μεταξύ τους σε σειρά, μέσω τριών ζευγών σωληνώσεων που με την σειρά τους θα συνδέονται στον κεντρικό υδραυλικό διαχωριστή (συλλέκτη).

Μετά τον υδραυλικό διαχωριστή (συλλέκτη) θα τοποθετηθεί ο κεντρικός κυκλοφορητής (για να επιτύχουμε υδραυλική εξισορρόπηση του συστήματος θέρμανσης).

Στο ένα ζεύγος σωληνώσεων (μηχάνημα) θα τοποθετηθεί τρίοδι βάνα και στη συνέχεια θα συνεχίσουν σωληνώσεις για τη σύνδεση με το boiler του ηλιακού, για ZNX.

Όρια λειτουργίας συστήματος:

- Στη λειτουργία θέρμανσης η θερμοκρασία προσαγωγής νερού είναι 25C-80C.
- Στη λειτουργία ζεστού νερού χρήσης η θερμοκρασία αποθήκευσης εντός του δοχείου μπορεί να φτάσει έως τους 80C
- Το σύστημα θα έχει τη δυνατότητα απρόσκοπτης και συνεχούς λειτουργίας σε θερμοκρασίες εξωτερικού περιβάλλοντος από -20C.

Το σύστημα θα παραδοθεί προς χρήση, μετά και την εκτέλεση των απαιτητών δοκιμών, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

### 3. ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ

Για την αναγκαστική κυκλοφορία του ζεστού νερού τοποθετείται στον κεντρικό σωλήνα προσαγωγής νερού κυκλοφορητής. Αυτός αποτελείται από φυγόκεντρη αντλία ζευγμένη στον ίδιο άξονα του ηλεκτροκινητήρα, μέσω ελαστικού συνδέσμου. Ο Ηλεκτροκινητήρας είναι στεγανού τύπου μονοφασικός 220 V/50 Hz. Η λειτουργία του κυκλοφορητή είναι αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς, εγκαθίσταται δε στους σωλήνες με την βοήθεια φλαντζών. Ακόμα, ο κυκλοφορητής είναι υδρολίπαντος, κατάλληλος για κυκλοφορία νερού θερμοκρασίας 120°C και πίεση 6 bar.

Ο κυκλοφορητής πρέπει να έχει παροχή ίση με **3.280 m<sup>3</sup>/h**.

Επίσης θα πρέπει να έχει μανομετρικό ύψος H ίσο με **0.887 Μ.Υ.Σ.**

Προτείνεται κυκλοφορητής με τα παρακάτω στοιχεία:

**Stratos 40/1-4**

**11,56**

**5,02**

**90 W**

**0,93A - 220V**

### 4. ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τα σώματα θα είναι τύπου πάνελ, εγχώριας προέλευσης. Θα τοποθετηθούν με επιμέλεια και θα συνδεθούν στο δίκτυο του θερμού νερού, ενώ θα χρωματιστούν με ειδικό χρώμα που αντέχει στη θερμοκρασία του σώματος. Η στερέωση στους τοίχους θα γίνει με τη βοήθεια ειδικών στηριγμάτων.

Το είδος και το μέγεθος των θερμαντικών σωμάτων φαίνεται στα σχέδια και το επισυναπτόμενο ειδικό έντυπο.

### 5. ΣΩΛΗΝΕΣ

Οι σωλήνες του δικτύου θα τοποθετηθούν σύμφωνα με τα σχέδια. Τα οριζόντια τμήματά τους θα παρουσιάζουν κλίση 1/100 έως 5/100. Τα τμήματα των σωλήνων που βρίσκονται μέσα στο δάπεδο, ή αυτά που διέρχονται από τις πλάκες των ορόφων θα περιτυλιχθούν με ειδικό ρυτιδωτό χαρτί.

Στην αρχή κάθε κατακόρυφης στήλης θα τοποθετηθεί βάνα με κρουνό κένωσης ανάλογης διαμέτρου.

Όλες οι σωληνώσεις προσαγωγής και επιστροφής ζεστού νερού που βρίσκονται σε μη θερμαινόμενους χώρους, θα μονωθούν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Η μόνωση των σωλήνων θα γίνει με μονωτικούς σωλήνες τύπου Armaflex, πάχους εξαρτωμένου από την θερμοκρασία του νερού και την διάμετρο του σωλήνα.

## **6. ΔΟΚΙΜΗ**

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών και των ελέγχων των αντλιών θα τοποθετηθούν τα σώματα. Θα γεμίσει με νερό, θα κλείσουν τα ελεύθερα άκρα των σωλήνων και θα τεθεί το δίκτυο με υπερπίεση 4 ατμοσφαιρών μετρουμένων στο χώρο τοποθέτησης των αντλιών επί δύο συνεχείς ώρες.

Σε περίπτωση κάποιας διαρροής, η οποία μπορεί να διαπιστωθεί εύκολα από την πτώση πίεσης που σημειώνεται στο μανόμετρο, θα επισκευαστεί η σχετική ατέλεια, θα αντικατασταθούν τα ελαττωματικά εξαρτήματα και η δοκιμή θα επαναληφθεί.

Στη συνέχεια θα τεθεί η εγκατάσταση σε λειτουργία υπό συνθήκες πλήρους θέρμανσης, μέχρι θερμοκρασίας σχεδόν βρασμού του νερού, και κατόπιν θα αφεθεί να ψυχραθεί με παράλληλο έλεγχο της στεγανότητας των ενώσεων και παρεμβυσμάτων κατά τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.

## **7. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ**

Σχετικά με τη συντήρηση απαιτούνται τα παρακάτω:

Ετήσια συντήρηση των αντλιών υψηλών θερμοκρασιών, καθάρισμα , έλεγχο όλης της εγκατάστασης (υδραυλική και ηλεκτρολογική), καθώς και έλεγχο στάθμης του ψυκτικού υγρού.

## ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ



ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ			EKHBRD011ACV1	EKHBRD014ACV1	EKHBRD016ACV1	EKHBRD011ACY1	EKHBRD014ACY1	EKHBRD016ACY1	
Θερμική απόδοση	Όνομ.	kW	11/11/11	14/14/14	16/16/16	11/11/11	14/14/14	16/116/16	
Κατανάλωση ρεύματος	Θέρμανση Όνομ.	kW	3,57/4,40/2,61	4,66/5,65/3,55	5,57/6,65/4,31	3,57/4,40/2,61	4,66/5,65/3,55	5,57/6,65/4,31	
COP			3,08/2,50/4,22	3,00/2,48/3,94	2,88/2,41/3,72	3,08/2,50/4,22	3,00/2,48/3,94	2,88/2,41/3,72	
Περιβλημα	Χρώμα	Μεταλλικό γκρι							
	Υλικό	Προεπικαλυμμένη λαμαρίνα							
Διαστάσεις	Μονάδα	Υψος/Πλάτος/Βάθος	mm						
			705/600/695						
Βάρος	Μονάδα		kg			144,25			147,25
Εύρος λειτουργίας	Θέρμανση	Περιβάλλοντος	Ελάχ.~Μέγ.	°C					-20~20
		Πλευρά νερού	Ελάχ.~Μέγ.	°C					25~80
	Ζεστό νερό χρήσης	Περιβάλλοντος	Ελάχ.~Μέγ.	°CDB					-20~35
		Πλευρά νερού	Ελάχ.~Μέγ.	°C					25~80
Ψυκτικό μέσο	Τύπος	R-134a							
	Φορτίο		kg						3,2
Στάθμη ηχητικής πίεσης	Όνομ.		dBA	43/46	45/46	46/46	43/46	45/46	46/46
	Αθόρυβη νυχτερινή λειτουργία	Επίπεδο 1	dBA	40	43	45	40	43	45
Παροχή ισχύος	Όνομασία	V1			Y1				
	Φάση	1~			3~				
	Συχνότητα		Hz	50					
	Τάση		V	220-240			380-415		
Ρεύμα	Συνιστώμενες ασφάλειες		A	25			16		

(1)EW 55°C,LW 65°C,Dt 10°C,συνθήκες περιβάλλοντος: 7°CDB/6°CWB

(2)EW 70°C,LW 80°C,Dt 10°C,συνθήκες περιβάλλοντος: 7°CDB/6°CWB

## ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ



ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑ ΚΑΤΩ ΠΛΑΚΑΣ				ERSQ011AV1	ERSQ014AV1	ERSQ016AV1	ERSQ011AY1	ERSQ014AY1	ERSQ016AY1
Διαστάσεις	Μονάδα	Ύψος/Πλάτος/Βάθος	mm	1,345/900/320					
Βάρος	Μονάδα		kg	120					
Εύρος λειτουργίας	Θέρμανση	Ελάχ.-Μέγ.	°CWB	-20~20					
	Ζεστό νερό χρήσης	Ελάχ.-Μέγ.	°CDB	-20~35					
Ψυκτικό μέσο	Τύπος			R-410A					
	Φορτίο		kg	4,5					
Στάθμη ηχητικής ισχύος	Θέρμανση	Ονομ.	dB(A)	68	69	71	68	69	71
Στάθμη ηχητικής πίεσης	Θέρμανση	Ονομ.	dB(A)	52	53	55	52	53	55
Παροχή ισχύος	Ονομασία/Φάση/Συχνότητα/Τάση		Hz/V	V1/1~50/220-440			Y1/3~/50/380-415		
Ρεύμα	Συνιστωμένες ασφάλειες		A	25			16		

## ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ



ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ				EKHTS200AC	EKHTS260AC
Περιβλήμα	Χρώμα	Μεταλλικό γκρί			
	Υλικό	Γαλβανισμένος χάλυβας (προεπικαλυμμένη λαμαρίνα)			
Διαστάσεις	Μονάδα	Ύψος/Ενσωματωμένη στην εσωτερική μονάδα/Πλάτος/Βάθος	mm	2,010/600/695	2,285/600/695
Βάρος	Μονάδα	Κενή	kg	70	78
Εναλλάκτης θερμότητας	Ποσότητα	1			
	Υλικό σωλήνα	Χάλυβας Duplex(EN 1.4162)			
	Εμβαδόν πρόσωσης		m <sup>2</sup>	1,56	
	Όγκος εσωτερικής σερπατίνας		l	7,5	
Παροχή ισχύος	Φάση	-			
Δεξαμενή	Όγκος νερού		l	200	260
	Υλικό	Ανοξείδωτος χάλυβας (EN 1.4521)			
	Μέγιστη θερμοκρασία νερού		°C	75	

---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. Μαρμαράς Νικόλαος (2002), Εισαγωγή στην Εργονομία, Αθήνα, Ε.Μ.Π.
2. Μπαλαράς Α. Κωνσταντίνος, Οδηγός για εξοικονόμηση ενέργειας στις κατοικίες, 2001
3. Μαλαχίας Γ. και Μιχάλης Π, Κεντρικές Θερμάνσεις με μονοσωλήνιο σύστημα, Εκδόσεις ΙΩΝ
4. Σελλούντος Β., Θέρμανση Κλιματισμός Τόμος Α' και Β', Εκδόσεις ΤεκΔΟΤΙΚΗ
5. Μιχάλης Γρ. Βραχόπουλος, Αναλυτική Προσέγγιση Κεντρικών Θερμάνσεων, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, 2004
6. Βραχόπουλος Γρ. Μιχάλης: *Ψυκτικές Διατάξεις*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ'.
7. Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας- ΙΕΠΒΑ - Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών: [www.energycon.org](http://www.energycon.org)
8. Πακέτο ηλεκτρομηχανολογικών έργων FINE Τόμος Α Υπολογιστικό περιβάλλον ADAPT/FCALC
9. Χρηματοπούλου Μαρία. *Προσομοίωση Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας*. Διπλωματική Εργασία, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2009.
10. Hepbasli, Arif, και Yildiz Kalinci. «A review of heat pump water heating systems.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009: 1211---1229.
11. Μπίνιαρης Γεώργιος . Εξοικονόμηση ενέργειας θέρμανσης κλιματισμού με Γεωθερμία σε κατοικία. Διπλωματική εργασία Ηράκλειο 2012 : Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του τμήματος Ηλεκτρολογίας
12. Σάββας Χαράλαμπος: Μελέτη της λειτουργίας και της απόδοσης αντλιών θερμότητας από ιστορικά δεδομένα πραγματικής λειτουργίας τους. Διπλωματική εργασία Χανιά 2010 : Πολυτεχνείο Κρήτης
13. Καλογήρου Ιωάννης : Εργαστηριακές σημειώσεις Θέρμανση, Ψύξη Κλιματισμός μέρος Α, Β . Πάτρα 2006

---

## **ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ**

---

<http://www.idealklima.gr/proionta/daikin/-altherma>

<http://vivliothmyy.ee.auth.gr>

<http://el.wikipedia.org/wiki>

<http://www.monachos.gr/forum/content.php/300-andlies-thermotitas-genika>