

M/K  
823



Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ  
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

DEVELOPMENT OF A HEAT PUMP EXPERIMENTAL APPARATUS  
DEMONSTRATING SPACE HEATING AND HOT WATER USE TECHNOLOGIES

ΛΕΧΟΥΡΙΤΗΣ ΠΕΤΡΟΣ  
ΣΠΕΤΣΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΠΑΝΑΡΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014



Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ  
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

DEVELOPMENT OF A HEAT PUMP EXPERIMENTAL APPARATUS  
DEMONSTRATING SPACE HEATING AND HOT WATER USE TECHNOLOGIES

ΛΕΧΟΥΡΙΤΗΣ ΠΕΤΡΟΣ  
ΣΠΕΤΣΙΩΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΠΑΝΑΡΑΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο σημερινό περιβάλλον – φυσικό και οικονομικό – όπου η ανάγκη για μειωμένη κατανάλωση και οικονομία καυσίμων είναι περισσότερο επιτακτική παρά ποτέ, ο ρόλος των αντλιών θερμότητας σε κυκλώματα ψύξης και θέρμανσης των κατοικιών μπορεί να γίνει αρκετά σημαντικός.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ανάπτυξη ενός εργαστηριακού συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί αντλία θερμότητας, για τη θέρμανση νερού χρήσης ή και χώρων. Η θέρμανση χώρων επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλης τεχνολογίας μεταφοράς θερμότητας ενδοδαπέδιου συστήματος ή/και θερμαντικού συστήματος εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (fan coil). Το θερμοκρασιακό επίπεδο λειτουργίας των συστημάτων μεταφοράς θερμότητας στο χώρο είναι ιδανικό και για τη χρήση ηλιακής ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, το σύστημα έχει ενσωματωμένο ηλιακό συλλέκτη, παρέχοντας έτσι και τη δυνατότητα αξιοποίησης ηλιακής ενέργειας για τις παραπάνω χρήσεις.

Η πειραματική διάταξη κατασκευάστηκε εξ'ολοκλήρου από τους συντάκτες και αποτελείται από μία αντλία θερμότητας, ένα Θερμαντικό σώμα τύπου Fan Coil (FCU), επιδεικτικό ενδοδαπέδιο συστημα, ένα ηλιακό πάνελ, ένα θερμοδοχείο (boiler), το κύκλωμα κυκλοφορίας του ζεστού νερού, και λοιπές βοηθητικές διατάξεις και όργανα.

Η παρούσα εργασία περιλαμβάνει την ανάπτυξη της πειραματικής διάταξης και τη θέση σε λειτουργία αυτής.

## ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Αντλία Θερμότητας, Μονάδα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας, Ενδοδαπέδια Θέρμανση, Θερμό νερό χρήσης, Θερμοδοχείο, Ηλιακοί συλλέκτες

## **ABSTRACT**

In today's environment - natural and financial - where the need for reduced consumption and fuel economy is more critical than ever, the role of heat pumps in cooling circuits and house heating can become quite significant.

The scope of this thesis is to develop a laboratory system using a heat pump for the production of hot water use and/or space heating. Space heating is achieved through the implementation of the technology of floor heating and / or fan coil unit (FCU). The operating temperature level of the selected heat transfer systems is ideal for using solar energy also. In this context, a solar collector has also been integrated into the system, providing the possibility of solar energy exploitation for the above uses.

The experimental apparatus was constructed entirely by the authors and consists of a heat pump, a radiator type Fan Coil (FCU), demonstrative floor heating system, a solar panel, a storage tank (boiler), the hot water circulation circuit, and other auxiliary devices and instruments.

This work includes the development of the experimental setup and the commissioning of the system.

## **WORDS – KEY**

Heat Pump, Fan Coils (FCU), Underfloor Heating, Hot Water Use, Boiler, Solar panels

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ & ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
  - 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
  - 1.2. ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ
  - 2.1. ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (HEAT PUMP)
  - 2.2. ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ
  - 2.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
  - 2.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (FCU) ΚΑΙ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ
3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ
  - 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ
  - 3.2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ
    - 3.2.1. Σύστημα αντλίας θερμότητας
    - 3.2.2. Θερμοδοχείο
    - 3.2.3. Επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης
  - 3.3. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΟΥ
  - 3.4. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ
  - 3.5. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

#### **1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στη σύγχρονη εποχή, η ανάγκη για παραγωγή ενέργειας με μειωμένο κόστος και φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο είναι επιτακτική. Σε μια τέτοια κατεύθυνση, οι ερευνητές αναζητούν νέες αποδοτικότερες τεχνολογίες ή επιδιώκουν τη βελτίωση της απόδοσης υφιστάμενων τεχνολογιών. Οι αντλίες θερμότητας μεταφέρουν θερμότητα από μια πηγή χαμηλότερης θερμοκρασίας προς έναν αποδέκτη υψηλότερης θερμοκρασίας. Η αποδοτικότητα τους, σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος έχει οδηγήσει στην επέκταση της χρήσης των αντλιών θερμότητας και σε άλλες εφαρμογές πέραν των κλασικών εφαρμογών κλιματισμού.

Μια τέτοια εφαρμογή είναι και η θέρμανση νερού χρήσης. Παράλληλα, η διαθεσιμότητα θερμού νερού δίνει τη δυνατότητα για την αξιοποίηση του και σε εφαρμογές θέρμανσης χώρων, μέσω κατάλληλων τεχνολογιών μεταφοράς της θερμότητας όπως το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης ή το σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας. Η δυνατότητα αξιοποίησης νερού σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών παρέχει τη δυνατότητα λειτουργίας των αντλιών θερμότητας σε υψηλά επίπεδα απόδοσης. Παράλληλα, είναι δυνατή και η αξιοποίηση άλλων μορφών ενέργειας όπως η ηλιακή.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη εργαστηριακής διάταξης που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης αντλίας θερμότητας στις εν λόγω εφαρμογές μέσω της χρήσης διαφορετικών τεχνολογιών για τη θέρμανση χώρων. Η διάταξη παρέχει τη δυνατότητα αξιοποίησης και ηλιακής θερμικής ενέργειας.

## 1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσης περιλαμβάνει την εισαγωγή και την παρουσίαση της δομής της εργασίας.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσης αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο που διέπει την λειτουργία των συσκευών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της πειραματικής διατάξης. Παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι και τα βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών και των τεχνολογιών που σχετίζονται με την εργασία, και ειδικότερα των αντλιών θερμότητας, ηλιακών συλλεκτών, συστημάτων θέρμανσης νερού χρήσης, καθώς και των τεχνολογιών μεταφοράς θερμότητας προς το χώρο, όπως τα συστήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται η πειραματική διάταξη και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των στοιχείων που αποτελούν το εργαστηριακό σύστημα.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Για την κατασκευή της πειραματικής διάταξης χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία

- αντλία θερμότητας
- σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Fan Coil)
- θερμοδοχείο (boiler) ηλιακού θερμοσίφωνα
- ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης
- ηλιακός συλλέκτης

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία της πειραματικής διάταξης και των συσκευών που έχουν χρησιμοποιηθεί θα προηγηθεί μια βασική ανάλυση των τεχνολογιών αυτών.

#### 2.1 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (HEAT PUMP)

Αντλία θερμότητας ονομάζεται η συσκευή που αντλεί θερμική ενέργεια από μια θερμή δεξαμενή (αναφέρεται ως πηγή) που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία προς έναν αποδέκτη (συνήθως αέρας ή νερό) που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία είτε (α) με την χρήση μηχανικού έργου είτε (β) με την βοήθεια μιας θερμής δεξαμενής πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Και η αρχή λειτουργίας της είναι η μεταφορά θερμότητας από κάποιο όριο χαμηλής θερμοκρασίας σε ένα υψηλότερο.

Πρωτοχρησιμοποιήθηκαν ως επί το πλείστον στα συνήθη ψυγεία και καταψύκτες, τα κλιματιστικά και εν συνεχεία σε συσκευές παραγωγής ΖΝΧ.



Η αντλία θερμότητας διαφέρει από ένα κοινό κλιματιστικό καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη λειτουργώντας βάση του ίδιου θερμοδυναμικού κύκλου του οποίου η λειτουργία μπορεί να αντιστραφεί ανάλογα με την ανάγκη (θέρμανση ή ψύξη).

Στη μηχανή κλιματισμού που απαιτεί μηχανικό έργο (που με τη σειρά του απαιτεί συνήθως κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας) για την συντήρηση του θερμοδυναμικού κύκλου, ο όρος αντλία θερμότητας αναφέρεται σε μηχανές που λειτουργούν με την χρήση συμπιεζόμενου αερίου ως μέσο μεταφοράς της ενέργειας ανάμεσα σε πηγή και καταβόθρα.

Η μηχανή αυτή αποτελείται από κυκλοφορητή, συμπιεστή, βαλβίδα εκτόνωσης και εναλλάκτης θερμότητας ώστε η κατεύθυνση άντλησης της θερμικής ενέργειας να μπορεί να αντιστραφεί.

Για το λόγο αυτό συνήθως παρέχει θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων αλλά και ΖΝΧ. Οι πιο κοινές πηγές άντλησης θερμότητας για τέτοιες μηχανές είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας και το έδαφος. Ανάλογα με την φύση της πηγής και αντίστοιχα του αποδέκτη (ή ψύκτρας) οι αντλίες θερμότητας διαχωρίζονται σε αέρα-αέρα, αέρα-νερού, εδάφους-αέρα και εδάφους-νερού.

Η αντλία θερμότητας λειτουργεί ως εξής: 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 συναντάται με τον εξατμιστή το ψυκτικό μέσο μετατρέπεται σε αέριο.

Έπειτα, μέσω του 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.

Είναι προφανές ότι για να γίνει ψύξη του χώρου θα πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες εσωτερικές μονάδες (fan coils, split units) ή χρήση ενδοδαπέδιας σερπαντίνας (στην περίπτωση αυτή είναι δυνατός ο δροσισμός του χώρου).

Παρακάτω δίνονται οι παράμετροι απόδοσης μιας αντλίας θερμότητας

- Η θερμοκρασία της "πηγής"
- Η θερμοκρασία της "ψύκτρας" (ψυχρή δεξαμενή ή δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας)
- Το έργο που απαιτείται (καταναλίσκεται) για την μεταφορά (άντληση) δεδομένης ποσότητας θερμότητας από την μία δεξαμενή στην άλλη

Ο λόγος μεταφερόμενη θερμότητα προς καταναλισκόμενο έργο, αποτελεί τον συντελεστή συμπεριφοράς της αντλίας (COP, coefficient of performance) ο οποίος εξαρτάται από τα μηχανικά χαρακτηριστικά της αντλίας και από τις ιδιότητες του ψυκτικού μέσου .

Πρακτικά, ο COP μεταβάλλεται με την θερμοκρασία της δεξαμενής αλληλεπίδρασης (ατμοσφαιρικός αέρας, έδαφος κλπ) δεδομένου ότι η δεξαμενή εξυπηρέτησης (κλιματιζόμενος χώρος) έχει σταθερή θερμοκρασία (την επιθυμητή) . Συνήθως λοιπόν ορίζουμε τον μέσο ή ετήσιο COP, ο οποίος αναφέρεται στην λειτουργία περιόδου (ετήσια κλπ) της αντλίας.

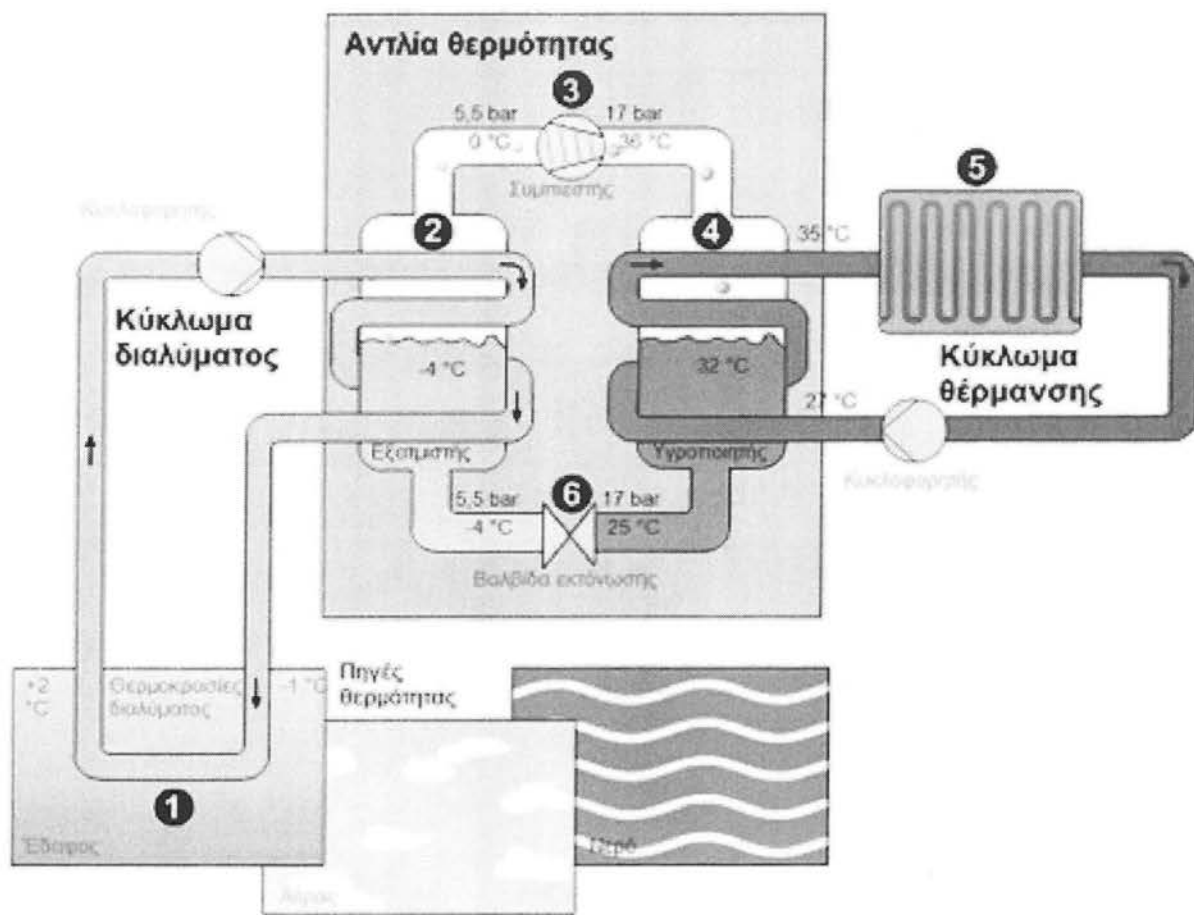
Προφανώς λόγω των μεγάλων διαφορών τιμών των παραπάνω μεταβλητών ο βαθμός απόδοσης της αντλίας (COP) είναι συγκριτικό (σχετικό) και όχι απόλυτο μέγεθος.

Στις σύγχρονες αντλίες θερμότητας συναντάμε τιμές COP μεγαλύτερες του 3.0, γεγονός που τις κατατάσσει στις συσκευές αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών.

Τιμή COP ίση με 3.0 σημαίνει ότι η αντλία καταναλώνει μία ποσότητα ενέργειας (συνήθως ηλεκτρικής) και μεταφέρει τριπλάσια ποσότητα θερμότητας.



Σχήμα 2.1: Διάφορες Αντλίες Θερμότητας



Σχήμα 2.2: Αρχή λειτουργίας της Αντλίας Θερμότητας

## 2.2 ΗΛΙΑΚΟΙ ΘΕΡΜΟΣΙΦΩΝΕΣ

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι ένα ενεργητικό ηλιοθερμικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια.

Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως για παράδειγμα στις χώρες της Μεσογείου και στην Κύπρο.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δυο φυσικών φαινομένων.

- Με την αρχή του θερμοσίφωνου επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες κλπ.)

- ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στους συλλέκτες του.

### Τύποι Ηλιακών Θερμοσίφωνων

Ανάλογα με το κύκλωμα κυκλοφορίας του θερμαινόμενου μέσου έχουμε δύο τύπους:

- Ανοικτού ή άμεσου κυκλώματος: απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε). Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες ανοικτού τυπου είναι σχετικά φθηνοί αλλά δεν προσφέρουν προστασία από υπερθέρμανση ή από παγετό, και πρέπει να αποφεύγονται σε περιοχές με σκληρό νερό.
- Κλειστού ή έμμεσου κυκλώματος: έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης. Το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας που χωρίζει το πόσιμο νερό με το ρευστό μεταφοράς θερμότητας. Το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας μπορεί να είναι μίγμα αντιψυκτικού υγρού με νερό. Έτσι αφού το ρευστό θερμανθεί στο συλλέκτη εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας όπου μεταφέρεται η θερμότητά του στο πόσιμο νερό. Οι κλειστού τύπου Ηλ.Θερμοσίφωνες προσφέρουν προστασία από τον παγετό και τυπικά παρέχουν προστασία και από την υπερθέρμανση.

Ανάλογα με ανάλογα με τον αριθμό ενεργειακών πηγών που μπορούν να εκμεταλλευτούν έχουμε δύο τύπους:

- Διπλής ενέργειας: Ο θερμοσίφωνα λειτουργεί εκμεταλλευόμενος είτε την ηλιακή ενέργεια είτε το ηλεκτρικό ρεύμα (π.χ. κατά την διάρκεια συννεφιάς οπότε η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή για να ζεστάνει το νερό). Για τον σκοπό αυτό, υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση τοποθετημένη εντός του τμήματος αποθήκευσης.
- Τριπλής ενέργειας: Λειτουργεί όπως ο ηλιακός θερμοσίφωνα διπλής ενέργειας αλλά έχει επιπλέον μια είσοδο για να εκμεταλλευτεί ως θερμαντικό μέσο το ζεστό νερό του καλοριφέρ που παράγεται από τον λέβητα κεντρικής θέρμανσης.

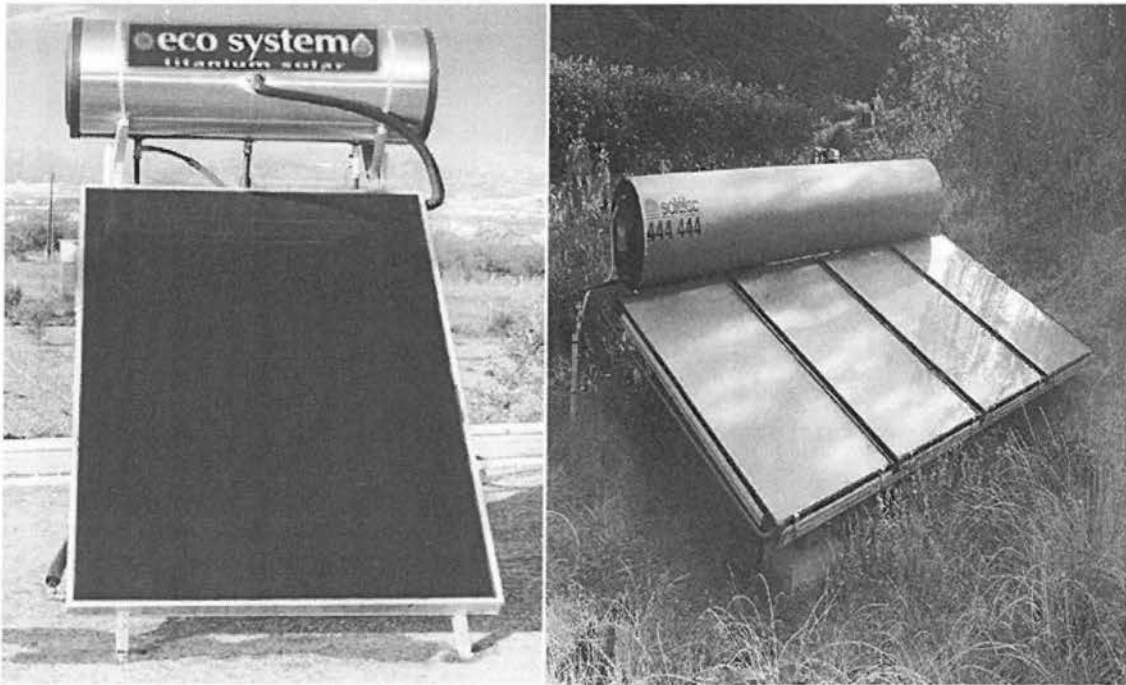
Προϋπόθεση για την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα τριπλής ενέργειας είναι να υπάρχει η κατάλληλη υποδομή στο οίκημα υπό την μορφή ξεχωριστών σωληνώσεων (ανά διαμέρισμα εάν πρόκειται για πολυκατοικία) που να συνδέουν το λεβητοστάσιο με τον χώρο εγκατάστασης του ηλιακού θερμοσίφωνα (ταράτσα ή σκεπή).

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ανεξάρτητα από το είδος τους, αποτελούνται από δύο βασικά μέρη:

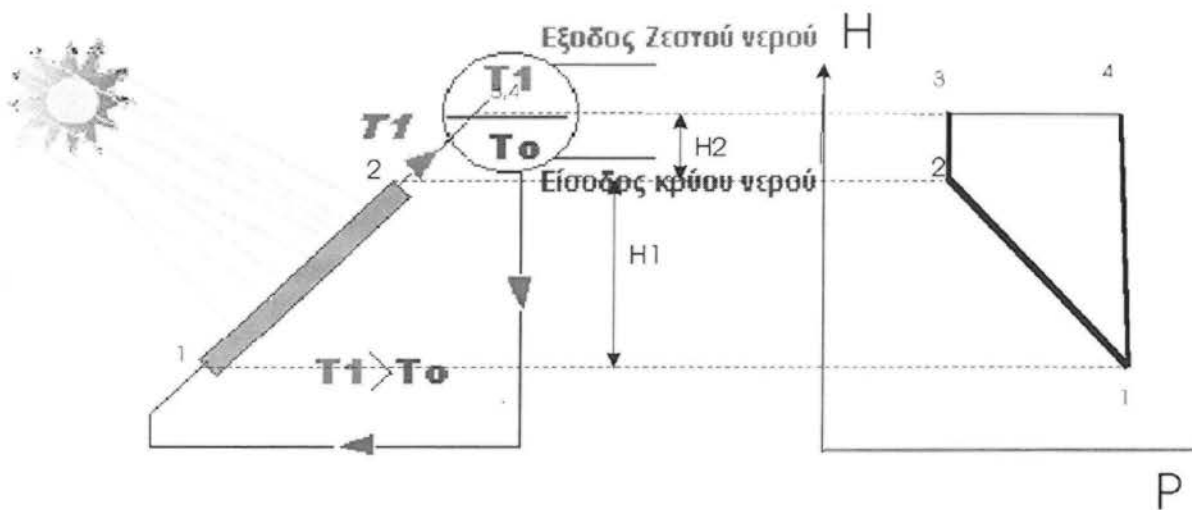
- Το τμήμα συλλογής (οι ηλιακοί συλλέκτες, η επιφάνεια απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας)
- Το τμήμα αποθήκευσης (η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού)

Τα δύο αυτά μέρη είναι συναρμολογημένα μαζί και συνδέονται με σωληνώσεις, αλλά σε μεγαλύτερα συστήματα μπορούν να είναι και χωριστά και να χρησιμοποιούνται αντλίες για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου, ειδικά όταν το τμήμα αποθήκευσης δεν βρίσκεται στον ίδιο χώρο με το τμήμα συλλογής.

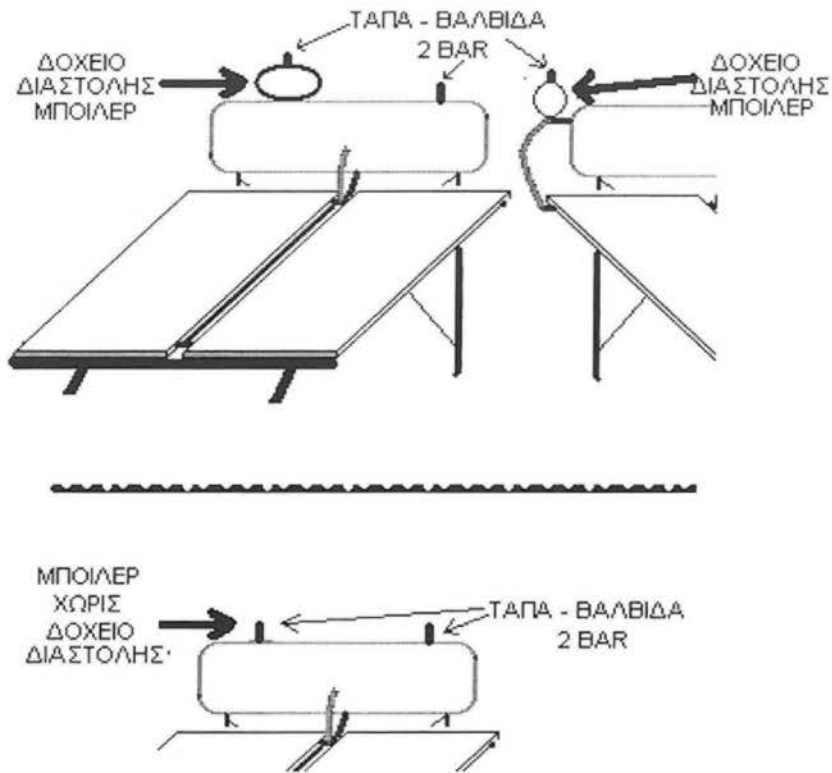
Το τμήμα αποθήκευσης διαθέτει και ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη, για να μπορεί να παράγεται ζεστό νερό ανεξάρτητα από την ένταση της ηλιοφάνειας (σε ημερήσιο ή διεποχιακό επίπεδο). Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες διαθέτουν και κάποια εξαρτήματα ελέγχου όπως βαλβίδα υπερπίεσης και αυτόματα εξαεριστικά. Λεπτομέρειες διακρίνονται στο σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.3: Ηλιακοί Θερμοσίφωνες



Σχήμα 2.4: Αρχή λειτουργίας Ηλιακού Θερμοσίφωνα



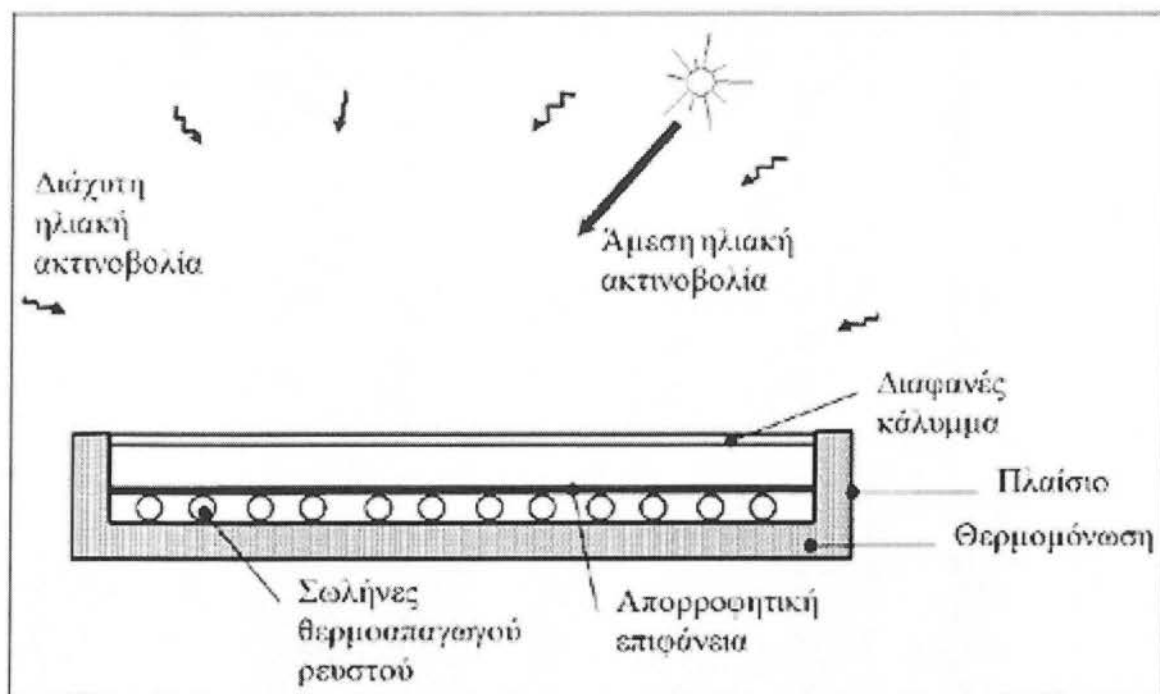
Σχήμα 2.5: Ηλιακοί θερμοσίφωνες - Πάνω: Με δοχείο διαστολής – Κάτω: Χωρίς δοχείο διαστολής

### 2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Για την μετατροπή της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια χρησιμοποιούνται οι ηλιακοί συλλέκτες. Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίζονται στους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες και στους συλλέκτες κενού

Ο ηλιακός συλλέκτης είναι ένα σύστημα που ζεσταίνει συνήθως νερό ή αέρα μετατρέποντας την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε θερμική ενέργεια. Συνήθως εξυπηρετεί ανάγκες θέρμανσης νερού ή θέρμανσης χώρων, η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και παρέχει θερμοκρασίες 40-150°C, ανάλογα με τον τύπο του.





Σχήμα 2.5: Τομή επίπεδου ηλιακού συλλέκτη

### Τύποι Ηλιακών Συλλεκτών:

Οι ηλιακοί συλλέκτες χωρίζονται σε τρεις (3) κύριες κατηγορίες:

1. Συλλέκτες χωρίς κάλυμμα (πλαστικοί): Το νερό της πισίνας κυκλοφορεί μέσα στον ηλιακό συλλέκτη, θερμαίνεται από τον ήλιο και διοχετεύεται απευθείας στην πισίνα. Ενδείκνυται η χρήση πλαστικού καλύμματος για μείωση απωλειών θερμότητας. Τα πλεονεκτήματα του είναι ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός (π.χ.εναλλάκτες) που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό. Επίσης στα ψυχρά κλίματα παρέχεται νερό σε ιδανική θερμοκρασία για κολύμβηση το καλοκαίρι και στα θερμά κλίματα η κολυμβητική περίοδος επεκτείνεται από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο. Οι συλλέκτες δίχως κάλυμμα έχουν χαμηλό κόστος, και ο χρόνος απόσβεσης τους κυμαίνεται απο 1 έως 5 έτη. Βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε κολυμβητικές δεξαμενές, όπου η επιθυμητή θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή (25°C).

2. Επίπεδοι συλλέκτες. Οι επίπεδοι επιλεκτικοί συλλέκτες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση νερού χρήσης καθώς και για τη θέρμανση και τον κλιματισμό χώρου και διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Ο συλλέκτης μαύρης βαφής ή επιλεκτικής βαφής αποτελεί απλό τύπο συλλέκτη για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα. Αποτελείται από σωληνώσεις χαλκού, μέσα από τις οποίες κυκλοφορεί το μέσο μεταφοράς της θερμότητας (νερό ή μείγμα νερού-γλυκόλης), οι οποίες είναι σε επαφή με ένα φύλλο χαλκού ή αλουμινίου μαύρης επιφάνειας (απορροφητής). Για τη μείωση των θερμικών απωλειών, ο απορροφητής είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα μονωμένο περίβλημα, που στη μια μεριά έχει διάφανο υαλοπίνακα ώστε να επιτρέπεται η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι επίπεδοι συλλέκτες χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση νερού χρήσης καθώς και τη θέρμανση χώρου.
- Ο επιλεκτικός συλλέκτης είναι ένας επίπεδος συλλέκτης, που χρησιμοποιεί απορροφητή επιλεκτικής επιφάνειας αντί της απλής μαύρης. Η μαύρη βαφή έχει αντικατασταθεί από υλικό υψηλής απορροφητικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας (~95%) και μικρής εκπομπής ακτινοβολίας (~5%). Με τη χρήση επιλεκτικού απορροφητή, επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι βαθμοί απόδοσης και υψηλότερες θερμοκρασίες νερού.

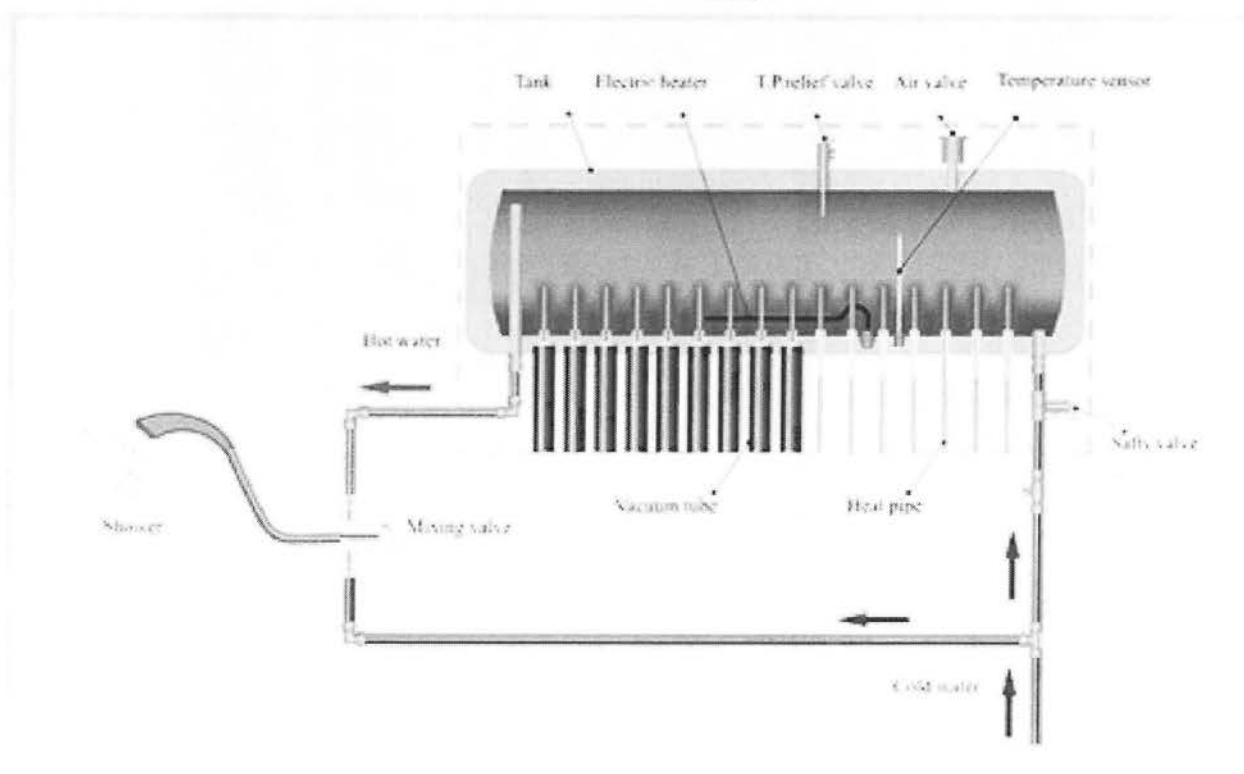
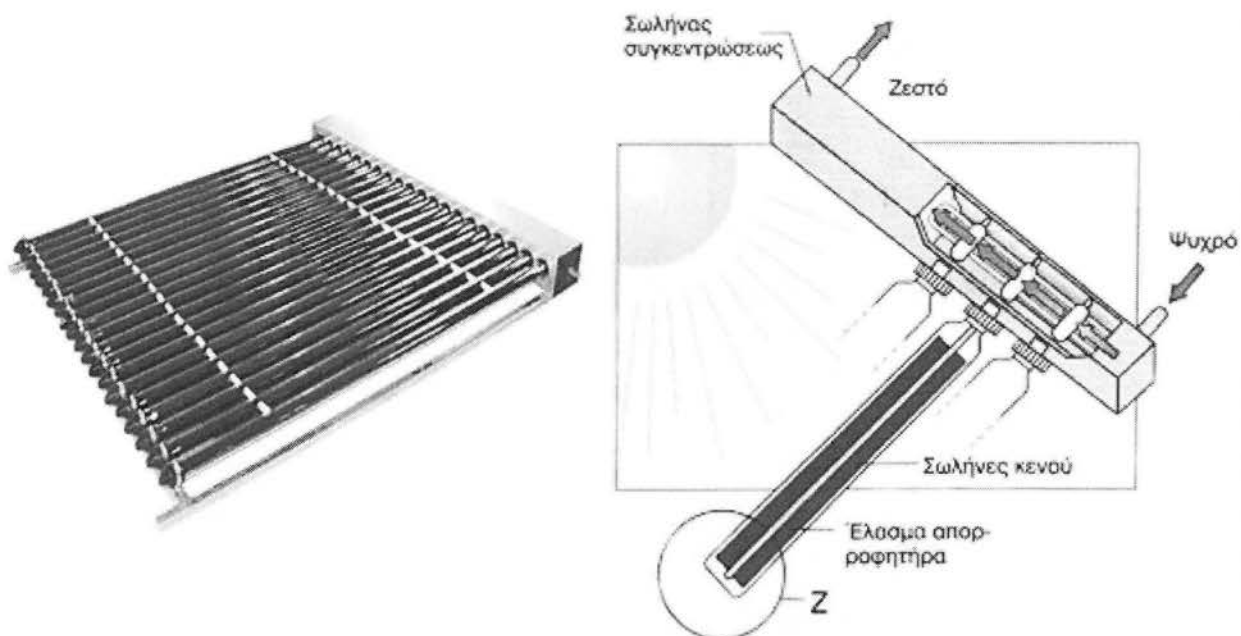
3. Συλλέκτες κενού (σωλήνες κενού). Αποτελούνται από σειρές παράλληλων γυάλινων σωλήνων. Κάθε μεμονωμένος σωλήνας εκκενώνεται ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες. Η σωληνοειδής γεωμετρία είναι απαραίτητη στατικά, λόγω της διαφοράς πίεσης ανάμεσα στην ατμοσφαιρική πίεση και στο κενό στο εσωτερικό. Στο εσωτερικό κάθε σωλήνα υπάρχει επίπεδη ή καμπύλη πλάκα αλουμινίου που συνδέεται με ένα μεταλλικό (συνήθως χάλκινο) ή γυάλινο σωλήνα. Η πλάκα αλουμινίου επικαλύπτεται με ένα επιλεκτικό υλικό. Το ρευστό μετάδοσης θερμότητας είναι νερό και το οποίο κυκλοφορεί στις σωληνώσεις.

Κάποιοι συλλέκτες σωλήνων κενού έχουν εξωτερικά κάτοπτρα πίσω από τους σωλήνες κενού ή μέσα στις γυάλινες σωληνώσεις. Τα εξωτερικά κάτοπτρα αυξάνουν την ακτινοβολία που συλλέγεται από τον συλλέκτη, αφού συνήθως η ακτινοβολία που περνάει μέσα από τον κενό χώρο ανάμεσα στους σωλήνες, οδηγείται πίσω στον απορροφητή. Η χρήση του κενού μειώνει τις θερμικές απώλειες των συλλεκτών και αποσκοπεί στη περαιτέρω αύξηση του βαθμού απόδοσης και της θερμοκρασίας νερού.

Οι συλλέκτες κενού χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση και τον κλιματισμό χώρου και υπό ειδικές συνθήκες για τη θέρμανση νερού χρήσης καθώς δεν συνιστώνται σε κατοικίες, αφού το καλοκαίρι η θερμοκρασία  $T > 300\text{oC}$ . Έχουν απόδοση  $850\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$ .



Σχήμα 2.6: Συλλέκτης χωρίς κάλυμμα (πλαστικός) και Συλλέκτης



Σχήμα 2.7: Συλλέκτες Κενού (σχήμα και τρόπος λειτουργίας)

## 2.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (FCU) ΚΑΙ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

#### Σύστημα Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας FCU

Το σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας είναι ένα σύστημα από Fan Coils που μεταφέρει την θερμότητα ή την ψύξη στους διάφορους χώρους. Μία μονάδα FAN COIL (FCU) είναι μια απλή συσκευή που αποτελείται από ένα πηνίο θέρμανσης ή και ανεμιστήρα ψύξης. Είναι μέρος ενός συστήματος κλιματισμού (HVAC) που χρησιμοποιείται κυρίως σε κατοικίες, εμπορικά και βιομηχανικά κτίρια. Τυπικά μια μονάδα Fan Coil χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θερμοκρασίας στο χώρο όπου είναι εγκατεστημένη, ή εξυπηρετεί πολλαπλούς χώρους. Ελέγχεται είτε με χειροκίνητο διακόπτη on / off ή με θερμοστάτη.

Λόγω της απλότητας τους, οι μονάδες fan coil είναι πιο οικονομικές για την εγκατάστασή τους σε σχέση με συστήματα κεντρικής θέρμανσης με μονάδες διαχείρισης αέρα. Ωστόσο, μπορεί να είναι θορυβώδεις επειδή ο ανεμιστήρας είναι στον ίδιο χώρο. Υπάρχουν πολλών ειδών Fan Coil, για παράδειγμα οριζόντιου τύπου (αναρτημένοι στην οροφή) ή κάθετου (επιδαπέδιο).

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος αυτού είναι τα εξής:

- Μικρότερο κόστος
- Αποτελεσματικότητα
- Προσφέρει άνεση και είναι απόλυτα υγιεινό για τους χρήστες

Σε κτίρια μόνιμης ή προσωρινής διαμονής (εξοχικές κατοικίες) όπως και σε χώρους συνάθροισης κοινού τα σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Fan Coil) αποτελούν μια καλή και αξιόπιστη λύση, όπως είναι και η μοναδική λύση για υφιστάμενα κτίρια που θα ήθελαν ένα καλύτερο τρόπο ψύξης από τις τοπικές κλιματιστικές μονάδες, χωρίς να γίνει εκτεταμένη ανακατασκευή του κτιρίου.

## Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης

Ενδοδαπέδια θέρμανση (και ψύξη) είναι μια μορφή κεντρικής θέρμανσης (και ψύξης) που επιτυγχάνει εσωτερικό έλεγχο του κλίματος για θερμική άνεση χρησιμοποιώντας αγωγιμότητα, ακτινοβολία και συναγωγή.

Συχνά χρησιμοποιούνται οι όροι «ακτινοβόλος θέρμανση» και «σύστημα ψύξης με ακτινοβολία» για να περιγράψουν αυτήν την προσέγγιση, επειδή η ακτινοβολία είναι υπεύθυνη για ένα σημαντικό τμήμα της προκύπτοντος θερμικής άνεσης, αλλά η χρήση αυτή μπορεί να θεωρηθεί τεχνικά σωστή μόνο όταν η ακτινοβολία είναι υπεύθυνη για ποσό θερμότητας μεγαλύτερο του 50% αυτού που ανταλλάσσεται μεταξύ του δαπέδου και του υπόλοιπου χώρου.

Στο σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης, οι βασικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται είναι ίδιες με εκείνες των άλλων συστημάτων: καυστήρας, λέβητας, κυκλοφορητής, και υπάρχει δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ).

Αναλυτικότερα το ενδοδαπέδιο σύστημα αποτελείται από το λεβητοστάσιο, το κατακόρυφο και το οριζόντιο δίκτυο σωληνώσεων. Το λεβητοστάσιο και το κατακόρυφο δίκτυο, είναι ίδιο με του μονοσωλήνιου συστήματος. Το οριζόντιο δίκτυο είναι κυρίως εκείνο που διαφοροποιεί το σύστημα από τα άλλα, αυτό αποτελείται από τα λεγόμενα θερμοκυκλώματα και δε χρησιμοποιεί τα γνωστά θερμαντικά σώματα.

Τα θερμοκυκλώματα είναι σωλήνες με νερό που ξεκινούν από τον σωλήνα της προσαγωγής της κεντρικής στήλης και αφού διαγράψουν πορεία μέσα στο δάπεδο του χώρου που πρόκειται να θερμανθεί, σε μορφή μαιάνδρων, κύκλων ή S, συναντούν το σωλήνα της επιστροφής της κεντρικής στήλης του συστήματος. Αφού θερμομονωθεί το δάπεδο από κάτω, απλώνεται το σύστημα των σωληνών οι οποίοι μεταφέρουν το ζεστό νερό σε όλη του την επιφάνεια.

Το νερό που κυκλοφορεί στα θερμοκυκλώματα είναι χαμηλής θερμοκρασίας, περίπου 45-50 βαθμών Κελσίου. Οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται στα θερμοκυκλώματα του ενδοδαπέδιου (οριζόντιου δικτύου) είναι εύκαμπτοι, μονοί πλαστικοί ή εύκαμπτοι χαλκοσωλήνες χωρίς επένδυση.

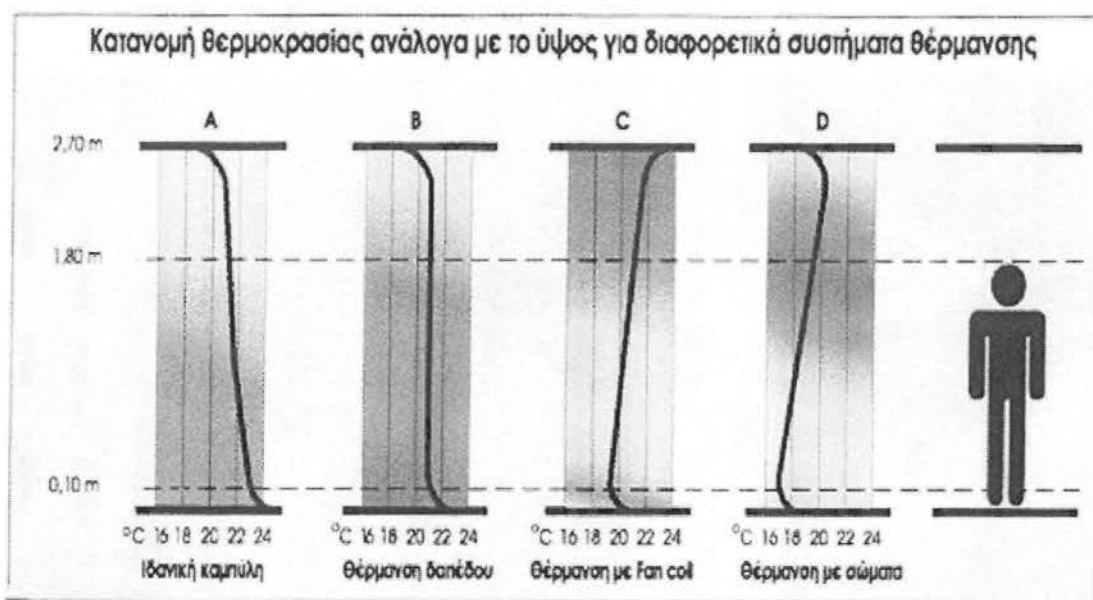
Η θερμότητα μεταδίδεται από τους σωλήνες μέσα στο δάπεδο και από κει εκπέμπεται στο χώρο. Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται 60-65% με ακτινοβολία και 35-40% με “επαφή μεταφορά”.

Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα και αποδίδουν με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Έτσι, το δάπεδο θερμαίνεται και ακτινοβολεί ομοιόμορφα τη θερμότητα στον αέρα από κάτω προς τα πάνω.

Το σύστημα εγκαθίσταται μόνο σε νέο-ανεγειρόμενες οικοδομές και μπορεί να δεχτεί αυτονομία. Ακόμα μπορεί να υπάρξει πρόβλεψη για τη μετάβαση του συστήματος σε σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coil). Μεγάλη διαφορά με τα άλλα συστήματα θέρμανσης έγκειται στο γεγονός ότι οι τελικοί αποδέκτες του ζεστού νερού δεν είναι θερμαντικά σώματα αλλά το ίδιο το δάπεδο, το οποίο λειτουργεί ως θερμαντικό σώμα.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η ασύγκριτα ανώτερη ποιότητα θέρμανσης. Όπως φαίνεται και σχήμα 2.8 έχουμε μια ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας στον χώρο κατά ύψος, πετυχαίνοντας τη μέγιστη στα πόδια και την ελάχιστη στην οροφή όπως εξάλλου απαιτούν και οι συνθήκες υγιεινής και ευεξίας στον άνθρωπο.

Επιπλέον λόγω της απουσίας των κλασσικών θερμαντικών σωμάτων έχουμε ελευθερία στην διαρρύθμιση του χώρου πετυχαίνοντας καλύτερο εργονομικό και αισθητικό αποτέλεσμα.



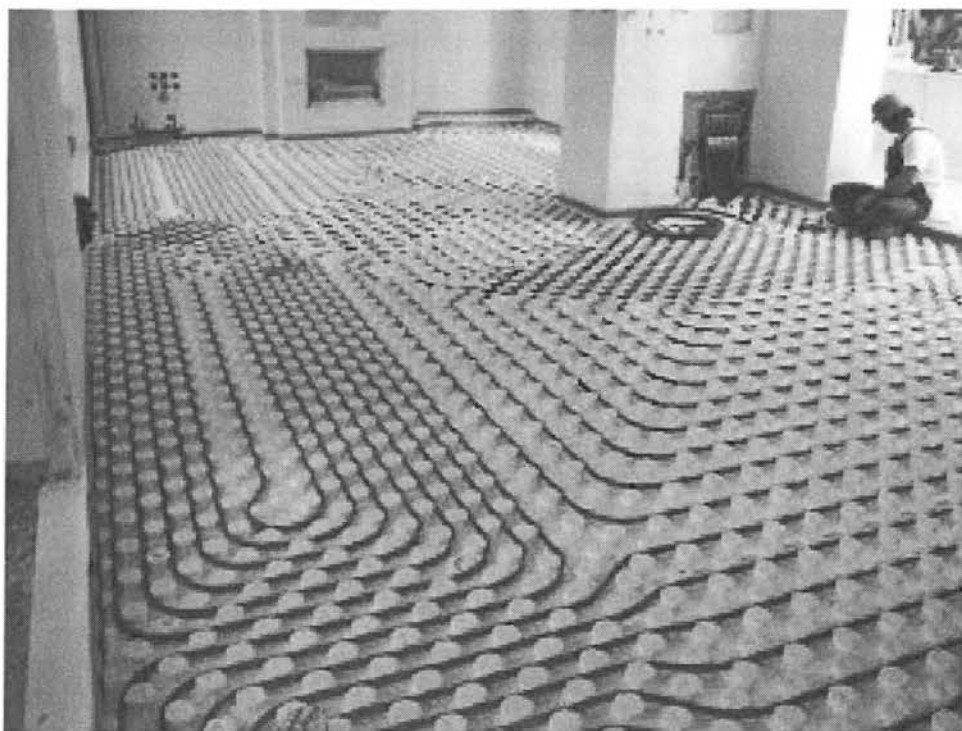
Σχήμα 2.8 Κατανομή θερμοκρασίας ανάλογα με το ύψος για διαφορετικά συστήματα θέρμανσης.

Τέλος πλεονέκτημα της χρήσης ενδοδαπέδιας θέρμανσης αποτελεί η μεγάλη θερμική αδράνεια που αποκτά το κτίριο με αποτέλεσμα να μπορεί να διατηρήσει τις επιθυμητές συνθήκες άνεσης για σημαντικό χρονικό διάστημα.

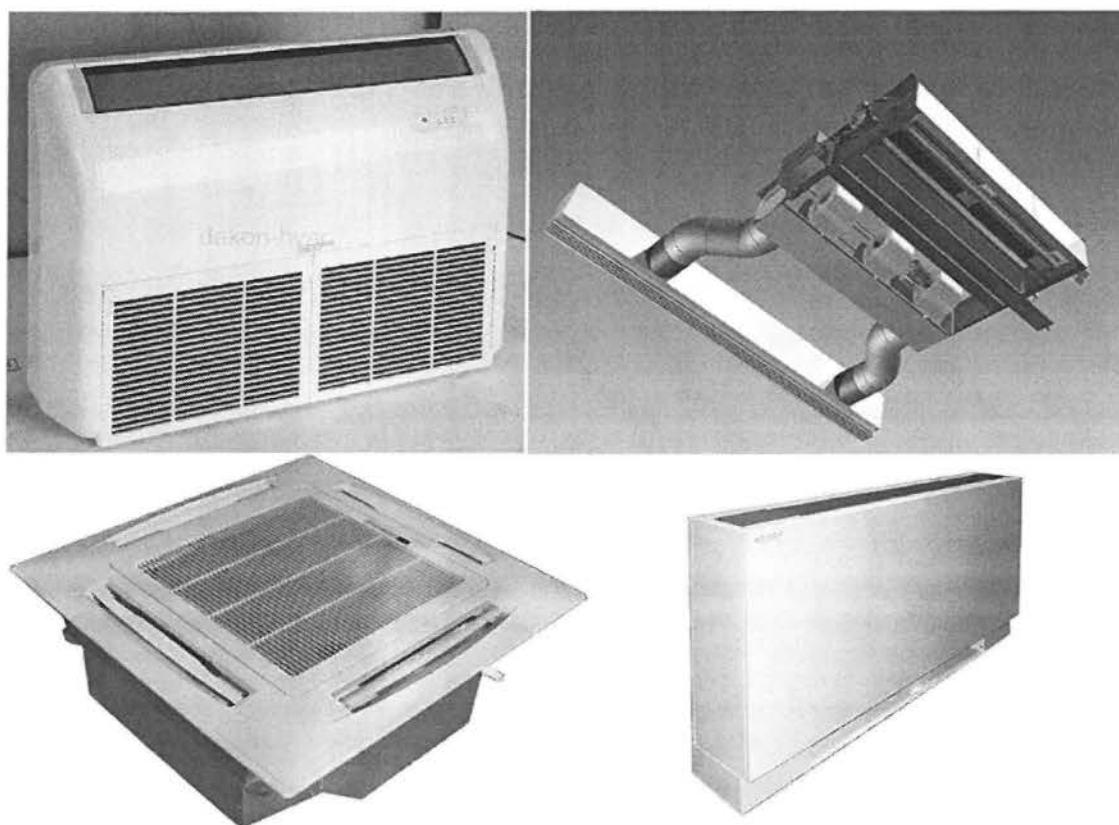
Η μεγάλη θερμική αδράνεια αποτελεί όμως και σημαντικό μειονέκτημα του ενδοδαπέδιου συστήματος καθώς αυτό πρακτικά σημαίνει ότι απαιτείται επίσης κάποιος χρόνος προκειμένου να γίνει αισθητή στο κτίριο η επίδραση διαφορετικών σεναρίων λειτουργίας του συστήματος θ

Προορίζεται συνεπώς για εφαρμογές θέρμανσης με αρκετές ώρες λειτουργίας ημερησίως προκειμένου να είναι αποδοτικό (τόσο όσον αφορά τη θέρμανση που μας προσφέρει όσο και για να αξιοποιηθεί το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους λειτουργίας). Εάν η περιοχή της εγκατάστασης έχει απαιτήσεις θέρμανσης οι οποίες είναι λιγότερες από 5-6 ώρες ημερησίως, η ενδοδαπέδια θέρμανση δεν είναι το κατάλληλο σύστημα καθώς για να αποδώσει θα πρέπει να λειτουργεί περισσότερες ώρες απ' ό,τι πραγματικά χρειάζεται.





Σχήμα 2.9 Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης



Σχήμα 2.10 Διάφορες Μονάδες Εξαναγκασμένης Κυκλοφορίας Αέρα (FCU)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πειραματική διάταξη που κατασκευάστηκε και χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.1. Για το σκελετό στήριξης του συστήματος θέρμανσης χρησιμοποιήθηκε χαλύβδινος κοιλοδοκός (στραντζαριστό) St37 διαστάσεων 40\*40\*3mm και από το ίδιο υλικό πάχους 30\*30\*3mm. Οι συγκολλήσεις που απαιτήθηκαν έγιναν με τη μέθοδο TIG. Τέλος για την καλύτερη και ευκολότερη μεταφορά της όλης κατασκευής τοποθετήθηκαν ροδάκια διαμέτρου 15cm.



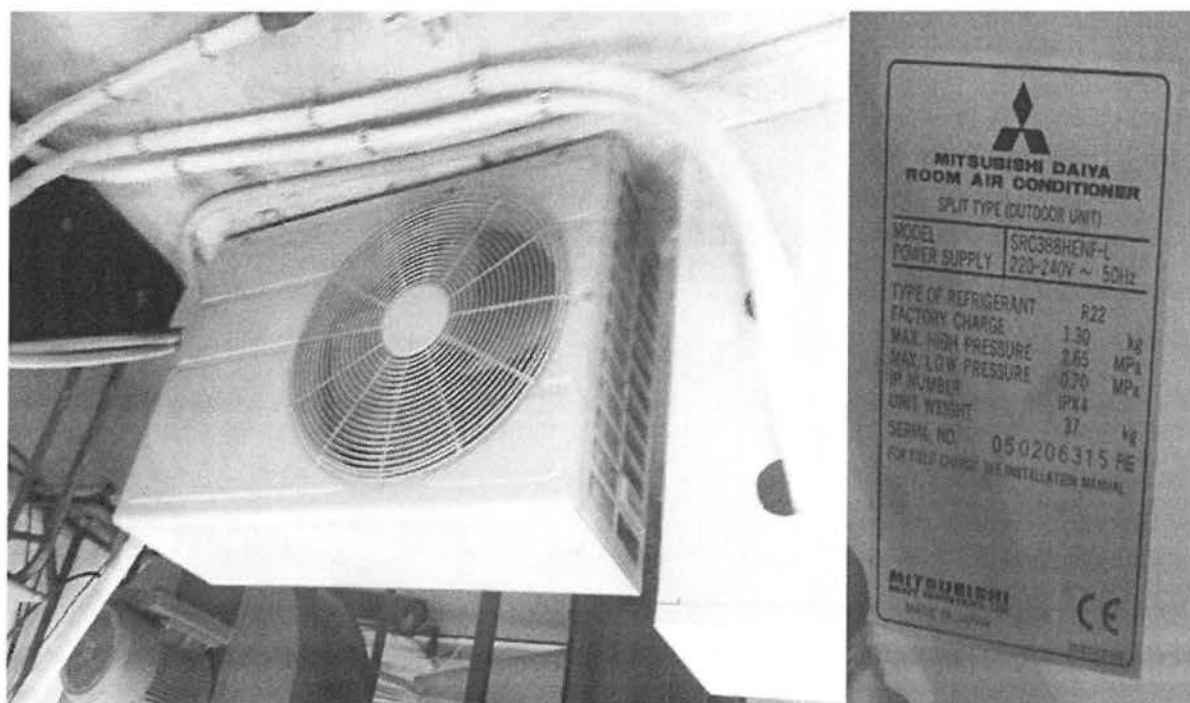
Σχήμα 3.1 Πειραματική διάταξη

### 3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για την παραγωγή θερμού νερού χρησιμοποιείται αντλία θερμότητας. Η αντλία θερμότητας προσάγει το θερμό νερό, μέσω εναλλάκτη ψυκτικού μέσου – νερού, στη θερμοδοχείο. Το θερμοδοχείο είναι επίσης συνδεδεμένο με ηλιακό συλλέκτη μέσω εναλλάκτη τύπου μανδύα.

#### 3.2.1 Σύστημα αντλίας θερμότητας

Για αντλία θερμότητας χρησιμοποιήθηκε μια εξωτερική μονάδα απο κλιματιστικό Mitsubishi με ισχύ 3,2KW ψύξης και 3,9KW θέρμανσης και έχει τοποθετηθεί όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.2 Αντλία θερμότητας και τεχνικά χαρακτηριστικά

### 3.2.2 Θερμοδοχείο

Το θερμοδοχείο (boiler) είναι τριπλής ενεργείας και διπλού τοιχώματος της Calpac Vacuum, Type CALPAC 125, και έχει τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τάση	230 Volt
Ισχύς	3500 Watt
Χωρητικότητα	125 lit
Ονομαστική Πίεση	1 MPa (10bar)
Προστασία	IP24
Έτος κατασκευής	2012
Αρ. Παραγωγής	1209581

Επιπλέον ενσωματώθηκε εναλλάκτης (σερπαντίνα Χαλκού) για την προσαγωγή της θερμότητας από το ψυκτικό μέσο στο νερό του θερμοδοχείου. Με δεδομένο ότι το θερμοδοχείο χρησιμοποιείται σε ηλιακό σύστημα τριπλής ενεργείας, εκεί που υπήρχε η αντίσταση του καταργήθηκε και αντικαταστήθηκε με σερπαντίνα χαλκού ψύξης. Ο χαλκός ψυκτικού αντέχει περισσότερο τις πιέσεις του φρέον από τον χαλκό νερού). Έτσι λοιπόν κατασκευαστηκε η σερπαντίνα χαλκού η οποία τοποθετηθηκε μέσα στο μπόιλερ στην θέση της αντίστασης για να περνάει το φρέον να ζεσταίνει το νερό, ακριβώς τον ίδιο ρόλο που είχε και προηγουμένως η αντίσταση με διαφορετικό τρόπο.

Στο θερμοδοχείο είναι εγκατεστημένο ασφαλιστικό πίεσης λειτουργίας 10 bar για την προστασία από υπερθέρμανση.

### **3.2.3 Επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης**

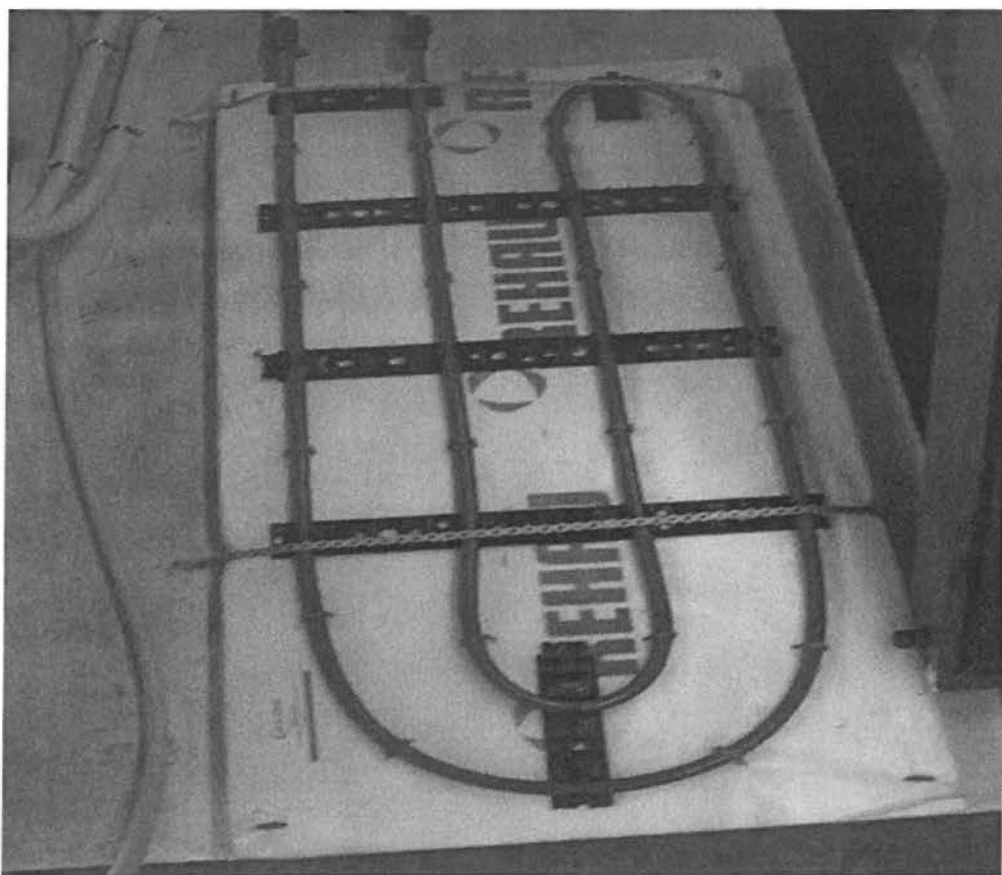
Στο θερμοδοχείο συνδέθηκε, με τρόπο που να διασφαλίζει θερμοσιφωνική λειτουργία, και επιλεκτικός ηλιακός συλλέκτης διαστάσεων 1m x 2m (2 m<sup>2</sup>). Στο κύκλωμα του ηλιακού έχει τοποθετηθεί γλυκερίνη προκειμένου προστατευθεί το υδραυλικό κύκλωμα από χαμηλές θερμοκρασίες.

Έχει τοποθετηθεί επίσης ασφαλιστικό προστασίας υπερθέρμανσης.

### **3.3 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΟΥ**

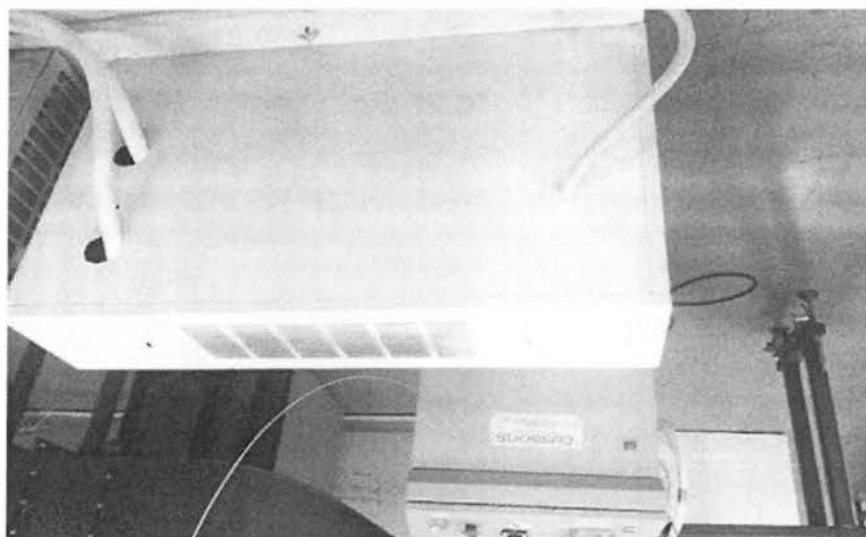
Στην πειραματική διάταξη χρησιμοποιήθηκαν για την προσαγωγή της θερμότητας από το θερμοδοχείο προς το χώρο ενδοδαπέδια διάταξη και σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Fan Coil).

Η ενδοδαπέδια διάταξη (σχήμα 3.3) είναι ένα “demo” ενός προϊόντος της REHAU. Συγκεκριμένα πρόκειται για την σειρά RAUTHERM S, διατομής 17x2,0, class 4-5 bar, όπου το υλικό κατασκευής της σωλήνας είναι το υπεροξειδικά δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (PE-Xa), σύμφωνα με το πρότυπο DIN 16892 και αδιαπέραστο από οξυγόνο σύμφωνα με το DIN 4726.



Σχήμα 3.3: Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης

Η μοναδα θέρμανσης εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (FCU) είναι τοποθετημένη όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4., της εταιρίας Fyrogenis, type FV200/1/V με αριθμό κατασκευής 12052 - 16/12/1975



Σχήμα 3.4 Fun Coil Fyrogenis FV200

### 3.4.ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το κύκλωμα έχει συνδεθεί με τέτοιο τρόπο ώστε τόσο το ενδοδαπέδιο κύκλωμα όσο και το FCU να δέχονται ζεστό νερό από το θερμοδοχείο.

Για την κυκλοφορία του νερού στις θερμαντικές συσκευές της διάταξης έχει συνδεθεί ένας κυκλοφορητής στην επιστροφή του δικτύου (σχήμα 3.5), όπου ακολουθεί βάννα για να υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής του κυκλοφορητή χωρίς να αδειάσει το δίκτυο (αυτό επιτυγχάνεται κλείνοντας την βάννα αυτήν και τα δύο κολλεκτέρ.)

Μετά την βάννα ακολουθεί όργανο για να μπορεί να μετρηθεί η πίεση. Το δίκτυο είναι πρεσαρισμένο στα 2 bar. Τα κολλεκτέρ του δικτύου είναι δύο (2), μία γραμμή για την ενδοδαπέδια και μία για το FCU.

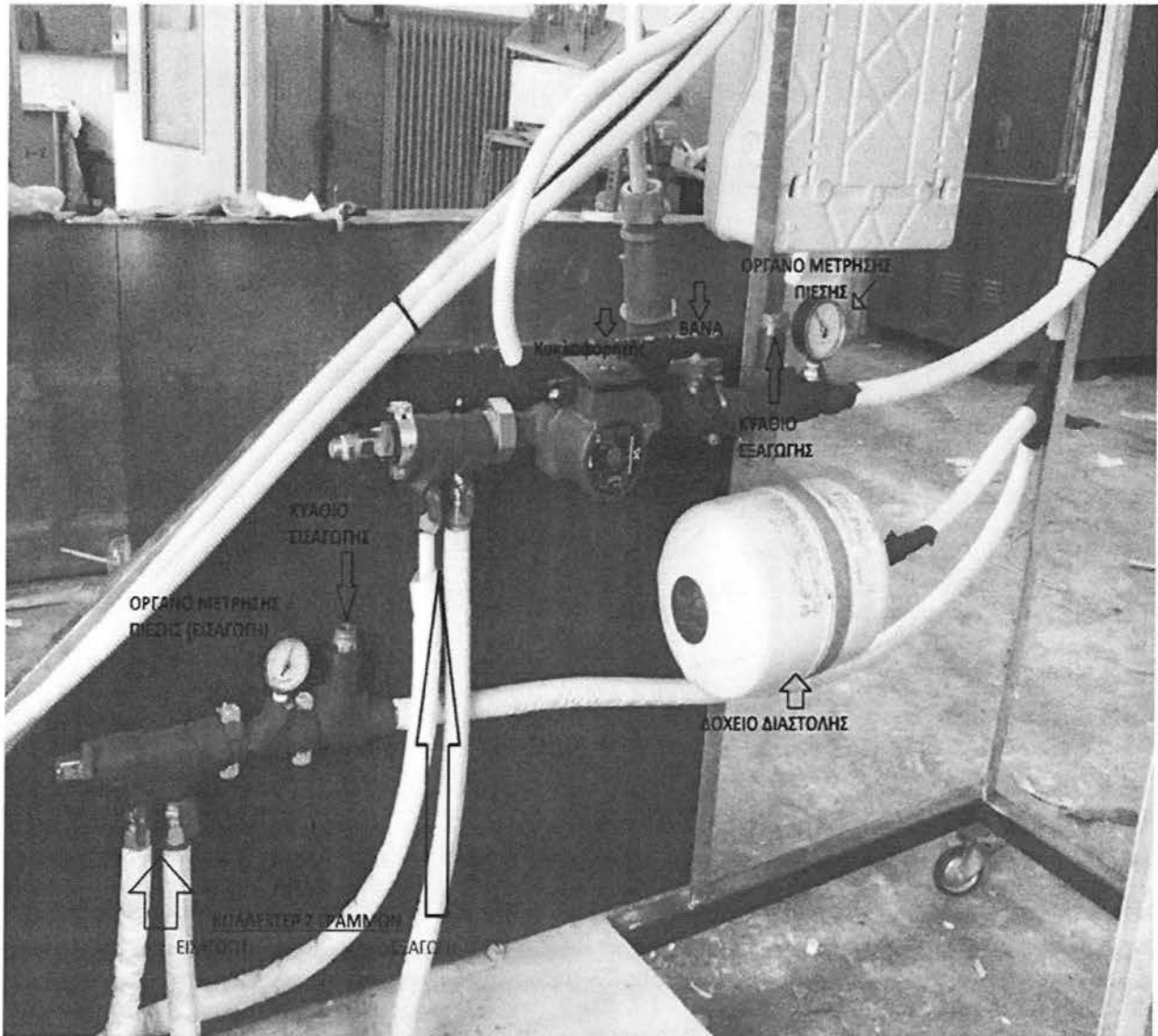
Έχουν τοποθετηθεί θερμοθήκες (κυάθια) με σπείρωμα R 1/2" για αισθητήρια θερμοκρασίας στην εισαγωγή και την εξαγωγή του νερού. Στόχος να υπάρχει η δυνατότητα να μετρηθούν οι θερμοκρασίες κατά την λειτουργία του κυκλώματος, και να μπορεί να υπολογισθεί βάσει αυτών η κατανάλωση τόσο στην ενδοδαπέδια όσο και στο FCU.

Έχει τοποθετηθεί επίσης και ένα πιεστικό δοχείο διαστολής χωρίς ανταλλακτική μεμβράνη BUTIL της Elbi 8Lt, διαστάσεων 300mm(υψος)\*205mm (διάμετρος).

Το δοχείο διαστολής χρησιμεύει προκειμένου να διατηρείται σταθερή η πίεση νερού μέσα στην εγκατάσταση και να αποθηκεύει την επιπλέον ποσότητα του νερού κατά την διαστολή, δεδομένου ότι κάθε υλικό, υγρό, στερεό ή αέριο, όταν ζεσταίνεται διαστέλλεται (δηλαδή μεγαλώνει ο όγκος του) και όταν κρυώνει συστέλλεται. Έτσι σε εγκαταστάσεις κεντρικής θέρμανσης ή ψύξης με νερό, έχουμε μια συνεχή διαστολή και συστολή του νερού, λόγω της θέρμανσης ή ψύξης αυτού.

Ο επιπλέον όγκος νερού κατά την διαστολή, αν δεν αποθηκευθεί κάπου, τότε θα επιφέρει αύξηση της πίεσης του νερού μέσα στην εγκατάσταση σε υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να έχουμε διάφορες βλάβες, λόγω της πίεσης αυτής.

Επιπλέον έχουν τοποθετηθεί στο υψηλότερο σημείο όπως προβλέπεται αυτόματο ασφαλιστικό 3 bar, διαμέτρου 1/2" in. και αυτόματο εξαεριστικό.

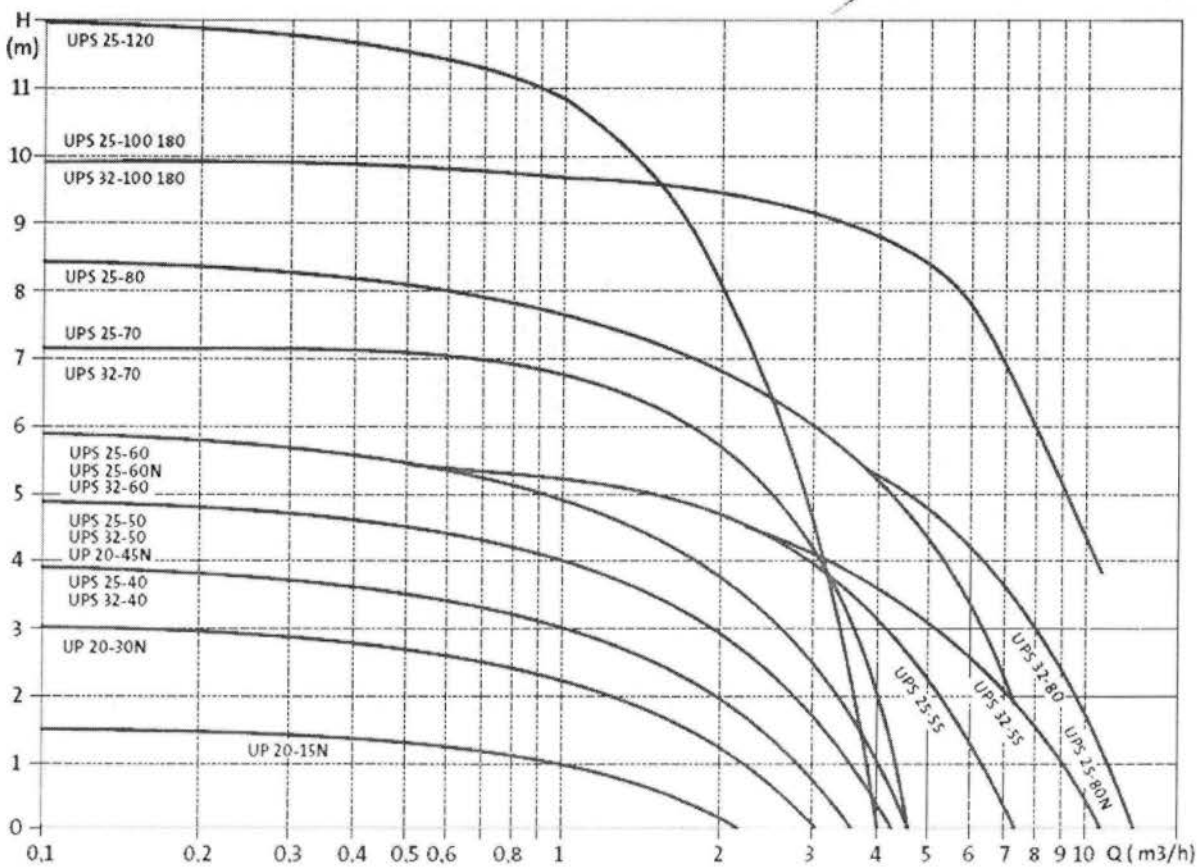


Σχήμα 3.5. Υδραυλικό δίκτυο



### Τεχνικά Στοιχεία Κυκλοφορητή:

Κατασκευάστρια εταιρία Grundfos, μονοβάθμιος κυκλοφορητής σειράς UPS με ρακόρ RP1 (ενίοτε με φλάντζα), μήκους 180μμ, μέγιστης ισχύος 50-45-35W, πιέσεως 10 bar, με ασύγχρονο μονοφασικό υδρολίπαντο ηλεκτροκινητήρα, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης άνω της κλάσης C, χαμηλού επιπέδου θορύβου. Φέρει πτερωτή από συνθετικό υλικό 30 % περιεκτικότητας σε ίνες γυαλιού, για μεγάλη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, άξονα από κεραμικό υλικό για την αποφυγή επικαθίσεων, διαβρώσεων και ηλεκτρόλυσης, καθώς επίσης και μονοκόμματο (μη συγκολλητό - μη πρεσσαριστό) ανοξείδωτο χιτώνιο στάτη.



Σχήμα 3.6. Χαρακτηριστική καμπύλη κυκλοφορητή

### 3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

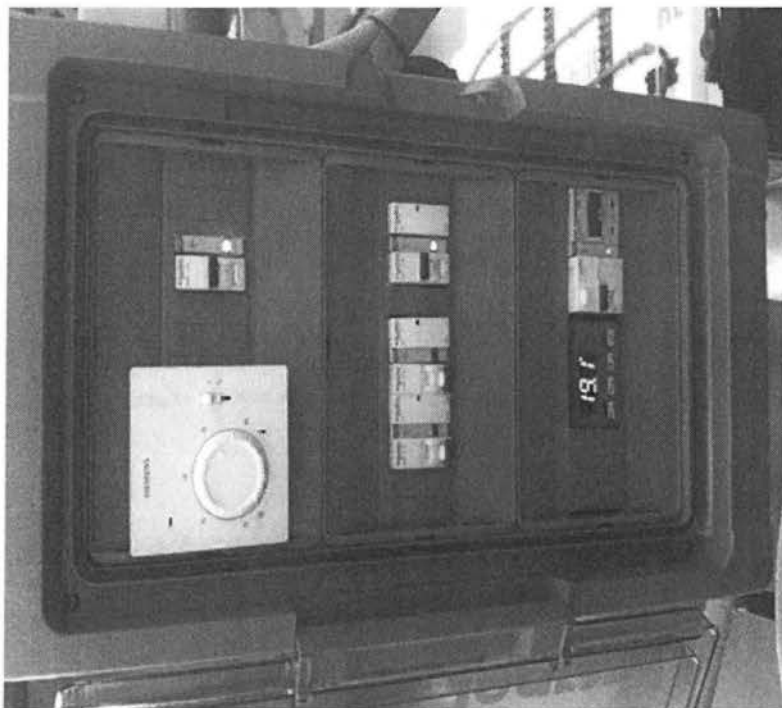
Τα όργανα του ηλεκτρολογικού πίνακα (Σχήμα 3.7) είναι:

- Κεντρική ασφάλεια διακόπτη δύο (2) επαφών (κόβει φάση – ουδέτερο) της Hager
- Scneider 10A με ενδεικτικό λαμπάκι της ABB για τον κυκλοφορητή και το FCU και με ρελέ διαφυγής 40A της Scneider
- Scneider 16A ασφάλεια μαζί με ενδεικτικό λαμπάκι της ABB και 25A ρελέ φορτίου για την αντλία θερμότητας
- Scneider 10A με ενδεικτικό λαμπάκι της ABB για τον θερμοστάτη
- Ένας θερμοστάτης ράγας (σχήμα 3.8) LAE AC1-27 Ψύξης/Θέρμανσης με θερμοστοιχείο (PTC/NTC) και 1 έξοδο Ρελέ 240V -50 έως +150C°. Έξοδος Ρελέ 12A
- Θερμοστάτης χώρου Siemens RAA31.16 με ποτενσιόμετρο ρύθμισης επιθυμητής θερμοκρασίας και διακόπτη on-off και ενδεικτική λυχνία (σχήμα 3.8)

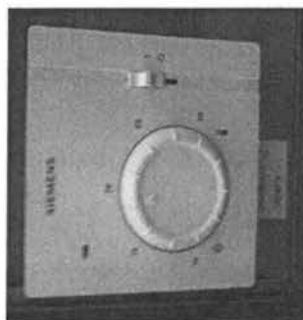
Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Ηλεκτρολογικού πίνακα (σχήμα 3.7) είναι Plexo3 στεγανός πίνακας της Legrand με βαθμό προστασίας IP 65 και μηχανική αντοχή IK 09 Κατηγορία IIx

Έχουν συνδεθεί στο κύκλωμα επίσης, μία μπουτονιέρα για επείγουσα απενεργοποίηση που «κόβει» όλα τα βοηθητικά των ρελέ σε περίπτωση που συμβεί οτιδήποτε, καθώς και βιομηχανική πρίζα στην παροχή (σχήμα 3.9).

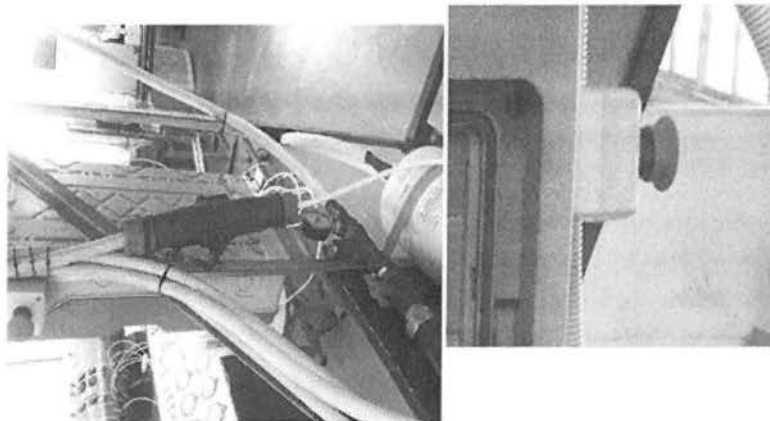
Ο θερμοστάτης μετράει την θερμοκρασία από αισθητήριο που βρίσκεται μέσα στο θερμοδοχείο (boiler) με σκοπό να διακόπτει τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας όταν η θερμοκρασία του νερού είναι στην επιθυμητή τιμή και να την επαναθέτει σε λειτουργία όταν η πτώση της θερμοκρασίας του νερού φθάσει το χαμηλότερο όριο που έχει τεθεί.



Σχήμα 3.7 Ηλεκτρολογικός πίνακας Legrand



Σχήμα 3.8. Θερμοστάτης ράγας LAE AC1-27 και χώρου Siemens RAA31.16



Σχήμα 3.9 προληπτική ασφάλεια με βιομηχανική πρίζα και μπουτονιέρα επείγουσα απενεργοποίησης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως τονίστηκε και στο κυρίως κείμενο της εργασίας, ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στην ανάπτυξη του συστήματος. Στο πλαίσιο αυτό το σύστημα τέθηκε σε δοκιμαστική λειτουργία ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα των υποσυστημάτων να ανταποκριθούν σε διαφορετικά σενάρια λειτουργίας, σχετικά με τη θέρμανση νερού χρήσης και χώρων.

Οι δοκιμές περιελάμβαναν τόσο τα υποσυστήματα της αντλίας θερμότητας ή της ηλιακής θερμικής πηγής, καθώς και αυτά της μεταφοράς θερμότητας στο δοχείο θερμότητας, καθώς και στον προς θέρμανση χώρο. Η δοκιμαστική λειτουργία περιελάμβανε και τα συστήματα ελέγχου.

Η διάταξη μπορεί να αξιοποιηθεί για την πειραματική μελέτη της δυνατότητας των τεχνολογιών αντλιών θερμότητας ή ηλιακών θερμικών τεχνολογιών να παρέχουν αποδοτικά θέρμανση νερού χρήσης ή/και χώρων. Παράλληλα, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εξετάσει την καταλληλότητα διαφορετικών τεχνολογιών μεταφοράς θερμότητας, όπως το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan coil).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ***ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ***

#### *Βιβλία:*

Βραχόπουλος, Μ. (2004) Αναλυτική Προσέγγιση Κεντρικών Θερμάνσεων, Αθήνα: Σταμούλης

Χαρώνης, Π. (2003) Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων, Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική

Καλδέλλης, Ι. (2001) Εργαστηριακές Εφαρμογές Ηπίων Μορφών ενέργειας, Αθήνα: Σταμούλης

#### *Ιστοσελίδες:*

- [www.econews.gr](http://www.econews.gr) - Αντλίες Θερμότητας
- [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org) - Ηλιακοί θέρμοσιφωνες
- [el.wikipedia.org](http://el.wikipedia.org) - Ηλιακοί θέρμοσιφωνες και Πάνελ
- [www.ktizontastomellon.gr](http://www.ktizontastomellon.gr) Ηλιακοί Συλλέκτες
- [www.mcit.gov.cy](http://www.mcit.gov.cy) Ιδρυμα Ενέργειας Κύπρου Περι ηλιακής Ενέργειας και Ηλιακών συλλεκτών
- [thermansipress.gr](http://thermansipress.gr) - Λειτουργία ενδοδαπέδιου συστήματος
- [www.ti-soft.com](http://www.ti-soft.com) - Πλεονεκτήματα Ενδοδαπέδιου Συστήματος
- [xn--mxahhbvhzt.com](http://xn--mxahhbvhzt.com) - Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα Ενδοδαπέδιου Συστηματος
- <http://www.cres.gr/kape> - Αντλίες, Ηλιακή Ενέργεια, Ηλιακοί Συλλέκτες, Συστήματα Κλιματισμού