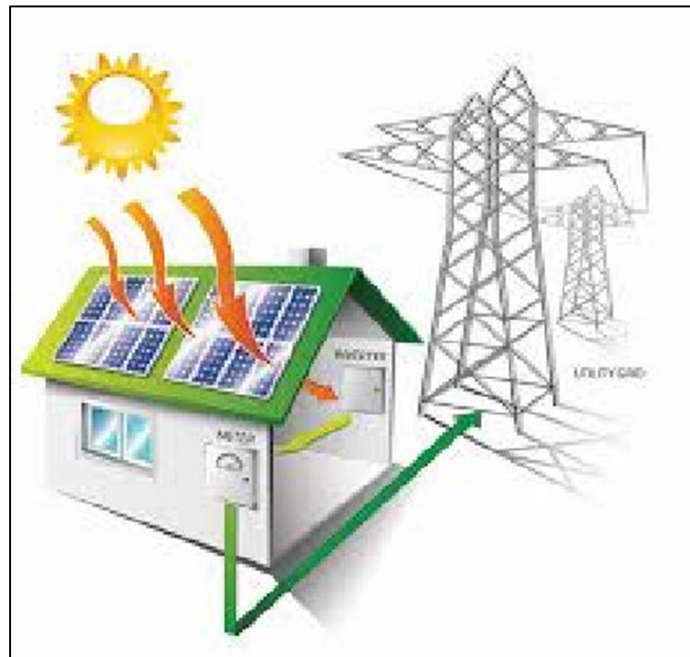


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΝΤΑΛΤΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ (Α.Μ. 6764)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Πάτρα 2022

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Η εν λόγω εργασία αποτελεί μείζονος σημασίας για την σημερινή πραγματικότητα, καθώς η ενεργειακή αυτονόμηση κτιρίων βρίσκει όλο και περισσότερη αναγνωσιμότητα και αποδοχή από τους καταναλωτές παρέχοντας ταυτόχρονα οικονομική ευρωστία στους πολίτες αλλά και σεβασμό στο περιβάλλον.

Στην παρούσα εργασία σημαντικός ήταν ο ρόλος που διαδραμάτισε ο επιβλέπων καθηγητής μου κ.Καλογήρου Ιωάννη, τον οποίο και ευχαριστώ θερμά για την άψογη συνεργασία, τον προσανατολισμό, την καθοδήγηση και την εμπύχωση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της.

Ιδιαίτερα σημαντική ήταν και η παρουσία της οικογένειας μου στην ενδυνάμωση και ψυχολογική υποστήριξη όλο αυτό το διάστημα.

**Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω

επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής  
(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο η ενδοδαπέδια θέρμανση / ψύξη, καθώς και η αντίστοιχη επιτοίχια. Πρόκειται για κατασκευές μηχανολογικού χαρακτήρα, στις οποίες σημαντική θέση έχει και η ειδικότητα του πολιτικού μηχανικού ώστε να ανταποκριθεί με τα πλέον καταλληλότερα υλικά. Η ασφαλής συμπεριφορά και η ευκολία κατασκευής έχουν οδηγήσει στην αυξανόμενη χρήση αυτού του τύπου θέρμανσης.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η πλήρης ανάπτυξη και περιγραφή της μελέτης περίπτωσης εφαρμογής ενός συνδυασμού ενδοδαπέδιας και επιτοίχιας θέρμανσης με υποβοήθηση από φωτοβολταϊκό σύστημα.

Η εργασία αποτελείται από οκτώ (8) συνολικά κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο, πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή και καταγραφή της πορείας εξέλιξης της θέρμανσης, των τεχνικών εγκατάστασης της στο χρόνο, οι διάφοροι τύποι θέρμανσης που υφίστανται καθώς και το θερμικό καθεστώς γύρω από αυτήν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση της αρχής λειτουργίας επί της οποίας στηρίζεται το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Ακόμη, αναφέρονται οι θερμοκρασίες, κανονικές και οριακές στις οποίες λειτουργεί ένα τέτοιο σύστημα, τα στάδια εγκατάστασης της αλλά και τρόποι αποφυγής προβλημάτων που επιφέρει η υγρασία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, δίνονται ο ορισμός των Fan Coil, τα είδη που υπάρχουν, η αρχή λειτουργίας τους αλλά και τα πλεονεκτήματά τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τόσο η αρχή λειτουργίας της επιτοίχιας θέρμανσης, όσο και η διαδικασία εγκατάστασης.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναφέρεται η αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας, δίνονται οι υποκατηγορίες τους και παρατίθεται ο ορισμός του συντελεστή απόδοσης.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται περιγραφή των ηλιακών συστημάτων όπως αυτά κυκλοφορούν στη σημερινή αγορά ως τρόπος υποβοήθησης στην αξιοποίηση της ενέργειας για παραγωγή θερμού νερού.

Στο έβδομο κεφάλαιο, δίνονται σημαντικές πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας ενός φ/β συστήματος.

Στο όγδοο κεφάλαιο, γίνεται η εφαρμογή όλων των παραπάνω σε ένα διαμέρισμα.

Στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο, διεξάγονται ορισμένα συμπεράσματα τα οποία και σχολιάζονται.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
1. Προορισμός της Θέρμανσης - Ιστορική Αναδρομή και Τεχνική .....	1
2. Είδη Θέρμανσης.....	2
1 Τρόπος Λειτουργίας Θέρμανσης Δαπέδου.....	3
1.1 Αρχή Λειτουργίας του Ενδοδαπέδιου Συστήματος .....	3
1.2 Επιφανειακές Θερμοκρασίες .....	3
1.3 Λειτουργία και Χρήση .....	3
1.4 Στάδια Εγκατάστασης.....	4
1.5 Σωληνώσεις Κυκλώματος.....	7
1.6 Υγρασία και Ενδοδαπέδια Θέρμανση.....	8
1.7 Πλεονεκτήματα Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης .....	8
2 Ψύξη με Fan Coil.....	11
2.1 Ορισμός.....	11
2.2 Πλεονεκτήματα των Fan Coil.....	11
2.3 Τύποι Fan Coil.....	11
2.4 Αρχή Λειτουργίας.....	12
2.5 Έλεγχος Θέρμανσης - Ψύξης .....	13
2.6 Έλεγχος Ταχύτητας ανεμιστήρα .....	14
2.7 Τεχνική KNX για την εγκατάσταση ενός Fan Coil συστήματος .....	15
2.8 Πλεονεκτήματα της Τεχνικής KNX .....	16
3 Επιτοίχια Θέρμανση .....	19
3.1 Γενικά .....	19
3.2 Στάδια Εγκατάστασης.....	19
4 Αντλίες Θερμότητας.....	21
4.1 Αρχή Λειτουργίας Αντλίας Θερμότητας.....	21
4.2 Ταξινόμηση Αντλιών Θερμότητας.....	21
4.3 Συντελεστές Απόδοσης .....	22
5 Ηλιακά Συστήματα για παραγωγή θερμού νερού .....	23
5.1 Δεξαμενή Αποθήκευσης .....	23

5.2	Ηλιακός Συλλέκτης .....	24
6	Φωτοβολταϊκά Συστήματα .....	29
6.1	Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	30
6.2	I – V Χαρακτηριστική Φωτοβολταϊκού Στοιχείου.....	32
6.3	Χωρητικότητα Μπαταρίας.....	33
6.4	Τάση Μπαταρίας .....	33
6.5	Στάθμη φόρτισης .....	33
6.6	Στάθμη φόρτισης .....	33
7	Μελέτη Περίπτωσης .....	35
7.1	Υπολογισμός Απωλειών Θερμότητας Διαμερίσματος.....	36
7.2	Βασικές Παράμετροι Ενδοδαπέδιας Θέρμανσης .....	36
7.3	Εναλλάκτης Θερμότητας Εδάφους Αντλίας Θερμότητας .....	39
7.4	Σχεδιασμός του Ηλιακού Συστήματος.....	41
7.4.1	Ηλιακός Συλλέκτης κενού EMELCATSOL.....	47
7.4.2	Δεξαμενή αποθήκευσης EMELCATSOL .....	49
7.5	Σχεδιασμός του Φ/Β Συστήματος .....	50
7.5.1	Ηλεκτρική Ενέργεια Κατανάλωσης Κατοικίας.....	50
	Συμπεράσματα .....	59
	Βιβλιογραφία.....	61



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ

Ήδη από την αρχαιότητα, ο άνθρωπος βρίσκεται σε μία διαρκή προσπάθεια προστασίας του είδους του απέναντι στις ακραίες θερμοκρασίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο άνθρωπος των σπηλαίων ο οποίος κατέφευγε σε λύσεις όπως η ένδυση με δέρματα ζώων, αλλά και η χρήση των σπηλαίων ως κατοικία. Η ανάγκη για έρευνα αποτελεσματικότερων μεθόδων διατήρησης ήπιων θερμοκρασιών, ήρθε με την εγκατάσταση του ανθρώπου σε οικιακούς χώρους με τη μορφή που είχαν κατά περιόδους έως και σήμερα.

Η ακρίβεια του όρου θέρμανση, αφορά στη ρύθμιση της απαγωγής της θερμότητας από τον ανθρώπινο παράγοντα κατά τη διάρκεια των ψυχρών περιόδων, δημιουργώντας μία ισορροπία μεταξύ παραγωγής – απαγωγής της θερμότητας, δίνοντας του το αίσθημα άνεσης και ευεξίας στο χώρο του.

Ωστόσο είναι πολλοί οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η ευεξία. Τέτοιοι είναι:

- ο τρόπος ένδυσης,
- η χωρική θερμοκρασία,
- η μέση θερμοκρασία των τοίχων,
- η υγρασία του αέρα,
- η ταχύτητα του αέρα και
- η καθαρότητά του.

Από τους παραπάνω, μόνο η μέση θερμοκρασία των τοιχωμάτων του περιβάλλοντος χώρου και του αέρα έχει επιτευχθεί να επηρεαστούν από τα συστήματα θέρμανσης, ενώ αποτελούν και τη λεγόμενη «αισθητή θερμοκρασία».

Ως προς την ιστορία της, η τοπική θέρμανση ξεκινά με την αξιοποίηση της ανοιχτής εστίας με ξύλο. Λόγω ωστόσο της αυξημένης παραγωγής σε καπνό, επινοήθηκε ο ξυλάνθρακας, του οποίου η καύση γίνεται σε επίπεδες πλάκες και δεν παράγεται καπνός.

Ακολούθησε η κλειστή εστία φωτιάς (θερμάστρα), με τα καυσαέρια να απομακρύνονται διαμέσου της καπνοδόχου. Κατασκευασμένη από πηλό, δεν βρίσκει κάποια εξέλιξη.

Η ιδέα της σιδερένιας θερμάστρας που αναπτύσσεται κατά τον 15<sup>ο</sup> αι., ανοίγει το δρόμο στη δημιουργία των θερμαστρών με χυτές πλάκες, οι οποίες με τη σειρά τους εξελίσσονται στη στρογγυλή θερμάστρα κατά τον 17<sup>ο</sup> αι. και τις σημερινές μορφές της.

Έπονται οι θερμάστρες πετρελαίου και αερίου, αλλά και η ως σήμερα γνωστή κεντρική θέρμανση.



Λόγω της παραγωγής βλαβερών καταλοίπων με αποτέλεσμα την περιβαλλοντική μόλυνση, καθώς επίσης και για λόγους οικονομίας, υπάρχει μία διαρκής αναζήτηση των πλέον ενδεδειγμένων μεθόδων θέρμανσης, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση του πετρελαίου.

## **2. ΕΙΔΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Η θέρμανση εγκαθίσταται προκειμένου να δημιουργηθούν συνθήκες τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η ποιοτική διαμονή, η υγιεινή του χώρου αλλά και η άνεση των ανθρώπων που τον χρησιμοποιούν. Τα κύρια συστήματα θέρμανσης ενός κτιρίου είναι:

1. η ατομική θέρμανση,
2. η τοπική θέρμανση
3. η κεντρική θέρμανση

Κάθε ένα από τα παραπάνω συστήματα, πρέπει να μπορεί να εγγυηθεί για τα εξής:

- Την ασφάλεια, καθώς τα αέρια και τα υγρά εντός των εγκαταστάσεων βρίσκονται σε εξαιρετικά υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες.
- Την καλή λειτουργικότητα, σύμφωνα με τις επιθυμητές συνθήκες από την πλευρά του χρήστη.
- Την αξιοπιστία, η οποία εξασφαλίζει την επάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Την οικονομική λειτουργία.
- Την οικολογική λειτουργία, που αποτελεί σύγχρονη απαίτηση.
- Την απλότητα των μεσαίων και μικρών εγκαταστάσεων καθώς κύριος χειριστής τους είναι ο απλός πολίτης και όχι τεχνικό προσωπικό.

# 1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΔΑΠΕΔΟΥ

## 1.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μέσω των εγκαταστάσεων θέρμανσης επιδιώκεται η διατήρηση της ιδανικής θερμοκρασίας σε εσωτερικούς χώρους που χρησιμοποιούνται από ανθρώπους.

Μεταξύ πολλών διαφορετικών συστημάτων θέρμανσης επιφανειών, διακρίνεται ιδιαίτερα πλέον η ενδοδαπέδια θέρμανση, όπου το θερμαντικό σώμα είναι το ίδιο το πάτωμα. Σε αυτή τη μέθοδο, το πάτωμα θερμαίνεται, με νερό χαμηλής θερμοκρασίας περί των 45 – 50 °C ή με ηλεκτρικές αντιστάσεις.

Το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης έχει ως αρχή λειτουργίας την ικανότητα του το δαπέδου να λειτουργεί ως σώμα θέρμανσης μεγάλης θερμοχωρητικότητας, διαρρέοντας ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Τούτο, γίνεται μέσω της ροής θερμού νερού σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω από το τελικό δάπεδο, διατηρώντας θερμοκρασία δαπέδου περί των 25 – 28 °C και θερμοκρασία σε ύψος 1,6 m περί των 18 °C.

Μεταξύ των δύο συστημάτων, μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκει η θέρμανση δαπέδου με θερμό νερό, ενώ στην Ελλάδα έχει επικρατήσει εξ ολοκλήρου.

## 1.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Στο ενδοδαπέδιο σύστημα εφαρμόζονται επιφανειακές θερμοκρασίες 40 °C πάνω από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο σε χώρους που χρησιμοποιούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα από τους ανθρώπους, η επιφανειακή θερμοκρασία δεν θα πρέπει να ξεπερνά τους 25 °C, ενώ για χώρους στους οποίους υπάρχει μεν κυκλοφορία αλλά όχι μόνιμη παραμονή ανθρώπων, η επιφανειακή θερμοκρασία πρέπει να είναι 26 °C. Στις περιμετρικές ζώνες με ενδεδειγμένα τελειώματα πατώματος, τα ως άνω όρια δύναται να ξεπεραστούν, όχι όμως πάνω από την τιμή των 29 °C, τιμή που ισχύει για όλες τις περιπτώσεις.

## 1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ

Πηγή που συνήθως είναι μία αντλία θερμότητας ή ένας λέβητας θερμαίνεται νερό σε ενδεδειγμένη θερμοκρασία το οποίο θα διαρρεύσει εντός των σωλήνων του δαπέδου υποβοηθούμενο από κάποιον κυκλοφορητή, θερμαίνοντας το θερμομπετόν, στο οποίο και συσσωρεύεται η θερμότητα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πατώματος και κατ' επέκταση του χώρου.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως πλήρες σύστημα θέρμανσης, είτε συνδυαστικά με άλλα θερμαντικά συστήματα. Συνήθεις εφαρμογές της είναι σε:

- Υπόγειες κατασκευές, κυρίως σε γέφυρες, γήπεδα αεροδιαδρόμους, χώρους στάθμευσης.
- Υπέργειες κατασκευές, κυρίως σε ξενοδοχεία, σχολεία, βιομηχανικούς χώρους και κατοικίες.

## 1.4 ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα στάδια εγκατάστασης χωρίζονται σε τρία (3) επιμέρους:

### Προ εγκατάστασης

Στο παρόν στάδιο, γίνεται εκτίμηση κατά τη ρίψη του σκυροδέματος, αναφορικά με την επιλογή της ενδοδαπέδιας. Αυτό συμβαίνει ώστε να τοποθετηθούν στο χρονοδιάγραμμα όλες οι εργασίες που θα εφαρμοστούν. Αυτές είναι:

1. Η ολοκλήρωση των εργασιών εσωτερικού επιχρίσματος, εκεί όπου πρόκειται να εγκατασταθεί η ενδοδαπέδια θέρμανση.
2. Η τοποθέτηση πλαισίων εξωτερικών κουφωμάτων (ή αλλιώς ρίχτια), θα υπολογιστούν για πάχος δαπέδου περί των 10 cm.
3. Η περιμετρική εγκατάσταση των υδραυλικών και ηλεκτρολογικών παροχών.
4. Η τοποθέτηση του δικτύου αποχέτευσης σε θέση που δεν εμποδίζει την εγκατάσταση της ενδοδαπέδιας.



*Εικόνα 1.1: Συλλέκτες Διανομής Χωρίς Μόνωση*

### A. Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης

Στο παρόν στάδιο πραγματοποιείται η κάτωθι αλληλουχία εργασιών:

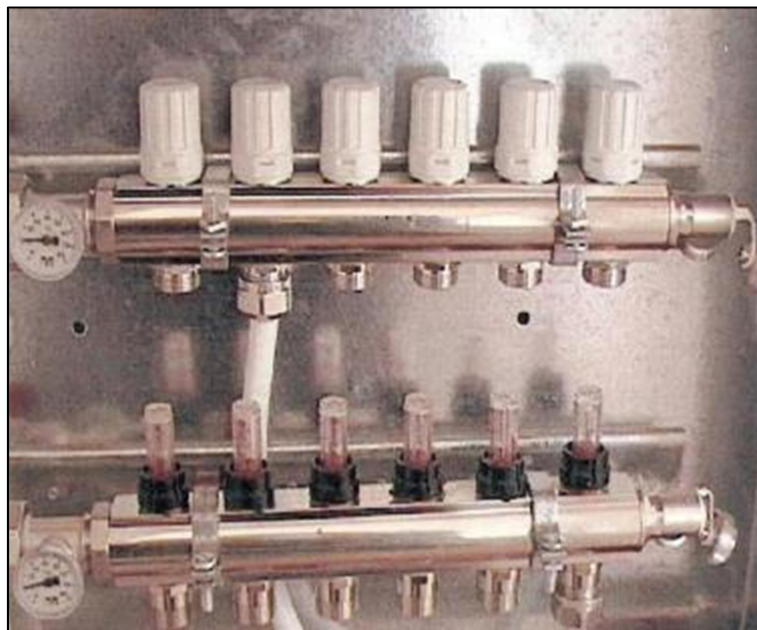
1. Τοποθέτηση του πίνακα διανομής.
2. Τοποθέτηση φύλλου πολυαιθυλενίου.
3. Τοποθέτηση περιμετρικής ταινίας – περιμετρικών αρμών.
4. Διαμόρφωση εσωτερικών αρμών.
5. Τοποθέτηση μορφόπλακας ως στήριγμα του σωλήνα της ενδοδαπέδιας.
6. Σωστή εφαρμογή των αρμών διαστολής.
7. Τοποθέτηση του σωλήνα σε σχήμα κοχλία για βέλτιστη κατανομή της θερμοκρασίας στο δάπεδο.



**Εικόνα 1.2: Συλλέκτες Διανομής Χωρίς Μόνωση**

Πιο αναλυτικά, το στάδιο της κατασκευής, μπορεί να τμηματοποιηθεί σε δύο στάδια:

1. Η τοποθέτηση των συλλεκτών εντός ειδικών εντοιχισμένων μεταλλικών ερμαρίων (βλ. Εικόνα 1.3) σε ύψος μεγαλύτερο των 50 cm.



**Εικόνα 1.3: Συλλέκτες Διανομής Χωρίς Μόνωση**



**Εικόνα 1.4: Συλλέκτες Διανομής Με Μόνωση**

Το σύνηθες εύρος διατομής ενός σωλήνα συλλέκτη κυμαίνεται από 1 ίντσα έως 1¼ ίντσες. Διαθέτει α. αυτόματο εξαερωτή (βλ. Εικόνα 1.5) β. διακόπτες ρύθμισης του κυκλώματος, γ. διακόπτες διακοπής του κυκλώματος, δ. διακόπτες γενικής διακοπής στην τροφοδοσία του νερού στο συλλέκτη.



**Εικόνα 1.5: Αυτόματος Εξαερωτής**

## **B. Μετά την εγκατάσταση**

Στο παρόν στάδιο πραγματοποιείται έλεγχος της εφαρμογής του συστήματος ώστε να εντοπιστούν έγκαιρα πιθανά σφάλματα. Τέτοιες ενέργειες είναι:

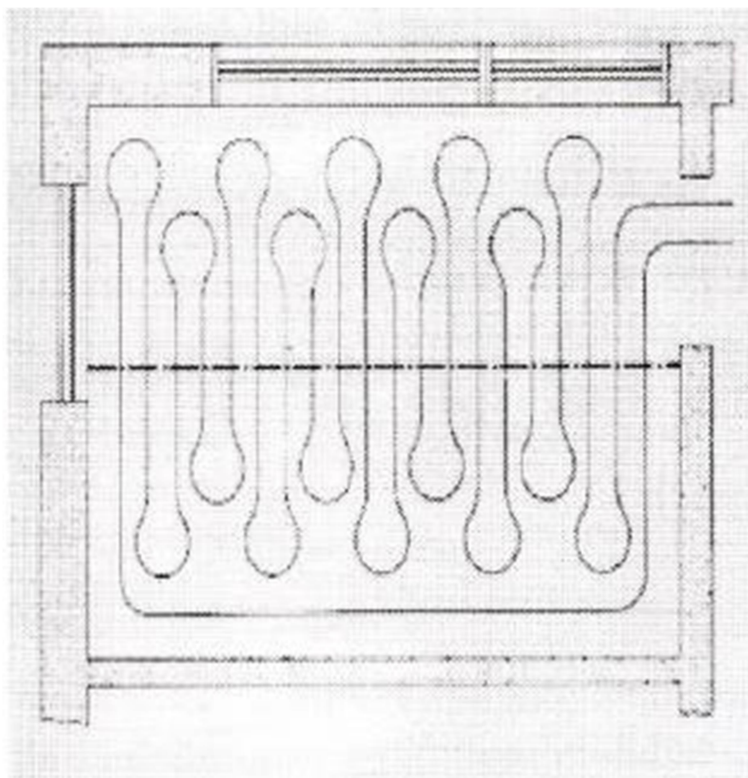
1. Η δοκιμή του δικτύου, προτού αυτό καλυφθεί από θερμοπετόν, με εφαρμογή τριπλάσιας πίεσης από την πίεση λειτουργίας.
2. Η χύτευση του θερμοπετόν, με σύνθεση 70% άμμου, 250 kg νερού, 325kg τσιμέντου, 2.25 kg υπερρυστοποιητή και 900 gr ίνες πολυπροπυλενίου.
3. Η ξήρανση της τσιμεντοκονίας για μείωση της σχετικής υγρασίας.
4. Η δαπεδόστρωση, η οποία έπεται της ξήρανσης.
5. Ρύθμιση της θερμοκρασίας των κυκλωμάτων του συστήματος της εγκατάστασης.

### **1.5 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ**

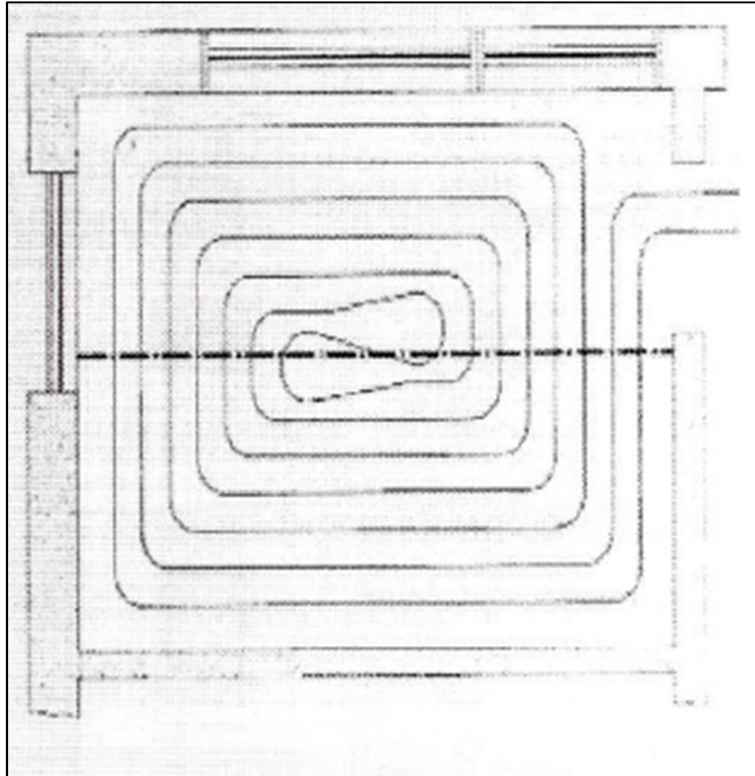
Στην αγορά κυκλοφορούν μία σειρά από διαφορετικές επιλογές σωληνώσεων, κάθε μία εφαρμόζει καλύτερα στις ενεργειακές ανάγκες του κάθε χώρου. Οι πιο συνηθισμένες είναι:

- A. Σωλήνας από χαλκό, διαμέτρου  $\Phi 14 \times 0,8$  και  $\Phi 15 \times 0,8$ .
- B. Σωλήνες από πολυβουτάνιο.
- Γ. Σωλήνες από σταθεροποιημένο πολυπροπυλένιο (PPC)  $\Phi 16 \times 2$ .
- Δ. Σωλήνες από πολυαιθυλένιο (VPE)  $\Phi 17 \times 2$  και  $\Phi 18 \times 2$ .

Γενικά η διάταξη της σωληνώσεως δύναται να έχει είτε τη μορφή δακτυλίου (βλ. Εικόνα 1.6), είτε τη μορφή μαιάνδρου (βλ. Εικόνα 1.7).



**Εικόνα 1.6: Διάταξη σωληνώσεων μορφής μαιάνδρου**



*Εικόνα 1.7: Διάταξη σωληνώσεων μορφής δακτυλίου*

## **1.6 ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ**

Σε περιπτώσεις υπογείων, υγρών επιφανειών αλλά και χώρων όπου τα δάπεδα από σκυρόδεμα εφάπτονται επί του εδάφους, απαιτείται ειδική μέριμνα για τα ζητήματα που μπορεί να επιφέρει η υγρασία.

Η χρήση υλικών κατάλληλων, όπως η πίσσα, η άσφαλτος, τα φύλλα PVC, μίγμα πυριτίου με τσιμέντο, συνθετικές ρητίνες κ.ο.κ. Ο υαλοβάμβακας ή άλλο αντίστοιχο υλικό ενδείκνυται αντί της διογκωμένης πολυστερίνης καθότι το τελευταίο δύναται να επηρεαστεί από τα συστατικά υλικών όπως η πίσσα.

## **1.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Τα πλεονεκτήματα αυτής είναι:

### Ομοιόμορφη κατανομή ζέστης:

Η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελείται από σωλήνες με ζεστό νερό, οι οποίοι απλώνονται σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου. Με τούτο τον τρόπο προκαλείται θέρμανση του δαπέδου η οποία αργότερα θα διαρρεύσει στον χώρο με ροή από τα χαμηλά προς τα υψηλά στρώματα του αέρα. Έτσι το δάπεδο ζεσταίνεται και εκπέμπει θερμότητα ομοιόμορφα στον αέρα από κάτω προς τα πάνω. Με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχουν πιο ψυχρά ή πιο ζεστά σημεία στο δωμάτιο, όπως για παράδειγμα συμβαίνει γύρω από τα καλοριφέρ.

### Χαμηλό λειτουργικό κόστος:

- Ένα ακόμη κινητήριο επιχείρημα ώστε κανείς να εφαρμόσει στο χώρο του την ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί το εξαιρετικά οικονομικά βατό κόστος λειτουργίας της καθώς και περιβαλλοντικοί λόγοι λόγω της ενεργειακής εξοικονόμησης που παρέχει. Τούτο εδράζεται σε τρεις λόγους:
- Παρέχεται αυτόνομη θέρμανση σε κάθε ξεχωριστό χώρο αυτό σημαίνει ότι αν δεν χρησιμοποιούνται όλα τα δωμάτια σε ένα σπίτι για όλο το χρόνο δεν υπάρχει λόγος να σπαταλούνται χρήματα για να ζεσταίνονται.
- Η ενδοδαπέδια θέρμανση έχει καλή απόδοση χωρίς να φτάνει υψηλές θερμοκρασίες λειτουργεί με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία νερού περίπου 30-45 °C αυτό σημαίνει ότι κάνει οικονομία καυσίμου.
- Η ενδοδαπέδια θέρμανση εκτός από πετρέλαιο μπορεί να λειτουργήσει και με φυσικό αέριο ή με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυτές οι πηγές είναι φθηνότερες και δεν εκπέμπουν ρύπους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης να είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

### Χρησιμοποιείται για ψύξη το καλοκαίρι:

Όπως χρησιμοποιείται η ενδοδαπέδια θέρμανση το χειμώνα για θέρμανση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το καλοκαίρι για ψύξη αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω μιας παροχής κρύου νερού ώστε να δροσίσει το χώρο.

### Δεν χρειάζεται περισσότερη προσοχή και συντήρηση :

Ένα από τα προτερήματα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ότι δεν υπάρχουν θέματα συχνής συντήρησης και περισσότερη προσοχή συγκριτικά με άλλα σώματα θέρμανσης. Τα ποσοστά αποτυχίας ενός τέτοιου συστήματος και παρουσίας αστοχίας και μάλιστα μεγάλης είναι σχεδόν μηδαμινά, ωστόσο δεν παύει να χρήζει ετήσιου ελέγχου και τυχόν διόρθωσης τόσο ο λέβητας όσο και ο καυστήρας καθώς το μοναδικό σημείο στο οποίο διαφέρει από ένα κοινό καλοριφέρ είναι πως στο συγκεκριμένο σύστημα, οι σωληνώσεις αντί να καταλήγουν στο κυρίως σώμα του καλοριφέρ, καταλήγουν στο δάπεδο.

### Δεν προκαλεί αποπνικτική ατμόσφαιρα:

Επειδή η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο δωμάτιο είναι σταθερή, η ατμόσφαιρα δεν γίνεται αποπνικτική. Το δάπεδο ακτινοβολεί θερμότητα, αυτό σημαίνει ότι δεν μεταφέρονται μικρόβια και δεν προκαλούνται ρεύματα αέρα.

### Χρειάζεται αρκετή ώρα για να ζεστάνει το δωμάτιο :

Ίσως το πιο σημαντικό μειονέκτημα του συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ότι αποτελεί ένα σύστημα μεγάλης αδράνειας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι είναι αναγκαίο να παρέλθει ένα χρονικό διάστημα μετά από την ενεργοποίηση, με σκοπό να αποδώσει. Χρειάζεται χρόνος όταν αντιληφθεί τις ποικίλες εντολές που μπορούμε να του δώσουμε όπως για παράδειγμα ενεργοποίηση (on) τερματισμός (off) και μεταβολές στη θερμοκρασία.

Με λίγα λόγια χρειάζεται κάποιος χρόνος για να αρχίσει να ζεσταίνει το δωμάτιο για το λόγο αυτό καλό να διακόπτεται κατά τη διάρκεια της ημέρας η λειτουργία θέρμανσης του πατώματος ώστε να είναι κατά το δυνατό πιο αποδοτική. Βέβαια,



όπως σε πολλές άλλες συσκευές έτσι και στην ενδοδαπέδια έχει εφαρμοστεί ο θερμοστάτης ώστε να εξισορροπείται η σχέση μεταξύ απόδοσης και οικονομίας, κάτι που ενδιαφέρει άμεσα τον καταναλωτή.

Επομένως η ενδοδαπέδια θέρμανση δεν είναι συμφέρουσα για εξοχική κατοικία. Είναι λοιπόν πιο συμφέρουσα επιλογή για κάποιον που χρειάζεται θέρμανση στο χώρο του για 6 ώρες ημερησίως.

#### Μεγάλο κόστος εγκατάστασης:

Ακόμη ένα σημαντικό μειονέκτημα του συστήματος είναι το μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης. Το αρχικό κεφάλαιο που καλείται να πληρώσει ο ιδιοκτήτης ενός διαμερίσματος είναι μακράν μεγαλύτερο σε σύγκριση με το καλοριφέρ, ενώ ταυτόχρονα απαιτεί ιδιαίτερα συχνή επιμέλεια / καθαρισμό του συστήματος. Ωστόσο τούτο το σύστημα συνδράμει ώστε ο καταναλωτής να κερδίζει αρκετά από τα χρήματα που θα ξόδευε με τη χρήση ενός άλλου συστήματος θέρμανσης. Η απόσβεση γίνεται σχετικά γρήγορα, ενώ το κόστος λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος των καλοριφέρ. Θα πρέπει τέλος να αναφέρουμε ότι όσο περισσότερες ώρες λειτουργεί ημερησίως η θέρμανση, τόσο γρηγορότερα θα ολοκληρωθεί απόσβεση του αρχικού κόστους.

#### Δεν συμφέρει σε περιοχές με ήπιο κλίμα ή γρήγορες κλιματικές αλλαγές:

Σε μία περιοχή όπου το κλίμα είναι πολύ ήπιο και δεν είναι αναγκαία η συχνή θέρμανση, τότε είναι προτιμότερο για τη θέρμανση του σπιτιού μία θερμάστρα αντί για το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης. Αρχικά η ενδοδαπέδια θέρμανση θέλει αρκετές ώρες για να ζεστάνει το χώρο. Παράλληλα είναι πιο δύσκολο να γίνει γρήγορη απόσβεση των χρημάτων της αρχικής εγκατάστασης αν χρησιμοποιείται λίγες μέρες το χρόνο. Επίσης σε μία περιοχή με έντονες και ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας στην ίδια μέρα το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης δεν είναι το προτιμότερο σύστημα θέρμανσης (δεν συμφέρει). Τούτο συμβαίνει διότι υπάρχει ανάγκη μεγάλου χρονικού διαστήματος ώστε να αποδοθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο σπίτι. Απόρροια αυτού είναι η ζεστή θερμοκρασία του χώρου όταν δεν αυτή δεν είναι απαραίτητη και αντίστροφα.

#### Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση μοκέτας ή χαλιού:

Το τελευταίο μειονέκτημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ότι δεν επιτρέπεται η χρήση χαλιών μοκετών κτλ. Οι μοκέτες και τα χαλιά θα μπλοκάρουν ή θα επιβραδύνουν την ακτινοβολία θερμότητας μέσα στο σπίτι. Άρα θα υπάρχει μείωση της απόδοσης και οι χώροι του σπιτιού δεν θα πιάσουν την επιθυμητή θερμοκρασία.

## 2 ΨΥΞΗ ΜΕ FAN COIL

### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Μονάδα ανεμιστήρα είναι το όνομα που δίνεται σε μια εσωτερική μονάδα θέρμανσης και ψύξης που συνδέεται σε ένα κύκλωμα νερού. Συνδυάζονται τέλεια και λειτουργούν σε αντλίες θερμότητας, είναι κυρίως χαμηλού θορύβου, κομψές και με ελάχιστη κατανάλωση. Μπορούν επίσης να συνδεθούν με γεωθερμικά συστήματα. Μια μονάδα fan coil αποτελείται από έναν εναλλάκτη θερμότητας, έναν ανεμιστήρα και ένα φίλτρο. Το επόμενο κεφάλαιο θα εξηγήσει λεπτομερώς τη λειτουργία μιας μονάδας ανεμιστήρα σε επίπεδο λειτουργίας και περιβάλλον προγραμματισμού.

### 2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ FAN COIL

Τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης μονάδων ανεμιστήρα ή fan coil σε σχέση με άλλους συμβατικούς μηχανισμούς είναι τα εξής: αυξάνουν την εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα, την απόδοση θέρμανσης και ψύξη λόγω του ανεμιστήρα. Μπορούν να χωροθετηθούν σε εμφανείς και κρυφές θέσεις των σπιτιών. Αποτελεί ιδανική λύση για για επαγγελματικούς χώρους.

### 2.3 ΤΥΠΟΙ FAN COIL

Κλιματιστική μονάδα fan coil η οποία μεταδίδει τη θερμότητα στο χώρο μέσω της ακτινοβολίας (Εικόνα 2.1). Αυτό το μηχάνημα χρησιμοποιείται σε ενεργειακά αποδοτικά κτίρια με απλή κατασκευή όπου είναι εύκολη η διατήρηση της θερμοκρασίας. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε μεγαλύτερη οικονομία ενέργειας καθώς η μονάδα fan coil δεν είναι απαραίτητο να λειτουργεί.



*Εικόνα 2.1: Κλιματιστική μονάδα fan coil (μετάδοση θερμότητας μέσω ακτινοβολίας)*

Κλιματιστική μονάδα fan coil η οποία μεταδίδει τη θερμότητα στο χώρο και μέσω της ακτινοβολίας και μέσω του αέρα (Εικόνα 2.2). Κατά τη λειτουργία της μονάδας παράγεται αναγκαστική κυκλοφορία διαμέσου των ανεμιστήρων που είναι εξοπλισμένοι με τη μονάδα θέρμανσης ή ψύξης του σπιτιού, και σύμφωνα πάντα με τις προτιμήσεις του καταναλωτή.



**Εικόνα 2.2:** Κλιματιστική μονάδα fan coil (μετάδοσης θερμότητας μέσω αέρα)

Κλιματιστική μονάδα fan coil η οποία τοποθετείται στην οροφή (Εικόνα 2.3). Αποτελεί μια μονάδα κρυφού τύπου, δηλαδή όχι ιδιαίτερα ευδιάκριτη. Ένα εκ των σπουδαιότερων κατορθωμάτων αυτής της μονάδας είναι πως δεν χρειάζεται να εγκατασταθεί ένα εμφανές split κλιματιστικό το οποίο θα παρεμβαίνει στην καλαισθησία του χώρου.



**Εικόνα 2.3:** Κλιματιστική μονάδα fan coil οροφής

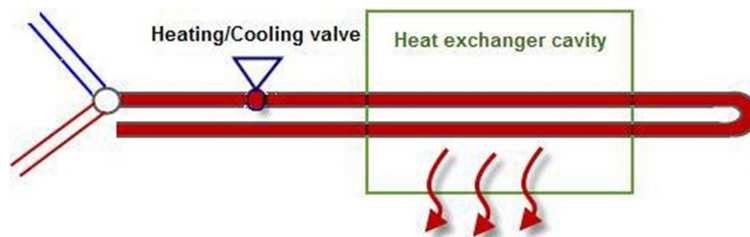
## 2.4 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Μια μονάδα fan coil απαρτίζεται από έναν εναλλάκτη θερμότητας, ένα ανεμιστήρα και ένα φίλτρο. Ο ανεμιστήρας φυσάει στη διεύθυνση της κοιλότητας, μέσω του οποίου υπάρχουν σωλήνες στους οποίους υπάρχει υψηλής θερμοκρασίας υγρό που μεταφέρεται. Στην περίπτωση όπου η θερμοκρασία του υγρού υπερβαίνει τη θερμοκρασία δωματίου, το υγρό θα αυξήσει τη θερμοκρασία του αέρα που κυκλοφορεί, διαφορετικά, εάν η θερμοκρασία είναι μικρότερη, τότε θα προκαλέσει μείωση αυτής. Έτσι, το υγρό στους σωλήνες είτε θα θερμανθεί είτε θα ψυχθεί από μια εξωτερική μονάδα ανάλογα με την επιλογή του καταναλωτή.

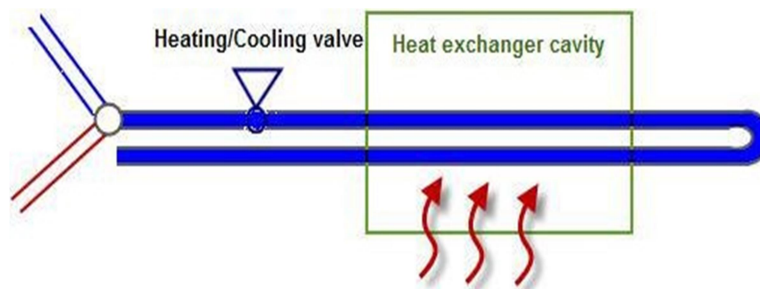
## 2.5 ΈΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ - ΨΥΞΗΣ

Η ροή του υγρού στο εσωτερικό της μονάδας fan coil δύναται να ελέγχεται από μια βαλβίδα. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις fan coil αναλόγως του αριθμού των σωλήνων που διέρχονται από τις οπές του εναλλάκτη θερμότητας:

**Δισωλήνιο fan coil:** Υπάρχει μόνο ένας τρόπος για να εισέλθει το υγρό στην τρύπα. Η διέλευση του υγρού μέσα από τους σωλήνες ελέγχεται από μια μοναδική βαλβίδα. Ανάλογα τη θερμοκρασία του υγρού το fan coil θερμαίνει (Εικόνα 2.4) ή ψύχει (Εικόνα 2.5). Για την εκτέλεση των δύο λειτουργιών με μία και μόνο μονάδα fan coil, απαιτείται ένα εξωτερικό σύστημα που θα επιτρέπει τη σωστή θερμοκρασία υγρού ψύξης ή θέρμανσης.

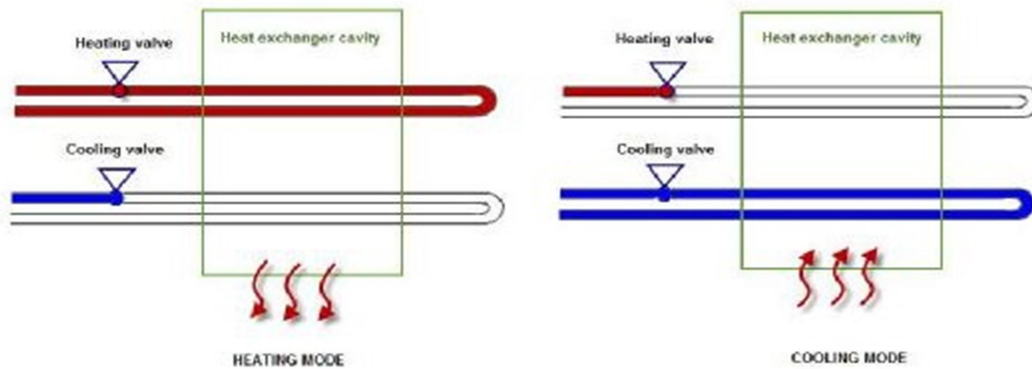


Εικόνα 2.4: Δισωλήνιο fan coil σε κατάσταση θέρμανσης



Εικόνα 2.5: Δισωλήνιο fan coil σε κατάσταση ψύξης

**Τετρασωλήνιο fan coil.** Υπάρχουν δύο κυκλώματα για το ρέον ρευστό, επομένως, οι τέσσερις σωλήνες ελέγχονται από δυο βαλβίδες (Εικόνα 2.6). Η θερμοκρασία του ρευστού που ρέει στον έκαστο βρόγχο θα ποικίλλει. Μ' αυτό τον τρόπο, η βαλβίδα ελέγχει το κύκλωμα με ζεστό υγρό ενεργοποιώντας έτσι το σύστημα θέρμανσης στο χώρο μας, και το ακριβώς αντίθετο για την ψύξη του χώρου.



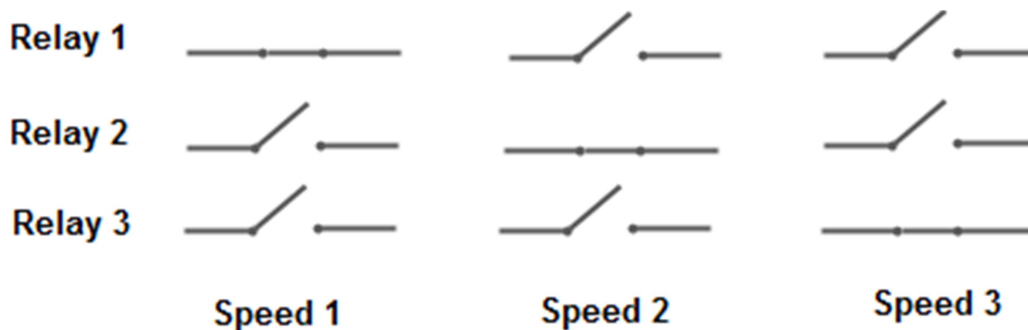
Εικόνα 2.6: Δισωλήνιο fan coil σε κατάσταση ψύξης

## 2.6 ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ

Η ταχύτητα του ανεμιστήρα της μονάδας fan coil μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα με τις ανάγκες. Κάθε ταχύτητα ελέγχεται από ένα ρελέ που ενεργοποιεί την ταχύτητα όταν είναι κλειστό, επομένως είναι απαραίτητο να υπάρχει ο ίδιος αριθμός εξόδων (μια ανά ρελέ) με την ταχύτητα του ανεμιστήρα. Δεδομένου ότι οι περισσότερες μονάδες fan coil επιτρέπουν τρεις διαφορετικές ταχύτητες, τότε αυτές θα ελέγχονται από τρία διαφορετικά ρελέ.

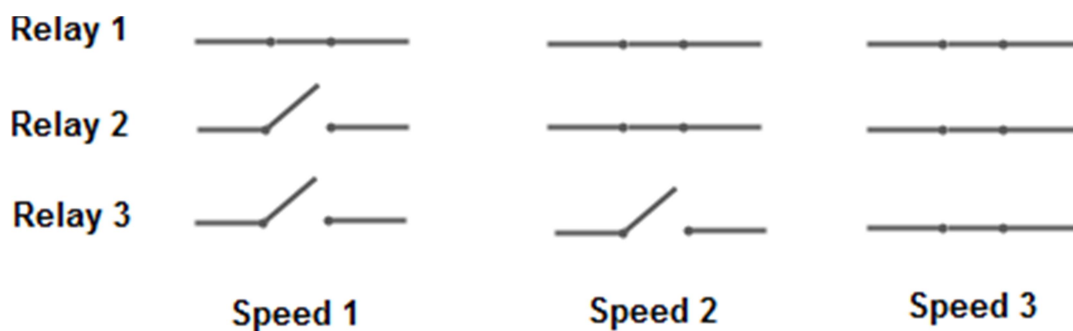
Η ενεργοποίηση των ρελέ μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους:

Αλλαγή: Μόνο ένα ρελέ μπορεί να κλείσει ως απόκριση στην επιθυμητή ταχύτητα του ανεμιστήρα (Εικόνα 2.7).



Εικόνα 2.7: Ενεργοποίηση με αλλαγή, κατάσταση των ηλεκτρονόμων

Συσώρευση: Διαφορετικά ρελέ μπορούν να κλείσουν ταυτόχρονα. Μ' αυτό τον τρόπο οι ηλεκτρονόμοι κλείνουν αθροιστικά όταν η ταχύτητα του ανεμιστήρα αυξάνεται (Εικόνα 2.8).



*Εικόνα 2.8: Ενεργοποίηση με συσσώρευση, κατάσταση των ηλεκτρονόμων*

## 2.7 ΤΕΧΝΙΚΗ KNX ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ FAN COIL ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το KNX είναι το παγκόσμιο πρότυπο για τον έλεγχο του σπιτιού και του κτιρίου που μας επιτρέπει να ελέγχουμε συστήματα φωτισμού, ψύξης, θέρμανσης, ηλεκτρικών ρολών και συστημάτων ασφαλείας. Οι τεχνολογίες που μας επιτρέπει να ελέγχουμε για τον φωτισμό το συγκεκριμένο πρότυπο KNX είναι αρκετές, και χρησιμοποιούν είτε ενσύρματο έλεγχο, είτε τους ίδιους τους αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος για την μετάδοση των σημάτων. Η πιο δημοφιλής τεχνολογία είναι η bus. Το θετικό στοιχείο της bus είναι ότι σε σχέση με τον κλασικό τρόπο μετάδοσης του σήματος το οποίο απαιτεί ξεχωριστή καλωδίωση, στην τεχνολογία bus η σύνδεση όλων των επιμέρους εξαρτημάτων που αποτελούν την εγκατάσταση γίνεται μέσω ενός ζεύγους αγωγών. Πολλοί κατασκευαστές KNX προσφέρουν προσαρμογείς για σύνδεση σε άλλα δίκτυα, δηλαδή σε διαφορετικά συστήματα αυτοματισμού κτιρίων, τηλεφωνικά δίκτυα, δίκτυα πολυμέσων, δίκτυα IP κτλ. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του KNX είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας ενός δωματίου μέσω μάζας αέρα (fan coils). Ένα σύστημα σώματος εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan-coils) είναι ένα σύστημα εσωτερικής μονάδας μέσω του οποίου η θέρμανση ή η ψύξη μεταδίδεται στο χώρο τροφοδοτώντας με νερό σε κατάλληλη θερμοκρασία. Μια μονάδα fan coil αποτελείται από τον εναλλάκτη θερμότητας, έναν ανεμιστήρα και ένα φίλτρο. Το επόμενο κεφάλαιο θα εξηγήσει λεπτομερώς την λειτουργία των (fan-coils) σε λειτουργικό επίπεδο καθώς επίσης και σε επίπεδο προγραμματισμού.

Το βασικό πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής κρύβεται στην αρχιτεκτονική η οποία βασίζεται σε Ευρωπαϊκές προδιαγραφές και δημιουργεί ένα “ανοικτό σύστημα”. Επομένως εξοπλισμός και αξεσουάρ από διαφορετικές εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ίδια εγκατάσταση εφόσον έχουν την ίδια τεχνολογία, δηλαδή την τεχνολογία KNX, δίνοντας εγγύηση για τη συνεργασία τους. Επίσης πρόσθετο θετικό στοιχείο είναι ο τρόπος προγραμματισμού των συσκευών καθολικά για όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία μέσω του μοναδικού λογισμικού ETS. Στην Εικόνα 2.9 βλέπουμε το logo του KNX και κάποιες από τις εφαρμογές που μας παρέχει.



**Εικόνα 2.9: KNX: Λογότυπο & Δυνατότητες**

## 2.8 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ KNX

Τα πλεονεκτήματα που παρέχει η τεχνική αυτή ως πελάτες και ως μηχανικοί χωρίζονται σε τεχνικά και λειτουργικά στοιχεία. Τα κύρια τεχνικά πλεονεκτήματα είναι: Η τεχνολογία KNX είναι ένα διεθνές πρότυπο επομένως, γίνεται αυτόματα μελλοντική εγγύηση.

**ISO / IEC** Ενέκρινε την τεχνολογία KNX ως Διεθνές Πρότυπο ISO / IEC 14543-3 το 2006.

**CENELEC** Ενέκρινε την τεχνολογία KNX ως Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 50090 το 2003.

**CEN** Ενέκρινε την τεχνολογία KNX ως EN 13321-1 (ως απλή παραπομπή EN 50090) και EN 1332-2 ( KNXnet / IP ) το 2006.

**SAC** Ενέκρινε την τεχνολογία KNX ως Κινέζικο Πρότυπο GB / T 20965 το 2007.

**ANSI / ASHRAE** Ενέκρινε την τεχνολογία KNX ως Αμερικάνικο ( US )

Πρότυπο ANSI / ASHRAE 135 το 2005.

Εγγυάται ότι τα διάφορα προϊόντα τα όποια προέρχονται από διάφορους κατασκευαστές χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της διαδικασίας της πιστοποίησης.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε τύπο κτιρίου το οποίο με παλαιές ή νέες εγκαταστάσεις δημιουργώντας αλλά και προβλέποντας μελλοντικές ανάγκες. Είναι σε θέση να ικανοποιήσει όλες τις λειτουργίες ενός κτιριακού οικιακού ελέγχου. Το KNX τίθεται σε λειτουργία με 2 διαφορετικούς τρόπους, μέσω της απλής εγκατάστασης (E-mode) όπου το σύστημα μπορεί να εγκατασταθεί χωρίς τη χρήση υπολογιστή (S-mode) όπου η διαμόρφωση της εγκατάστασης πραγματοποιείται μέσω του προγράμματος ETS (Engineering Tool Software). Ορισμένα από τα τεχνικά πλεονεκτήματα που μας παρέχει το πρότυπο KNX είναι η διασύνδεσή του με άλλα δίκτυα, με διάφορα άλλα συστήματα κτιριακού αυτοματισμού, τηλεφωνικά δίκτυα, δίκτυα πολυμέσων και δίκτυα IP. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημά του είναι ότι η υλοποίηση του μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε πλατφόρμα μικροεπεξεργαστή. Υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης σε όλες τις νέες αλλά και σε παλιότερες υπάρχουσες εγκαταστάσεις μέσω των ειδικών εξαρτημάτων που διαθέτει και απαιτούνται στην εκάστοτε περίπτωση. Τα λειτουργικά πλεονεκτήματα

που μας παρέχει το KNX είναι: Η διαμόρφωση της όλης εγκατάστασης στην οποία ο χρήστης δεν είναι αναγκασμένος να προσαρμοστεί στον τρόπο λειτουργίας αλλά αντιθέτως να την διαμορφώσει και να την προσαρμόσει με βάση τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του. Επίσης ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τις συμβατικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι η ευελιξία που μας προσφέρει. Διότι σε μια αλλαγή χρήσης ή συμπεριφοράς οι ενέργειες που θα πρέπει να γίνουν στην συμβατική εγκατάσταση είναι δαπανηρές και χρονοβόρες. Ενώ σε μια εγκατάσταση με την τεχνική KNX όλα αυτά μειώνονται δραματικά με την εφαρμογή προγράμματος. Επιπλέον παρέχει μεγάλη άνεση καθώς σχεδόν όλα υλοποιούνται με την πίεση ενός πλήκτρου. Η εγγυημένη συμβατότητα και η ακολουθία των αυστηρών προδιαγραφών του πρότυπου KNX και των κατασκευαστών σύμφωνα με το ISO9001 παρέχουν στον καταναλωτή μία ήσυχη και άκρως χρηστική λειτουργία. Κοιτάζοντας βαθιά στο μέλλον γίνεται εμφανές πως η τεχνική KNX έχει εγγυημένη διάρκεια.





## 3 ΕΠΙΤΟΙΧΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Είναι σύνηθες η επιτοίχια θέρμανση (Εικόνα 3.2) να συνδυάζεται με την ενδοδαπέδια, ή να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο μέσο θέρμανσης. Συχνά, τοποθετείται σε εξωτερικούς τοίχους, καθώς αυτοί παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες απώλειες. Παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό όφελος σε επίπεδο εγκατάστασης και λειτουργίας έναντι άλλων ειδών ψύξης και θέρμανσης. Προκειμένου να μας δώσει την επιθυμητή στάθμη θερμοκρασίας τούτο το σύστημα, πρέπει να παρέλθει χρονικό διάστημα 8 λεπτών. Στα αρνητικά στοιχεία αυτής της μεθόδου θέρμανσης εντάσσεται η αυξημένη πιθανότητα πρόκλησης βλάβης στους σωλήνες που διατρέχουν τον τοίχο κατά την απόπειρα τοποθέτησης καρφιών κ.ο.κ επί του τοίχου..

### 3.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η αλληλουχία των εργασιών έχει ως εξής:

1. Οι ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις προηγούνται της τοποθέτησης του συστήματος.
2. Τοποθετούνται ράγες με υποδοχές (είτε καρφωτά είτε βιδωτά) για τον σωλήνα επί της τοιχοποιίας.
3. Κατά την τοποθέτηση του σωλήνα πάχους 12 mm ο σωλήνας αυτός εφάπτεται στις ειδικές ράγες .
4. Η τοποθέτηση τους γίνεται χωρίς να ενώνονται σε κάποιο σημείο και το κύκλωμα εκκινεί από και επανέρχεται στον σταθμό διαμονής.
5. Ακριβώς επάνω από τους τοποθετημένους σωλήνες εφαρμόζεται ένα υαλόπλεγμα και διαστρώνεται μία στρώση κοινού σοβά.
6. Η θερμοκρασία προσαγωγής δεν ξεπερνά τους 50°C και η ρύθμιση θερμοκρασίας χώρου γίνεται με θερμοστάτη.
7. Απαιτείται η χρήση ενός ειδικού θερμογραφικού φιλμ πολλαπλών εφαρμογών (Εικόνα 3.1) ) στο οποίο εμφανίζονται οι θέσεις των σωλήνων.
8. Το σύστημα θα τεθεί σε λειτουργία μόνο μετά από το σοβάτισμα.



**Εικόνα 3.1: Ειδικό Θερμογραφικό Φιλμ**



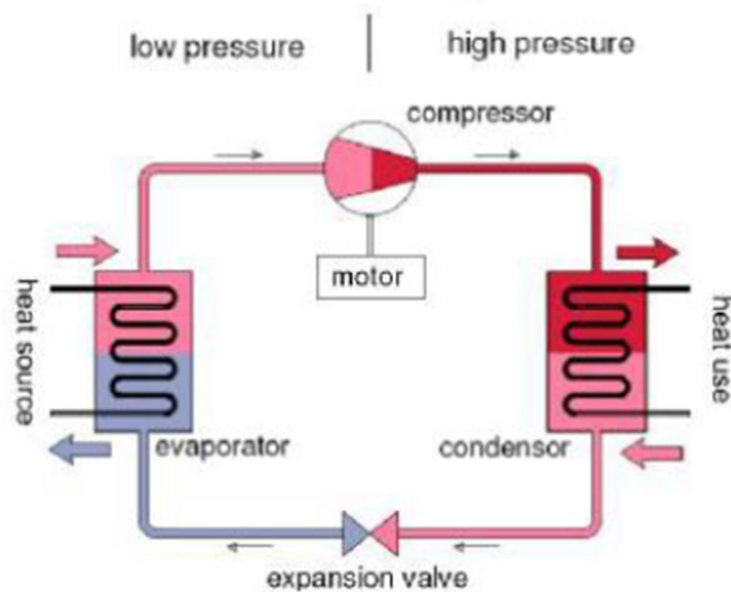
**Εικόνα 3.2: Εγκατεστημένη Επιτοίχια Θέρμανση**

## 4 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

### 4.1 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ως αντλία θερμότητας νοείται το ψυκτικό μηχάνημα διαμέσου του οποίου η χαμηλής θερμοκρασίας θερμότητα, μεταφέρεται σε υψηλής θερμοκρασίας ρευστό με χρήση ενέργειας. Αποτελείται από τα εξής μέρη (βλ. Εικόνα 4.1):

1. Εξατμιστής
2. Συμπιεστής
3. Συμπυκνωτής
4. Βαλβίδα εκτόνωσης



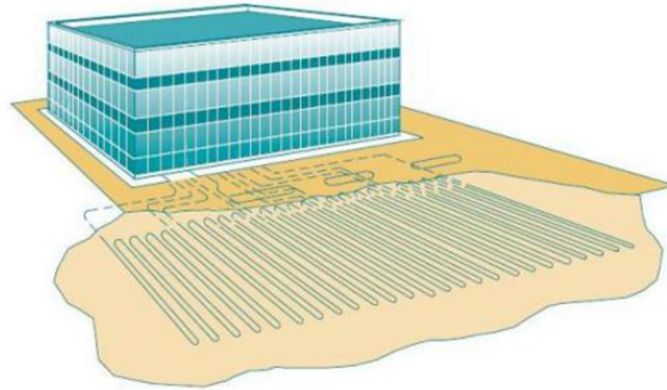
Εικόνα 4.1: Σκαριφηματική επεξήγηση αντλίας θερμότητας. (Πηγή : Google)

### 4.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ο αέρας, το νερό, το έδαφος, αποτελούν πιθανές πηγές χαμηλής θερμοκρασίας, από τις οποίες μία αντλία θερμότητας λαμβάνει θερμότητα. Ο τύπος που θα επιλεγεί συναρτάται του τύπου της πηγής χαμηλής θερμοκρασίας αλλά και αυτόν της πηγής που αξιοποιείται από το σύστημα θέρμανσης. Πιθανοί συνδυασμοί είναι από αέρα σε αέρα, από αέρα σε νερό, από νερό σε αέρα, από νερό σε νερό, από έδαφος σε αέρα και από έδαφος σε νερό.

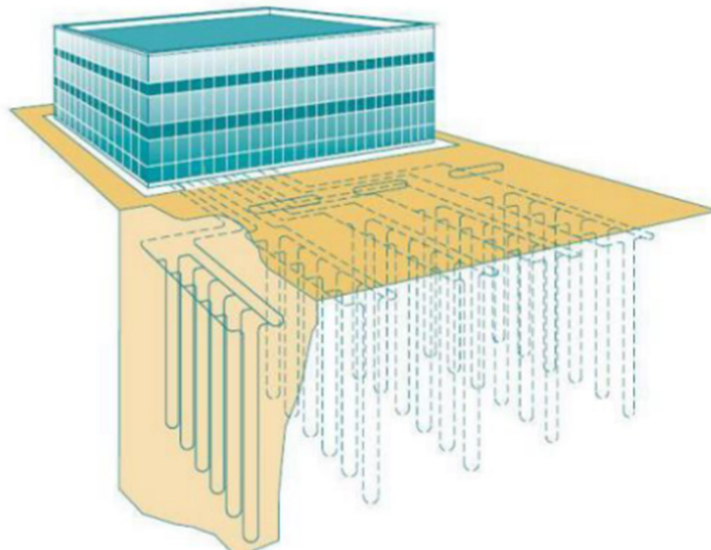
Η κατεύθυνση εναλλαγής της θερμότητας, διαμορφώνει τις κάτωθι υποκατηγορίες:

1. Σύστημα με οριζόντιο δίκτυο



**Εικόνα 4.2: Σκαριφηματική επεξήγηση οριζόντιας διάταξης συστήματος. (Πηγή : Google)**

## 2. Σύστημα με κατακόρυφες γεωτρήσεις



**Εικόνα 4.3: Σκαριφηματική επεξήγηση κατακόρυφης διάταξης συστήματος. (Πηγή : Google)**

### 4.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Η απόδοση και ο συντελεστής μετατροπής COP σχετίζονται άρρηκτα μεταξύ τους. Επί της ουσίας αφορά στο ποσοστό της οφέλιμης θερμότητας προς την ενέργεια που ξοδεύτηκε στον συμπιεστή. Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η τάξη μεγέθους αυτού του συντελεστή, η κατανάλωση 1 kW, απελευθερώνει 3 kW θερμικής ενέργειας.

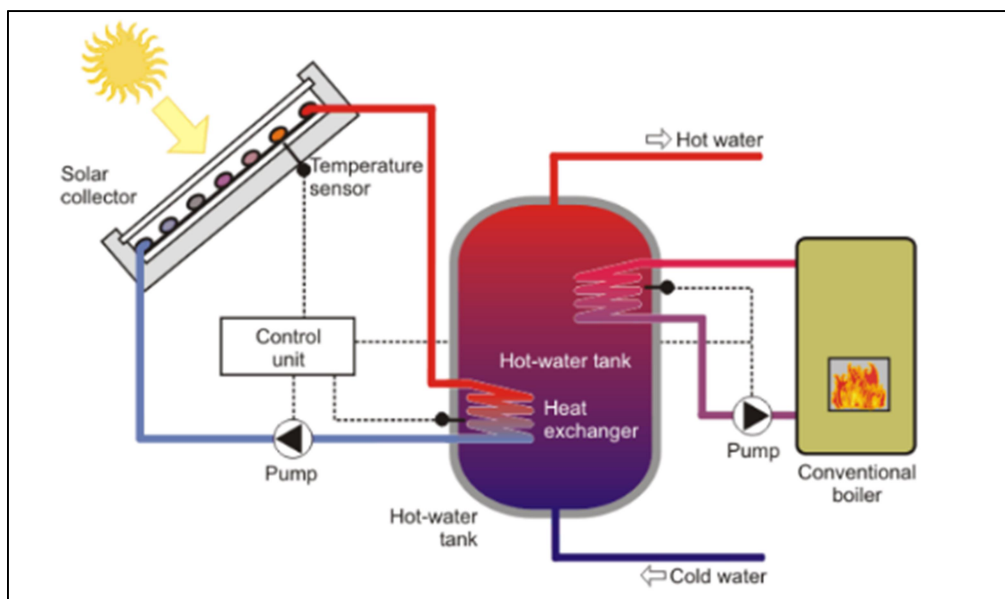
## 5 ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα ηλιακά συστήματα μπορούν να διακριθούν βάσει του τρόπου σύνδεσης της δεξαμενής αποθήκευσης επί του ηλιακού συλλέκτη, ως εξής:

1. Τα ενεργά συστήματα, δηλαδή συστήματα εξαναγκασμένης ροής και
2. Τα παθητικά συστήματα, δηλαδή συστήματα φυσικής ροής

Αναφορικά με τα πρώτα, η δεξαμενή αποθήκευσης συνήθως τοποθετείται κάτω και σε απόσταση από τον ηλιακό συλλέκτη και αποτελείται συνήθως από συστήματα ελέγχου, βαλβίδες και ηλεκτρικές αντλίες προκειμένου να τεθεί σε κυκλοφορία το θερμαινόμενο μέσο. Συχνά τοποθετείται διαφορικός θερμοστάτης προκειμένου να "δώσει αυτός την εντολή εκκίνησης" της ροής του του ρευστού εντός των σωληνώσεων στον κυκλοφορητή, μόνο όταν η θερμοκρασία του νερού στο συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του νερού στο κάτω μέρος της δεξαμενής.

Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιείται περισσότερο σε εγκαταστάσεις όπου η ανάγκες σε νερό είναι μεγαλύτερες, όπως σε ξενοδοχεία, γυμναστήρια κ.ά. Οι απαιτήσεις τους σε συντήρηση είναι εξαιρετικά μικρές, ενώ δύνανται να καλύψουν έως και πλήρως τις ανάγκες σε ζεστό νερό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου σε συνδυασμό με κάποια εφεδρική πηγή ενέργειας.

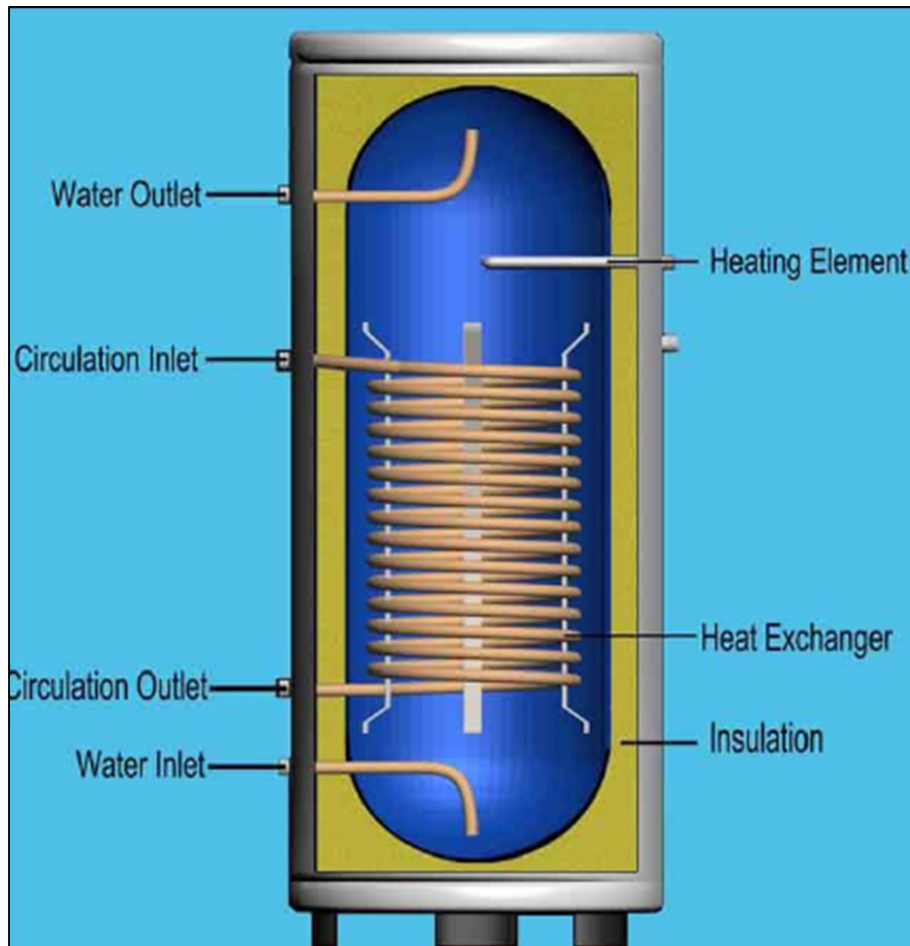


**Εικόνα 5.1:** Ηλιακό σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας με εφεδρικό λέβητα θερμότητας.  
(Πηγή : *Renewable Energy World*)

### 5.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Οι ηλιακοί συλλέκτες των ηλιακών θερμικών συστημάτων συνδέονται με τις δεξαμενές αποθήκευσης στις οποίες και μεταφέρεται η θερμότητα που παράγει μέσω του θερμαντικού μέσου που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις. Οι δεξαμενές συνήθως είναι χαλύβδινες και με εσωτερική επίστρωση προστασίας έναντι της διάβρωσης. Εξωτερικά μονώνονται άρτια, είτε από πολυουρεθάνη είτε από υαλοβάμβακα, με στόχο τις μηδενικές απώλειες.

Ακόμη, ανάλογα με το είδος του ηλιακού συστήματος, υπάρχει και ενσωματωμένη ηλεκτρική αντίσταση. Σε κλειστού βρόγχου συστήματα, τοποθετείται εναλλάκτης για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου. Ακριβότερα συστήματα, αποτελούνται από δεξαμενή διπλών τοιχωμάτων (τύπου μανδύα) στο οποίο η κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου, γίνεται μεταξύ αυτών των δύο τοιχωμάτων, παρέχοντας μεγαλύτερη επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας.



Εικόνα 5.2: Τομή δεξαμενής νερού. (Ανακτήθηκε από: <http://www.solarproductcn.com/5-4-solar-water-tank.html>)

Ο όγκος της δεξαμενής, συναρτάται της επιφάνειας συλλογής που διαθέτει. Οι συνήθεις τιμές χωρητικότητας για ανάγκες οικιακής χρήσης είναι από 150 έως 300 lt.

## 5.2 ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

Το πλέον σημαντικό μέρος ενός ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Δύο είναι οι κύριες κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται οι ηλιακοί συλλέκτες με βάση την θερμοκρασία λειτουργίας τους. Αυτές είναι:

1. Συλλέκτες επίπεδης γεωμετρίας, για περιπτώσεις χαμηλών και μεσαίων θερμοκρασιών. Για θέρμανση ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιούνται μη συγκεντρωτικοί συλλέκτες. Οι διατάξεις αυτές είναι απλές και στηρίζονται στην αρχή του θερμοκηπίου μεταξύ της απορροφητικής πλάκας και τη γυάλινης επιφάνειας. Ειδικότερα, η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στην μαύρη απορροφητική επιφάνεια της πλάκας, προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας της. Η πλάκα με τη σειρά της εκπέμπει θερμική ακτινοβολία, η

οποία ωστόσο παγιδεύεται μεταξύ του αδιαφανούς τζαμιού και της πλάκας, αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συλλέκτη.

2. Ο συνδυασμός τους με επίπεδες και κατοπτρικές διατάξεις, για περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιούνται πολύπλοκες διατάξεις συγκεντρωτικών συστημάτων, προκειμένου να επιτευχθούν υψηλότερες θερμοκρασίες για την παραγωγή θερμού νερού και ηλεκτρικής ενέργειας. Προκειμένου να εξασφαλισθεί η καλύτερη δυνατή απόδοση του ηλιακού συλλέκτη, δίνεται μεγάλη προσοχή στην μεγάλη απορροφητικότητα της πλάκας, ο συντελεστής εκπομπής της πλάκας ώστε να διατηρείται μικρός και η αδιαφάνεια του κρυστάλλου στο μέγιστο.

Οι ηλιακοί συλλέκτες κατηγοριοποιούνται ακόμη στις εξής κατηγορίες ανάλογα με την θερμοκρασία λειτουργίας τους:

1. Μη συγκεντρωτικοί
  - α. Ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα
  - β. Επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες
  - γ. Συλλέκτες κενού
2. Συγκεντρωτικοί
  - α. Ηλιακοί πύργοι
  - β. Ηλιακού δίσκοι
  - γ. Συλλέκτες Φρέσνελ
  - δ. Παραβολικά κοίλα κάτοπτρα

Από τις παραπάνω κατηγορίες θα γίνει εκτενής αναφορά μόνο στους συλλέκτες κενού που θα επιλεγούν για την παρούσα μελέτη.

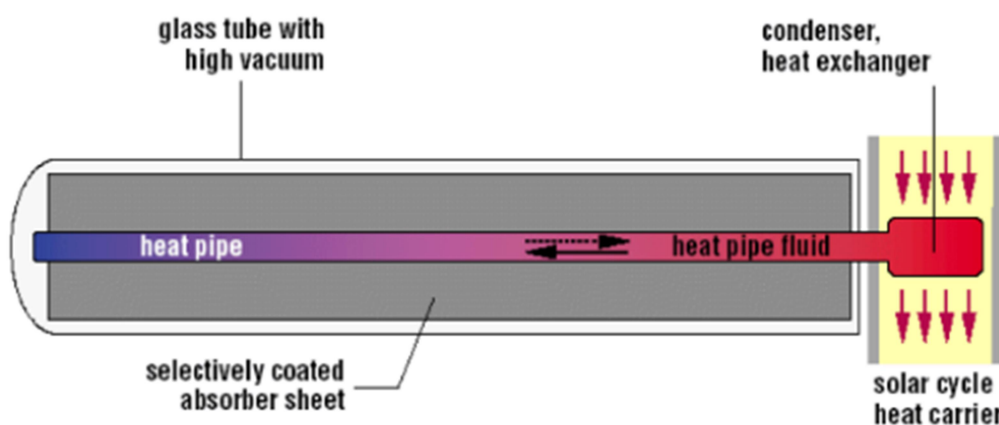
Οι συλλέκτες κενού απαρτίζονται από γυάλινους παράλληλους μεταξύ τους σωλήνες κολλημένους μεταξύ τους ή σε έναν ή δύο κεντρικούς σωλήνες όπου θα γίνει και η ανταλλαγή θερμότητας. Το μερικό κενό των σωλήνων βελτιώνει τη μόνωση και μειώνει τις απώλειες. Ο σωλήνας κατά κύριο λόγο είναι τύπου Dewar, με το θερμαντικό μέσο να ρέει στο εσωτερικό του.



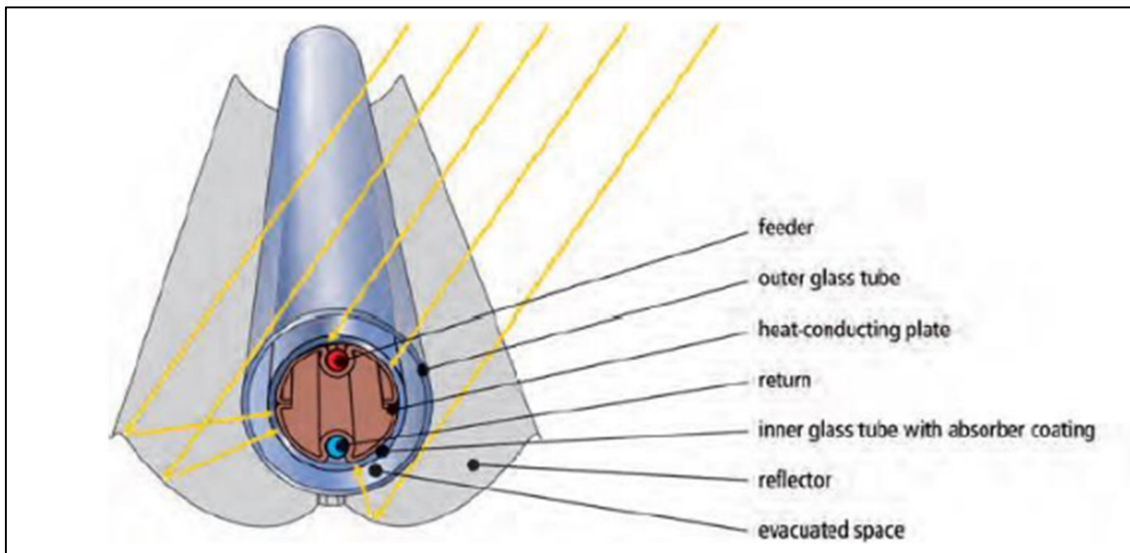
**Εικόνα 5.3: Ηλιακό σύστημα με συλλέκτες κενού.**



Η θερμότητα που συλλέγεται μεταφέρεται μέσω φύλλων αλουμινίου σε χάλκινο σωλήνα ο οποίος περιέχει ανόργανο, μη τοξικό, πτητικό υγρό στο οποίο προκαλείται εξάτμιση στους 25 °C. Όταν εκκινεί η θέρμανση, το υγρό αυτό αλλάζει μορφή και γίνεται υπέρθερμος ατμός, έχει ανοδική πορεία με κατεύθυνση την άνω πλευρά του σωλήνα στο εσωτερικό του εναλλάκτη θερμότητας και θερμαίνει το νερό. Μετά τη μεταφορά θερμότητας από το υγρό, ακολουθεί η συμπύκνωση με καθοδική πορεία προς την κάτω πλευρά του αυλού και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Οι σωληνώσεις εντός των συλλεκτών κενού διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό, αυτούς με την ξηρή και αυτούς με την υγρή σύνδεση. Στους “σε ξηρή σύνδεση”, ο συμπυκνωτής βρίσκεται γύρω από τον συλλέκτη δίνοντας καλή θερμική αγωγιμότητα με έναν εναλλάκτη θερμότητας διπλού σωλήνα. Έτσι επιτρέπεται η αλλαγή πιθανά ελαττωματικού σωλήνα χωρίς να χρειάζεται να αδειάσει πλήρως το κύκλωμα. Στους “σε υγρή σύνδεση”, ο συμπυκνωτής βυθίζεται στο μέσο μεταφοράς θερμότητας. Σε περίπτωση αντικατάστασης σωλήνα, είναι ανάγκη να αδειάσει μερικώς το κύκλωμα. Επίσης, γίνεται άλλη μία διάκριση: (a) σε συλλέκτες κενού απουσία κατοπτρικών διατάξεων και (b) σε συλλέκτες κενού με κατοπτρικές διατάξεις. Στην τελευταία περίπτωση, στο πίσω μέρος από κάθε γυάλινο σωλήνα υπάρχει ένα κάτοπτρο, το οποίο είναι σωστά σχεδιασμένο ώστε όταν πέσουν πάνω του οι ηλιακές ακτίνες να ανακλαστούν και να κατευθυνθούν πάνω στον γυάλινο σωλήνα.

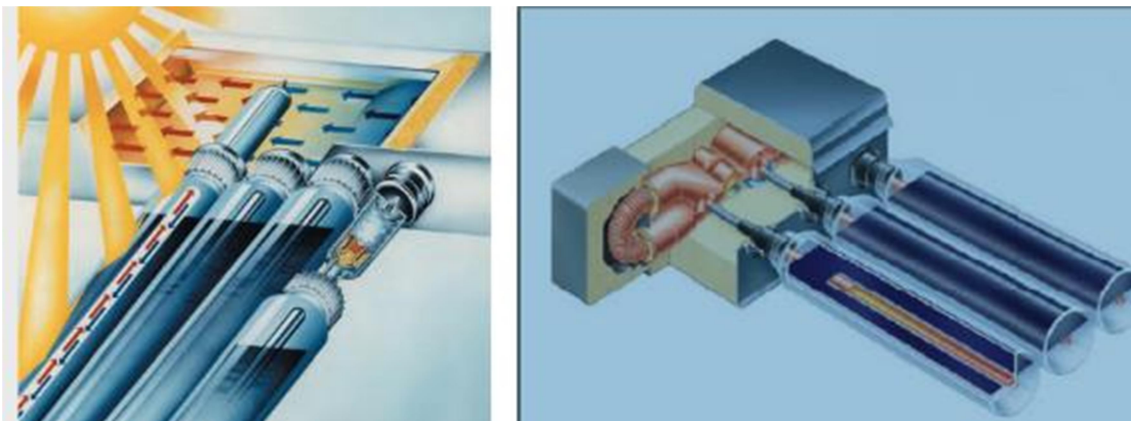


**Εικόνα 5.4: Αρχή λειτουργίας συλλέκτη κενού υγρής φάσης. (Πηγή : Renewable Energy World)**



**Εικόνα 5.5: Απορροφητής σε συλλέκτη κενού κατοπτρικής διάταξης. (Πηγή : Planning & Installing Solar Thermal Systems. James & James, 2010)**

Το πλεονέκτημα των συλλεκτών κενού έναντι των επίπεδων συλλεκτών είναι ότι έχουν ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό απόδοσης και σχεδόν μηδενικές θερμικές απώλειες και αυτό οφείλεται στην επιμελή θερμομόνωση. Επίσης, καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο εκεί όπου θα εγκατασταθούν λόγω της υψηλής απόδοσης. Παρουσιάζουν όμως και αρνητικά στοιχεία όπως το αυξημένο κόστος εγκατάστασης και η ακραία θερμοκρασία λειτουργίας που δημιουργείται, κάτι που τα καθιστά μη ενδεδειγμένα για σπίτια δεδομένου ότι τις θερινές περιόδους η θερμοκρασία στο εσωτερικό τους ξεπερνάει τους 300°C. Έτσι βρίσκουν κυρίως εφαρμογή σε παγωμένα κλίματα και όπου απαιτούνται θερμοκρασίες νερού μεγαλύτερες των 80°C.



**Εικόνα 5.6: Τομή σωλήνα θερμότητας σε συλλέκτη κενού υγρής σύνδεσης (αριστερά), ξηρής σύνδεσης (δεξιά). (Πηγή : Planning & Installing Solar Thermal Systems. James & James, 2010)**

Τα θετικά και αρνητικά στοιχεία ενός ηλιακού συλλέκτη κενού είναι:

#### Πλεονεκτήματα:

- Αποδίδει αποτελεσματικά και σε μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα στον απορροφητή και τον περιβάλλοντα χώρο.
- Συνδυάζει τη χαμηλή ακτινοβολία με την υψηλή απόδοση.

- Είναι αποτελεσματικότεροι έναντι των επίπεδων συλλεκτών.
- Δύναται να παραχθεί ατμός ή κλιματισμός.
- Είναι εύκολη η μεταφορά του και η συναρμολόγησή του.
- Μπορεί να ευθυγραμμιστεί προς τον ήλιο.
- Με οριζόντια έδραση επί οροφής επίπεδης, εξασφαλίζει μικρό φορτίο ανέμου και χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης.

Μειονεκτήματα:

- Είναι μία από τις ακριβότερες λύσεις.
- Δεν εγκαθίσταται σε σκεπές.
- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση σε οριζόντια θέση.

## 6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Μία από τις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας που θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο είναι η ηλιακή ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Σε αντίθεση με τα καύσιμα, η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη οπουδήποτε στον πλανήτη. Δεν έχει κάποια επιρροή από τις αυξανόμενες τιμές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια βρίσκει εφαρμογές με πικοίλους τρόπους: για θέρμανση, φωτισμό και παραγωγή μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 6.1: Εγκατεστημένα φ/β πάνελ για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις ΑΠΕ, τα δυνατά τους σημεία την κάνουν να ξεχωρίζει Ελκυστικό στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που άνοιξε πρόσφατα, ειδικά στο πλαίσιο της προώθησης της «πράσινης» ανάπτυξης σε παγκόσμια κλίμακα.

Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενέργεια.
- Μηδενική ρύπανση και όχι απόβλητα ή άλλα απόβλητα υποπροϊόντα.
- Χαμηλή όχληση.
- Μεγάλη εγγύηση φ/β συστημάτων.
- Ελάχιστες απαιτήσεις επίβλεψης και συντήρησης.
- Αντοχή σε ακραίες καιρικές συνθήκες (ισχυροί άνεμοι, ακραίο χαλάζι).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής ηλιακών κυττάρων (τουλάχιστον 25 χρόνια).
- Σχετικά απλός τρόπος κατασκευής.
- Εύκολη επέκταση υφιστάμενων εγκαταστάσεων
- Δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικό δίκτυο διανομής σε απομακρυσμένες περιοχές (αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα)
- Μεγάλη γκάμα εφαρμογών σε ισχύ. Από λίγα watt έως μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Φρένα για την περαιτέρω ανάπτυξή τους είναι:

- Υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, σχεδόν εξ ολοκλήρου λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων, σε αντίθεση με το κόστος της υπόλοιπης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (ηλεκτρομηχανολογική) που είναι πολύ χαμηλότερο (εξοπλισμός).
- Σε εφαρμογές που απαιτούν αποθηκευμένη ισχύ (αυτόματα φωτοβολταϊκά συστήματα), τα οποία είναι αναποτελεσματικά και περιορισμένα χωρητικότητας, ενώ το κόστος των μπαταριών είναι υψηλό.

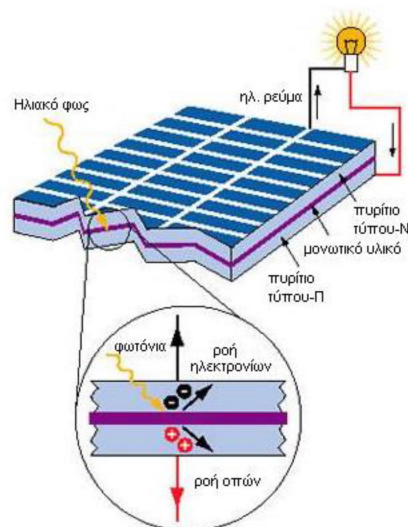
- Λόγω της χαμηλής πυκνότητας ισχύος ηλιακής ακτινοβολίας, χρησιμοποιούνται σχετικά μεγάλες επιφάνειες.
- Η σχέση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις μετεωρολογικές προβλέψεις, οι οποίες αποτελούν αστάθμητη παράμετρο, δίνοντας αποκλειστικά και μόνο εκτιμήσεις.

## 6.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Τα φωτοβολταϊκά φαινόμενα είναι θεμελιώδεις φυσικές διεργασίες μέσω των οποίων τα φωτοβολταϊκά κύτταρα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια.

Αγώγιμα υλικά όπως πυρίτιο, αρσενίδιο του γαλλίου ή δισελενίδιο χαλκός, χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Το στοιχείο κρυσταλλικού πυρίτιου όμως, εξακολουθεί να είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο φωτοβολταϊκό στοιχείο, ειδικά το πυρίτιο (Si) που αποτελεί τη βάση για περίπου το 90% παραγωγής φωτοβολταϊκών, του κόσμου λόγω της υπάρχουσας υποδομής του συγκεκριμένου υλικού τα τελευταία πενήντα χρόνια. Η γνώση πάνω στο πυρίτιο έχει τις ρίζες της στις πολλαπλές εφαρμογές του στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στα φ/β πλαίσια που τροφοδοτούν δορυφόρους και βρήκε μεγάλη υποστήριξη από μεγάλες κυβερνήσεις και βαριές βιομηχανίες. Έτσι δημιουργήθηκε ενδεδειγμένος εξοπλισμός για την επεξεργασία του πυρίτιου με σκοπό απαραίτητη καθαρότητα και κρυσταλλική δομή.

Στον πλανήτη βρίσκεται σε τεράστιες ποσότητες, έτσι σε συνδυασμό με τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά, το πυρίτιο μπορεί να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά για την χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας. Αρνητικό στοιχείο του πυρίτιου είναι ότι θραύεται εύκολα, επομένως πρέπει να σχηματίζονται στοιχεία με μεγάλο πάχος. Πέφτοντας το φως στην επιφάνεια ενός υλικού, ένα μέρος αυτού ανακλάται, ένα άλλο τη διαπερνά, ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από το υλικό. Η απορρόφηση του φωτός, επιφέρει τη μετάλλαξη αυτού σε θερμική μορφή ενέργειας. Πέραν τούτου, υπάρχουν στη φύση υλικά τα οποία επιτρέπουν τη μετατροπή της ενέργειας των φωτονίων, απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.



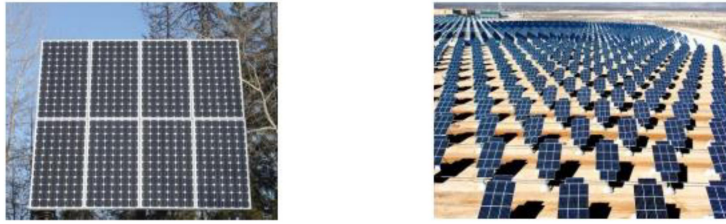
**Εικόνα 6.2:** Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η ηλιακή ενέργεια προσπίπτει στη δίοδο p-n, διαχωρίζει οπές και ηλεκτρόνια δημιουργώντας διαφορά δυναμικού.

Τούτα καλούνται “ημιαγωγοί” και χάρη σε αυτά προέκυψαν τα μεγάλα επιτεύγματα στους κλάδους ηλεκτρονικής, της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελείται από φωτόνια, ή αλλιώς “σύνολα” ηλιακής ενέργειας. Τα φωτόνια έχουν “μέσα τους” διαφορετικά ποσά ενέργειας, που αντιστοιχούν στα διάφορα μήκη κύματος του ηλιακού φάσματος. Είμαστε στην θέση να τα εκμεταλλευτούμε χάρη στη χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο η ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται απευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φ/β κύτταρα αποτελούν τις εισόδους των ημιαγωγικών ενώσεων τύπου p-n που μοιάζουν με επίπεδη πλάκα. Κάθε ένα από τα φωτόνια της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που διαθέτει ενέργεια τουλάχιστον ίση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα χημικό δεσμό και να αποδώσει ένα ηλεκτρόνιο. Κατά τη διάρκεια πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, δημιουργείται απόθεμα ηλεκτρονίων τα οποία κινούνται ελεύθερα και οπών. Τούτοι κυκλοφορούν εντός του στερεού και αν δεν συνδεθούν ξανά με φορείς αρνητικού προσήμου, λαμβάνουν την επίπτωση του ηλεκτροστατικού πεδίου της ένωσης p-n. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια να προσανατολίζονται προς το τμήμα τύπου-n και οι οπές προς το τμήμα τύπου-p, παράγοντας με αυτό τον τρόπο διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο τμημάτων της διόδου. Με την εφαρμογή του σωστού ηλεκτρικού φορτίου στα άκρα, παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα με κατεύθυνση από τη φ/β διάταξη προς το φορτίο (Εικόνα 6.2). Η τελική διάταξη είναι η πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, με διάρκεια όση και αυτή της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του κυττάρου. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο άκρων, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής ή την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται, ένα ηλιακό στοιχείο μπορεί να δώσει συνεχή τάση μέχρι 0,5-1,0 V και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40 mA ανά cm<sup>2</sup> της επιφάνειάς του. Συνηθισμένη τιμή ισχύος κυττάρου είναι έως 3 Watt, άρα είναι απαραίτητη η “εν σειρά” ή η “παράλληλη” διάταξη. Ένα φ/β πλαίσιο, αποτελείται από ένα σύνολο προκαλωδιωμένων ηλιακών κελιών σε σειρά. Ένα τυπικό πλαίσιο αποτελείται από 36 κελιά σε σειρά, με την ονομασία “πλαίσιο των 12 V”. Το κόστος των φ/β ενός πλαισίου είναι ιδιαίτερα αυξημένο σε σχέση με τα ενσωματωμένα ηλιακά στοιχεία. Τυπικές τιμές ισχύος εξόδου για ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο είναι 10-250 Wp.



**Εικόνα 6.3: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο**

Ένα φ/β πανέλο αποτελείται από πολλά φ/β πλαίσια, ενώ πολλά φ/β πανέλα δημιουργούν τη φ/β συστοιχία.

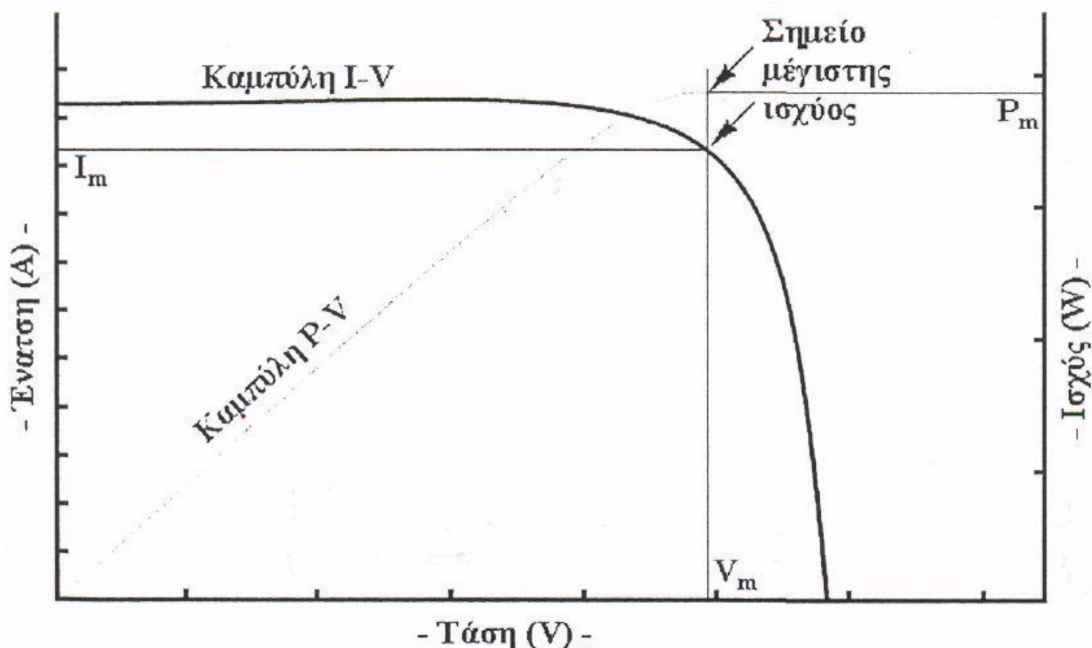


Εικόνα 6.4: Φωτοβολταϊκό πάνελ (αριστερά) και φωτοβολταϊκή συστοιχία (δεξιά).

Χρειάζεται αφθονία ηλιακής ακτινοβολίας προκειμένου να παραχθεί η ισχύς από μία συστοιχία φ/β. Έτσι, επινοήθηκαν οι γνωστοί ως ηλεκτρικοί συσσωρευτές, ώστε να λειτουργήσουν ως αποθήκες αυτής της ενέργειας. Αυτοί είναι υπεύθυνοι για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας όσο υπάρχει ακτινοβολία ώστε αυτή να αξιοποιηθεί κατά τις ώρες ή τα διαστήματα όπου δεν υπάρχει. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται εναλλασσόμενη τάση τροφοδοσίας, συνεπώς πρέπει να υπάρχει και ένας μετατροπέας τάσης από συνεχή σε εναλλασσόμενη που ονομάζεται αντιστροφείας (inverter).

## 6.2 I – V ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Ως πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το φωτοβολταϊκό στοιχείο έχει μία αρκετά ασυνήθιστη συμπεριφορά. Δηλαδή σε αντίθεση με τις περισσότερες κοινές ηλεκτρικές πηγές οι οποίες διατηρούν περίπου σταθερή τάση στην περιοχή κανονικής λειτουργίας, η τάση των φωτοβολταϊκών στοιχείων μεταβάλλεται ριζικά και μη γραμμικά συναρτήσει της έντασης του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα, έστω και αν η ακτινοβολία παραμένει σταθερή. Η γραφική παράσταση μεταξύ του ρεύματος στην έξοδο ( $I$ ) και τάσεως στην έξοδο ( $V$ ) ενός ηλιακού κυττάρου καλείται  $I - V$  χαρακτηριστική και έχει επικρατήσει να παριστάνεται στο πρώτο τεταρτημόριο.



Εικόνα 6.5: Αναπαραγωγή καμπυλών  $P - V$ ,  $I - V$  Φωτοβολταϊκού Στοιχείου για σταθερή θερμοκρασία και ακτινοβολία.

### **6.3 ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ**

Ως χωρητικότητα μπαταρίας νοείται η ποσότητα ελεύθερων ηλεκτρικών φορτίων που δημιουργούνται από το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου και καταναλώνονται από το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου. Η μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας είναι το Coulomb (C). Η ποσότητα ενεργών υλικών στο συσσωρευτή καθώς επίσης και οι συνθήκες εκφόρτισης, το ρεύμα εκφόρτισης η τάση και η θερμοκρασία επηρεάζει αυτό το μέγεθος.

Ανάλογα με το ρυθμό εκφόρτισης αλλάζει η χωρητικότητα της μπαταρίας, ενώ τα μεγέθη ρυθμός εκφόρτισης – χωρητικότητα είναι μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα. Ενδεικτικά να αναφέρουμε πως για τις UPS μπαταρίες αναλογούν σε 8ωρης χωρητικότητας και οι μπαταρίες τηλεπικοινωνιών σε 10ωρης χωρητικότητας.

### **6.4 ΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ**

Μεταξύ των δύο ετερόσημων ηλεκτροδίων δημιουργείται διαφορά δυναμικού χάρη στην παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος . Αυτή μετράται σε Volts και ονομάζεται τάση της μπαταρίας. Για κάθε ένα στοιχείο μολύβδου οξέος αντιστοιχεί τάση 2 V υπό φορτίο, και 1.75 V, εάν είναι πλήρως αφόρτιστο. Η τάση ισορροπίας ενός στοιχείου εξαρτάται από την συγκέντρωση ηλεκτρολύτη και τη θερμοκρασία. Η τάση ανοικτού κυκλώματος (OCV) μπορεί να μετρηθεί εάν κανένα εξωτερικό ρεύμα δε διαρρέει τη μπαταρία. Αυτή ταυτίζεται με την τάση ισορροπίας αν όλες οι εσωτερικές υπερτάσεις έχουν σταθεροποιηθεί. Η διάρκεια επίτευξης αυτού, εξαρτάται από την μπαταρία, τις συνθήκες λειτουργίας και κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι πολλές ώρες. Η τάση ανοικτού κυκλώματος μιας μπαταρίας εξαρτάται από το πρότυπο δυναμικό των χρησιμοποιούμενων ενεργών υλικών και το ποσό του φορτίου που απομένει. Το λίθιο χρησιμοποιείται ευρέως ως άνοδος σε πρωτογενείς και δευτερογενείς μπαταρίες. Η τάση του στοιχείου υπό φορτίο, ή τάση κλειστού κυκλώματος (CCV), εξαρτάται από το ρεύμα, τη στάθμη φόρτισης και το ιστορικό του στοιχείου, όπως τη διάρκεια ζωής του ή το χρόνο αποθήκευσης.

### **6.5 ΣΤΑΘΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

Η κατάσταση φόρτισης ή στάθμη φόρτισης όπως αλλιώς ονομάζεται (state of charge – SOC) μας δίνει την ένδειξη σχετικά με τη χωρητικότητα που μπορεί να αναληφθεί από μια μπαταρία για μια δεδομένη χρονική στιγμή και μεταφράζεται σε μονάδες ποσοστού. Όταν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη τότε η στάθμη παίρνει την τιμή 100%, ενώ όταν η στάθμη φόρτισης είναι στο 0% τότε σημαίνει ότι η ονομαστική χωρητικότητα έχει αδειάσει. Οι σπουδαιότερες παράμετροι λειτουργίας και διαχείρισης της ενέργειας είναι η χωρητικότητα της μπαταρίας και η στάθμη φόρτισης.

### **6.6 ΣΤΑΘΜΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ**

Ο ορισμός του βάθους εκφόρτισης (depth of discharge – DOD) αποτελεί το κλάσμα ή το ποσοστό της χωρητικότητας που έχει αφαιρεθεί από μια ολοκληρωτικά φορτισμένη μπαταρία. Σε αντίθεση δηλαδή με τη στάθμη φόρτισης που είναι το



ποσοστό της χωρητικότητας που υπάρχει ακόμα μέσα στη μπαταρία. Η σχέση αυτή γίνεται πιο κατανοητή με τη χρήση του παρακάτω πίνακα

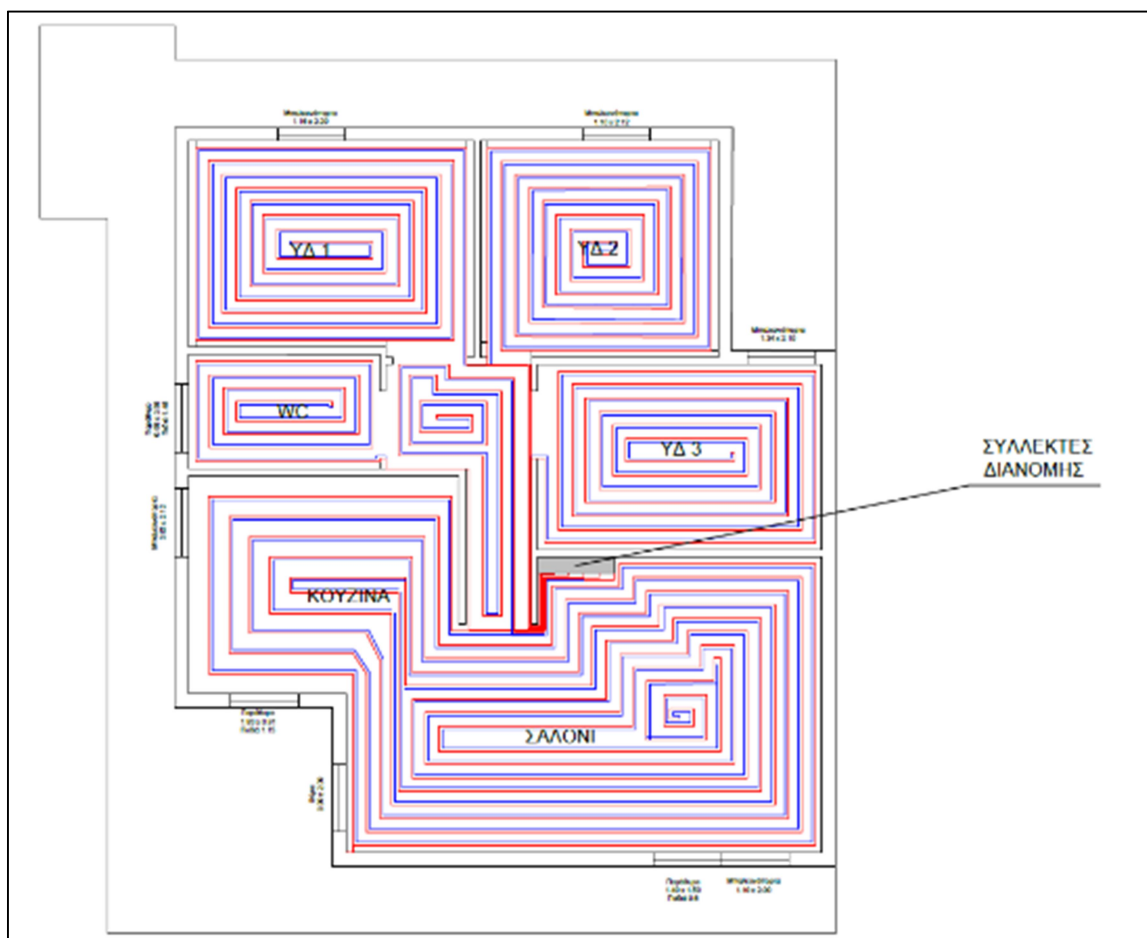
<b>Στάθμη Φόρτισης (SOC)</b>	<b>Βάθος Εκφόρτισης (DOD)</b>
100%	0%
75%	25%
50%	50%
25%	75%
0%	100%

**Πίνακας 6.1: Σχέση βάθους εκφόρτισης – Στάθμης φόρτισης**

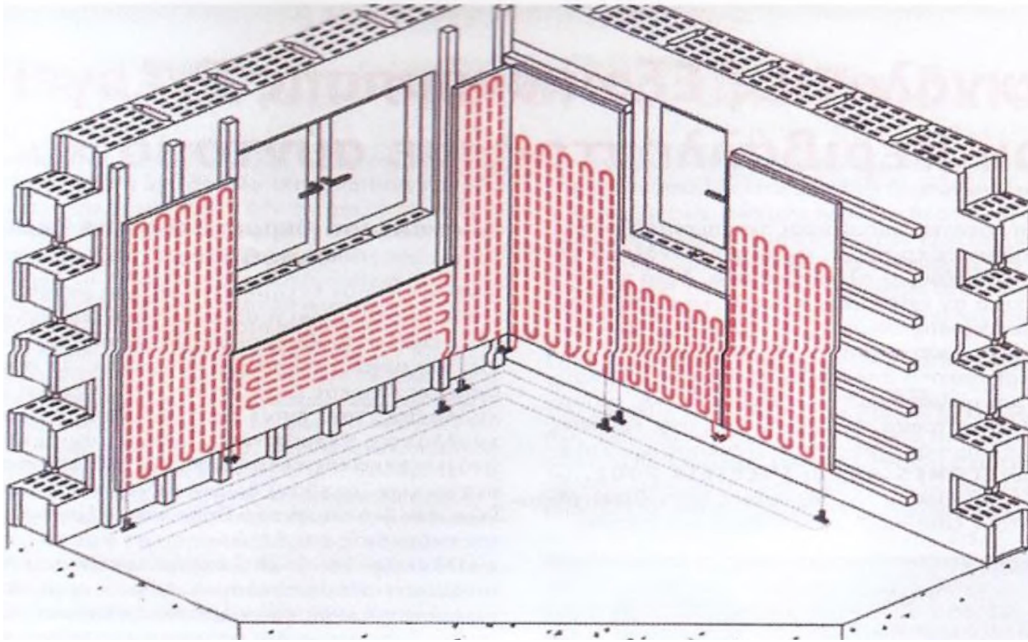
Ωστόσο, τόσο η στάθμη φόρτισης όσο και το βάθος εκφόρτισης συνήθως αφορούν στην ονομαστική χωρητικότητα. Για χαμηλότερες τιμές ρεύματος εκφόρτισης, γίνεται λόγος σε DOD άνω του 100%. Ερμηνεία αυτού είναι ότι η μπαταρία δύναται να αποδώσει μεγαλύτερο ποσοστό του 100% της ονομαστικής της χωρητικότητας και μάλιστα για εκφόρτιση χαμηλότερη από τον ονομαστική εκφόρτιση.

## 7 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η προτεινόμενη διάταξη της ενδοδαπέδιας θέρμανσης ακολουθεί στην Εικόνα 7.2, ενώ η αντίστοιχη επιτοίχια θέρμανση έχει όμοια διάταξη και απεικονίζεται στην Εικόνα 7.1. Ο ηλιακός συλλέκτης τοποθετείται όπως συνήθως στο επίπεδο του δώματος της πολυκατοικίας, οπότε και δεν απεικονίζεται στην κάτοψη της Εικόνα 7.2, ενώ το ίδιο ισχύει και για το σύστημα φ/β που θα περιγραφεί παρακάτω. Επιπλέον η μέθοδος ψύξης που επιλέγεται θα είναι μία κλιματιστική μονάδα fan coil τύπου οροφής όπως αυτή περιγράφεται στο υποκεφάλαιο 2.3 ώστε να μην δεσμευτεί χώρος από τα τετραγωνικά του σπιτιού, αλλά και να υπάρχει πιο ομοιόμορφη διασπορά της ψύξης στο χώρο.



**Εικόνα 7.2: Διάταξη Ενδοδαπέδιας Θέρμανση Οροφοδιαμερίσματος**



**Εικόνα 7.3: Εγκατεστημένη Επιτοιχία Θέρμανση**

## 7.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ

Λαμβάνεται οροφδιαμέρισμα συνολικής επιφάνειας εσωτερικών χώρων περί τα 89,6 m<sup>2</sup>. Λαμβάνεται αντιπροσωπευτική τιμή θερμικού φορτίου q ίση με 20 W/m<sup>3</sup>. Συνολικά έχουμε:

Εμβαδό διαμερίσματος:  $A = 89.6 \text{ m}^2$

Όγκος διαμερίσματος:  $V = 268.8 \text{ m}^3$

Απώλειες θερμότητας:  $H = V \times q = 268.8 \text{ m}^3 \times 20 \text{ W/m}^3 = 5,3765 \text{ kW}$

Η ροή του ψυκτικού μπορεί ομοίως να υπολογισθεί.

## 7.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Το ειδικό φορτίο θερμότητας ανά το τετραγωνικό, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό του ποσοστού απόδοσης του συστήματος. Αυτό υπολογίζεται ως εξής:

$$q_{\text{δαπ}} = \frac{H}{A \times n} = \frac{5376,5}{89,6 \times 1} = 60 \text{ W/m}^2$$

Όπου H: οι απώλειες του διαμερίσματος

A: το εμβαδόν του διαμερίσματος

n: ο αριθμός ορόφων

Το αποτέλεσμα του φορτίου θερμότητας των 60 W/m<sup>2</sup>, επιτρέπει στο σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης να υπερκαλύψει όλες τις θερμικές απώλειες του οροφδιαμερίσματος.

Ακολουθούν ορισμένες παραδοχές για τους παρακάτω υπολογισμούς:

Θερμοκρασία δωματίου:  $t_{\delta\omega\mu} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Φορτίο Θερμότητας:  $q_{\delta\alpha\pi\tau} = 60 \text{ W/m}^2$   
 Διαφορά Θερμοκρασίας Προσαγωγής – Επιστροφής:  $\Delta t = 5$   
 Υλικό Δαπέδου: Παρκέ  
 Απόσταση μεταξύ Σωληνών:  $d = 300 \text{ mm}$

Υπολογίζονται:

A. Μέση Θερμοκρασία Επιφάνειας Εδάφους:

$$\Delta T = t_{\delta\alpha\pi\tau} - t_{\delta\omega\mu} = q_{\delta\alpha\pi\tau} / \alpha = 60 / 11 = 5,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Όπου  $t_{\delta\alpha\pi\tau}$ : η θερμοκρασία επιφάνειας του δαπέδου  
 $t_{\delta\omega\mu}$ : η θερμοκρασία του δωματίου  
 $q_{\delta\alpha\pi\tau}$ : το ειδικό θερμικό φορτίο  
 $\alpha$ : ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από 10 έως 12  
 Άρα προκύπτει :

$$t_{\text{dap}} = t_{\text{dvm}} + \Delta T = 21 + 5,5 = 26,5 \text{ }^\circ\text{C} < 27 \rightarrow \text{αποδεκτό}$$

B. Θερμική Διαπερατότητα (U) του Παρκέ

$$U = 1/R = \lambda/d = 0,12 / 0,01 = 12 \text{ W/(m}^2\text{x}^\circ\text{C)}$$

Όπου

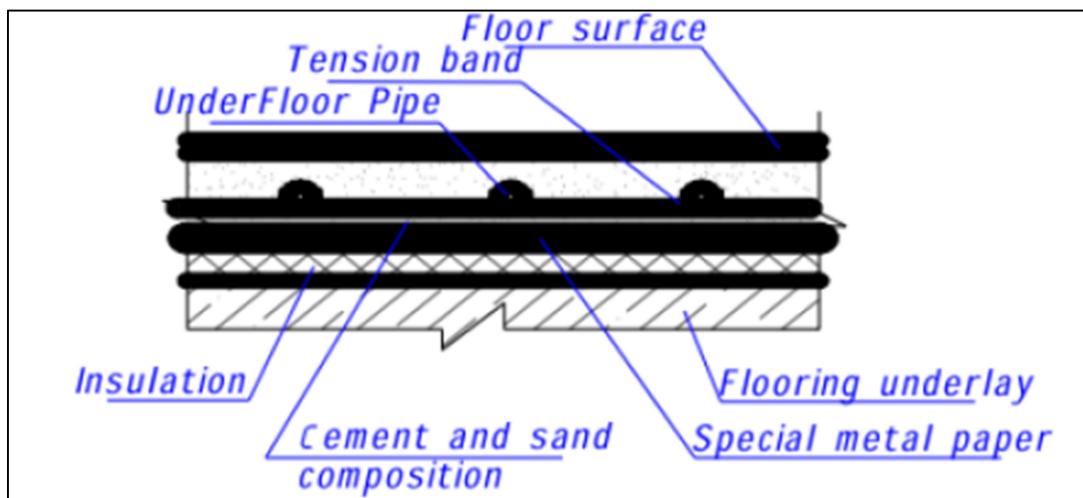
$\lambda$ : η θερμική αγωγιμότητα που για το παρκέ λαμβάνει την τομή  $0,12 \text{ W/m}^\circ\text{C}$   
 $d$ : το πάχος του παρκέ, έστω  $10 \text{ mm} = 0,01\text{m}$   
 $R$ : η θερμική αντίσταση του υλικού

Γ. Πτώση Θερμοκρασίας μέσω του Δαπέδου

Για να προσδιορισθεί η πτώση της θερμοκρασίας μέσω του παρκέ αρκεί να γνωρίζουμε την τιμή του λόγου ( $1/R$ ). Με τη βοήθεια του κάτωθι υδατογραφήματος της Εικόνα 7.5, λαμβάνεται  $\Delta T = 5,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Δ. Πτώση Θερμοκρασίας μέσω της Κατασκευής του Δαπέδου

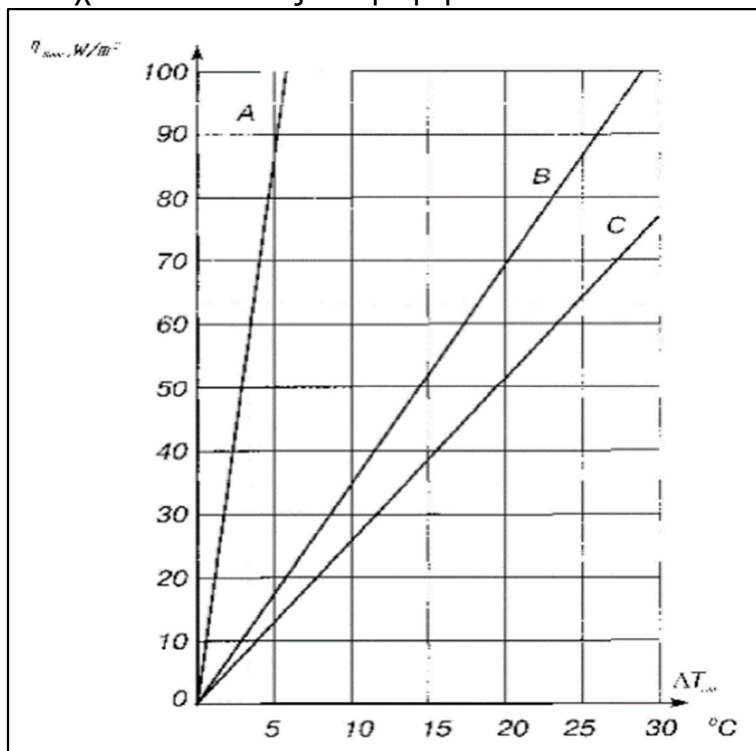
Για τους υπολογισμούς που ακολουθούν λαμβάνεται η πιο συνήθης και αντιπροσωπευτική περίπτωση κατασκευής δαπέδου, δηλαδή από σκυρόδεμα.



Εικόνα 7.4: Κατασκευή Δαπέδου με ζώνη Έντασης (Πηγή: Google).

Το πάχος που θα περιχυθεί άνωθεν των σωλήνων θα πρέπει να ανήκει στο εύρος 40 – 60 cm.

Ο καθορισμός της πτώσης θερμοκρασίας διαμέσου του δαπέδου θα έλθει με τη βοήθεια του υδατογραφήματος της ακόλουθης Εικόνα 7.6, και συγκεκριμένα της ευθείας που αντιστοιχεί στο Α καθώς αυτή αφορά σε δάπεδο από σκυρόδεμα.



Εικόνα 7.5: Πτώση Θερμοκρασίας μέσω της κατασκευής του δαπέδου (SNC 1972).

Για  $q_{\delta\alpha\pi} = 60 \text{ W/m}^2$ , βάσει της καμπύλης Α λαμβάνεται  $\Delta T_{\text{con}} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Ε. Θερμοκρασία Ροής του Νερού

Για ενδοδαπέδια θέρμανση η μέση θερμοκρασία του νερού εντός του συστήματος σωληνώσεων υπολογίζεται ως εξής:

$$t_{\mu} = t_{\delta\omega\mu} + \Delta T + \Delta T + \Delta T$$

Όπου  $t_{\delta\omega\mu}$ : η θερμοκρασία δωματίου

$\Delta T$  : η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δωματίου και της επιφάνειας του δαπέδου

$\Delta T_{\text{fc}}$  : η πτώση της θερμοκρασίας που οφείλεται στην κάλυψη του δαπέδου

$\Delta T_{\text{κατ}}$  : η πτώση της θερμοκρασίας που οφείλεται στην κατασκευή του δαπέδου

Έτσι, για πάτωμα κατασκευασμένο από σκυρόδεμα, η μέση θερμοκρασία του νερού είναι:

$$t_{\mu} = 21 + 5,5 + 5,5 + 3 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Δεδομένου ότι η διαφορά της θερμοκρασίας του νερού ανάμεσα στη ροή και την επιστροφή είναι περί των  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ , τελικά προκύπτει:

$$t_{\text{ροής}} = 35 + 2,5 = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### ΣΤ. Όγκος Ροής ( $q_v$ ) που Απαιτείται

Ο όγκος ροής υπολογίζεται ως εξής:

$$q_v = P / (\rho \times c \times (t_{\text{roq;hw}} - t_{\text{epistr}})) = 5,3765 / (1 \times 4,187 \times 5) = 0,000257 \text{ lt/sec}$$

Όπου P: οι απώλειες θερμότητας του διαμερίσματος

$\rho$ : η πυκνότητα του νερού

$c$ : η χωρητικότητα του νερού

$t_{\text{ροής}}$ : η θερμοκρασία ροής του νερού

$t_{\text{επίστρ}}$ : η θερμοκρασία επιστροφής του νερού

Στο 75% πρώτες ζώνες.

### 7.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ο εναλλάκτης θερμότητας εδάφους εκτιμάται επί το δυσμενέστερο σενάριο προκειμένου να είναι σε θέση να εξυπηρετεί τα παρακάτω μεγέθη:

1. Ετήσιος μέσος όρος φορτίου εδάφους
2. Υψηλότερο μηνιαίο φορτίο εδάφους
3. Μέγιστο ωριαίο φορτίο

Για τον ακριβή υπολογισμό του μήκους του εν λόγω σωλήνα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία εφαρμόζεται ο κάτωθι τύπος:

$$L = (q_y \times R_{20y} + q_m \times R_{1m} + q_h \times R_{6h}) / (T_w - (T_g + T_p))$$

Όπου  $q_y$ : το μέσο φορτίο εδάφους

$q_m$ : το υψηλότερο μηνιαίο φορτίο εδάφους

$q_h$ : το μέγιστο ωριαίο

$R_{20y}$ : η θερμοκρασία ροής του νερού

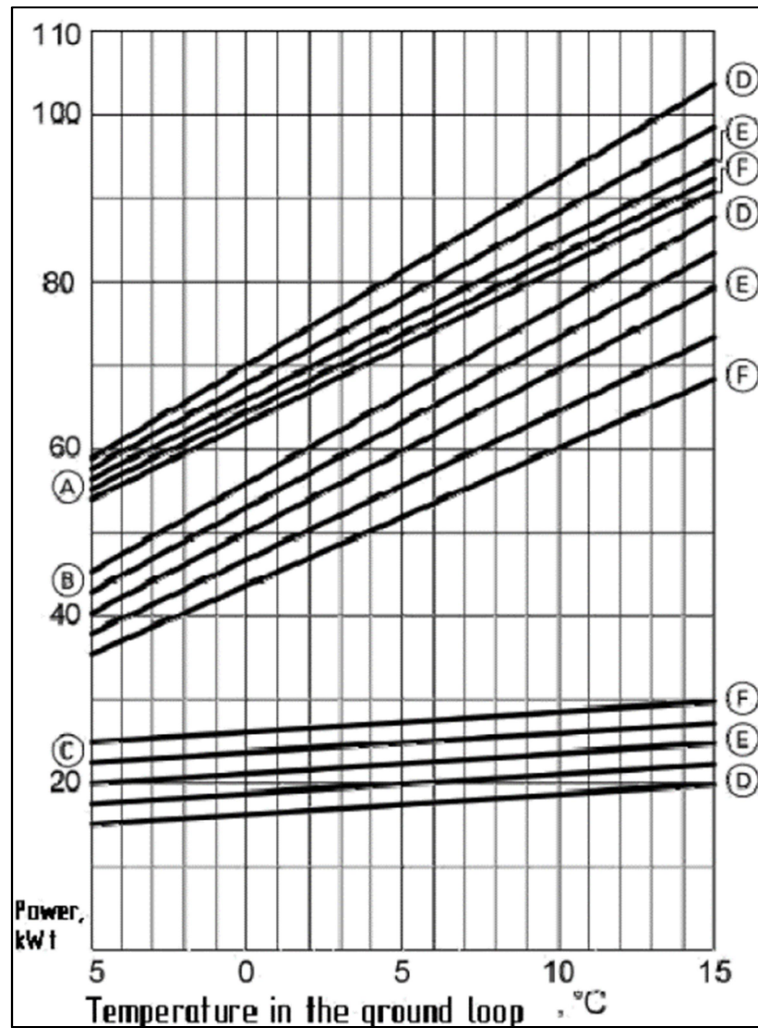
$T_w$ : η θερμοκρασία τοιχώματος γεώτρησης

$T_g$ : η θερμοκρασία εδάφους

$T_p$ : η τιμή της θερμοκρασίας

Προκειμένου να επιλεγεί αντλία θερμότητας είναι χρήσιμο να ελεγχθεί η διαθεσιμότητα εξοπλισμού που διατίθεται στην αγορά, διαδικασία σχετικά εύκολη, ωστόσο όταν εκκινεί ο σχεδιασμός τα χαρακτηριστικά μεγέθη ενός εξοπλισμού μπορεί να διαφοροποιούνται.

Εν προκειμένω, επιλέγεται αντλία θερμότητας Vicotal 300 WW268, η οποία απαιτεί τις θερμοκρασίες  $t_{\text{ροής}} = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$  και  $t_{\text{ροής}} = 52 \text{ }^\circ\text{C}$ . Παρακάτω, δίνονται κάποια από τα μεγέθη που αντιστοιχούν στην επιλεγμένη αντλία.



Εικόνα 7.6: Χαρακτηριστικά Αντλίας Θερμότητας. (Πηγή: Google)

Συγκεκριμένα, η ερμηνεία των καμπυλών είναι η εξής:

A: Πλήρης ισχύς θερμότητας αντλίας

B: Ψύξη ισχύος αντλίας

C: Ταχύτητα συμπίεστη

D:  $t_{\text{ροής}} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

E:  $t_{\text{ροής}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

F:  $t_{\text{ροής}} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$

Για την αντλία Vicotal 300 WWW268, σημαντικά είναι τα στοιχεία του Πίνακας 7.1:

The "work point"	$t_{\text{flow}} = 45 \text{ degrees}$	$t_{\text{flow}} = 55 \text{ degrees}$
The full heat power, kW	71,6	68,8
The using electrical power (expending	20,5	23,7

work), kW		
COP	3,5	2,9

**Πίνακας 7.1: Vicotal 300 WWW268 - Στοιχεία Εργασίας**

Η αριστερή στήλη του παραπάνω Πίνακα 8.1, δίνει τα στοιχεία για θερμοκρασία ροής  $t_{ροής} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , περίπτωση και για την οποία θα δουλέψουμε παρακάτω.

Συγκεκριμένα, θα υπολογισθούν τα μεγέθη 1. έως 4.

### 1. Θερμοχωρητικότητα Εναλλάκτη Θερμότητας

Η θερμοχωρητικότητα που δημιουργείται από μία πηγή χαμηλής θερμοκρασίας, συμβολίζεται με  $Q_o$ , και δίνεται από την εξίσωση:

$$Q_o = P - P_{el} = 71,6 - 20,5 = 51,1\text{ kW}$$

Όπου  $P$ : η πλήρης θερμική ισχύς της αντλίας

$P_{el}$ : η απόδοση που αναμένεται συναρτήσει της ταχύτητας του συμπιεστή

### 2. Μήκος Εναλλάκτη Θερμότητας Εδάφους

Το συνολικό μήκος της γεώτρησης, ταυτίζεται με το μήκος του εναλλάκτη θερμότητας εδάφους δίνεται από την εξίσωση:

$$L = Q_o / q_{εδάφους} = 51100 / 50 = 1022\text{ m.}$$

Όπου  $q_{εδάφους}$ : η σχέση φυγής της θερμότητας ανά 1 μέτρο σωλήνα βρόγχου (W/m). Η τιμή της, σχετίζεται άμεσα τόσο με τον τύπο του εδάφους, όσο και με την υγρασία που περιέχει. Στη βιβλιογραφία δίνονται ενδεικτικές τιμές ανάλογα με το είδος του εδαφικού υλικού. Εν προκειμένω, η τιμή των 50 W/m αντιστοιχίζεται σε περίπτωση βραχώδους εδάφους.

### 3. Σύνολο Κατακόρυφων Γεωτρήσεων

Κατά κανόνα, στην πράξη εφαρμόζονται φρέατα των οποίων τα μήκη κυμαίνονται μεταξύ 50 m και 150 m. Στην περίπτωση του βραχώδους υλικού που επιλέχθηκε, σημαντική συνιστώσα που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι το κόστος, καθώς ο εξοπλισμός που απαιτείται καθώς και ο χρόνος αυξάνουν κατά πολύ με αποτέλεσμα να αποτελεί μερικές φορές ασύμφορη οικονομικά επιλογή.

Ο παραπάνω υπολογισμός μήκους εναλλάκτη θερμότητας εδάφους, έδωσε  $L = 1022\text{ m}$ , το οποίο αναλύεται σε συνολικά 7 γεωτρήσεις των 73 m μήκος έκαστη.

### 4. Ροή Άλης Υγρής Φάσης

Για την αριθμητική επίλυση της ροής, λαμβάνεται το 25% του μείγματος γλυκόζης.

$$Q_v = Q_o / (\rho \times c \times \Delta t) = 51,1 / (1,05 \times 3,7 \times 5) = 2,63\text{ l/sec}$$

Όπου  $Q_o$ : η θερμοχωρητικότητα

$\rho$ : η πυκνότητα του μίγματος, 1,05 kg/m<sup>3</sup>

$c$ : η ειδική θερμοχωρητικότητα του μίγματος, 3,7 kJ/kgK

$\Delta t$ : η διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει ανάμεσα στους σωλήνες της ροής και σε αυτούς της επιστροφής

## 7.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

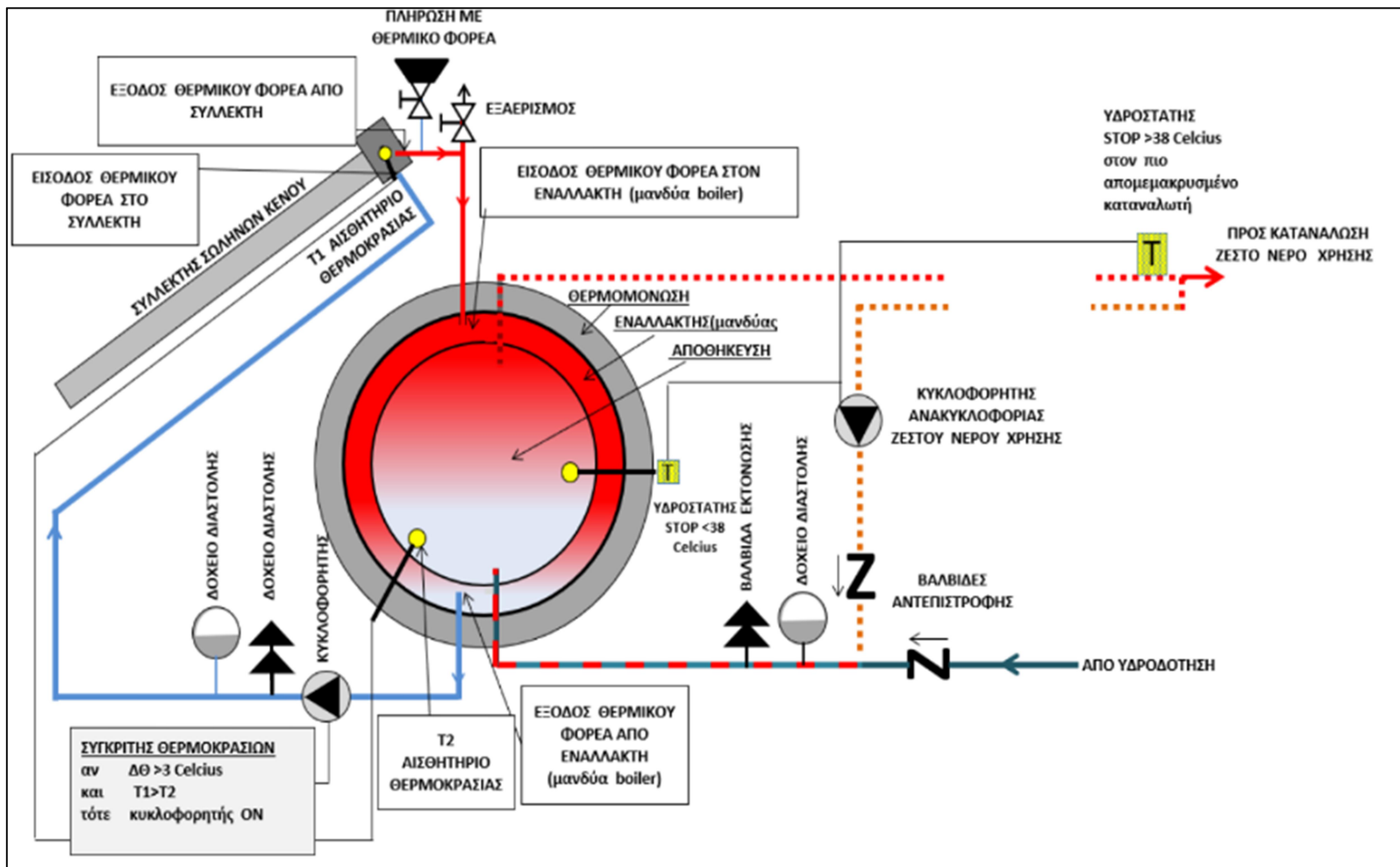


Το σύστημα επιλέχθηκε και αποτελείται από έναν ηλιακό συλλέκτη κενού και δεξαμενή αποθήκευσης με εναλλάκτη θερμότητας τύπου μαδύα. Κάτω από τη υψηλότερο σημείο του ηλιακού συλλέκτη θα τοποθετηθεί η δεξαμενή αποθήκευσης ώστε να διαμορφωθεί ένα σύστημα εξαναγκασμένης ροής.

Για τη σωστή λειτουργία του συστήματος εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, απαραίτητη είναι η χρήση ενός κυκλοφορητή που κινεί το θερμαντικό μέσο από την δεξαμενή στον συλλέκτη μέσω των σωλήνων. Αμέσως μετά την αντλία κυκλοφορίας, τοποθετήθηκε ένα ηλεκτρομαγνητικό ροόμετρο για τον έλεγχο και τη μέτρηση της ροής.

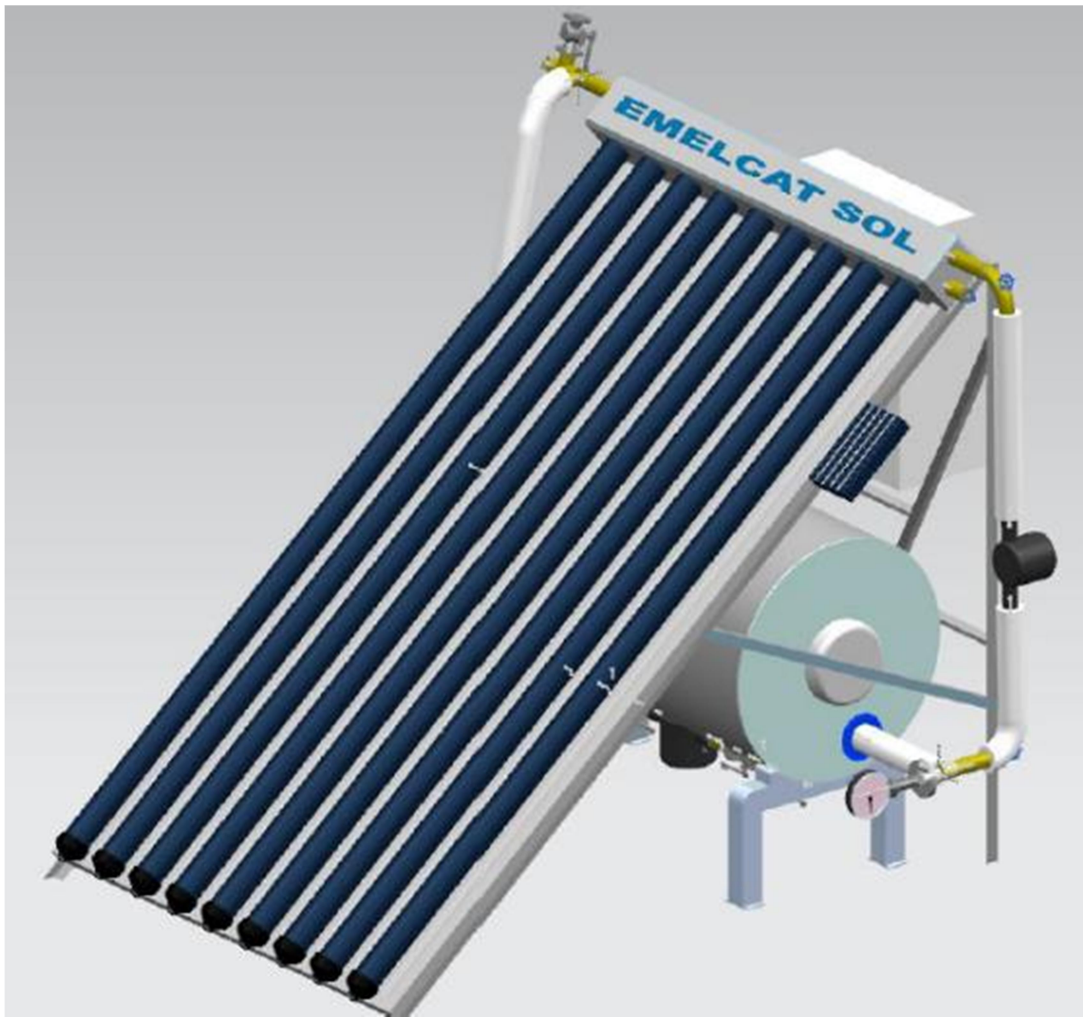
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η λειτουργία του κλειστού κυκλώματος συλλέκτη-δεξαμενής: Αρχικά, το θερμαντικό μέσο, που είναι μίξη γλυκόλης προπυλενίου και νερού ρέει μέσω των σωληνώσεων μέχρι το άνω σημείο του ηλιακού συλλέκτη. Μέσω του συλλέκτη κενού, το θερμαντικό μέσο θερμαίνεται και κατεβαίνει προς την δεξαμενή νερού, εισέρχεται στο μανδύα της δεξαμενής και καθώς κινείται προς την έξοδο μεταφέρει την θερμότητα στο νερό χρήσης. Τέλος, ο ρυθμός ροής του θερμαντικού μέσου υπολογίζεται με ακρίβεια μέσω ηλεκτρομαγνητικού ροόμετρου, ενώ αλλάζοντας την ταχύτητα λειτουργίας της αντλίας μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη θερμοκρασία του θερμαντικού μέσου στην έξοδο από τον συλλέκτη κενού και συνεπώς ποικίλες μέγιστες θερμοκρασίες νερού.

Επίσης, κάνοντας μια περιγραφή του ανοιχτού κυκλώματος της διάταξης, το νερό χρήσης από το δίκτυο, εισέρχεται στη δεξαμενή αποθήκευσης, θερμαίνεται μέσω εναλλαγή θερμότητας από το θερμαντικό μέσο το οποίο βρίσκεται στον μανδύα της δεξαμενής και στη συνέχεια εξέρχεται από τη δεξαμενή. Για οικονομία στην ποσότητα παροχής και για να μην υπάρχει χρόνος αναμονής μέχρι την άφιξη ζεστού νερού, εγκαταστάθηκε και σύστημα ανακυκλοφορίας ζεστού νερού. Ανοίγοντας και κλείνοντας τους κατάλληλους διακόπτες, η αντλία ανακυκλοφόρησης ενεργοποιείται και το νερό που χρησιμοποιείται στη δεξαμενή επανακυκλοφορεί, επιτυγχάνοντας μια σταθερή θερμοκρασία στο εσωτερικό της.

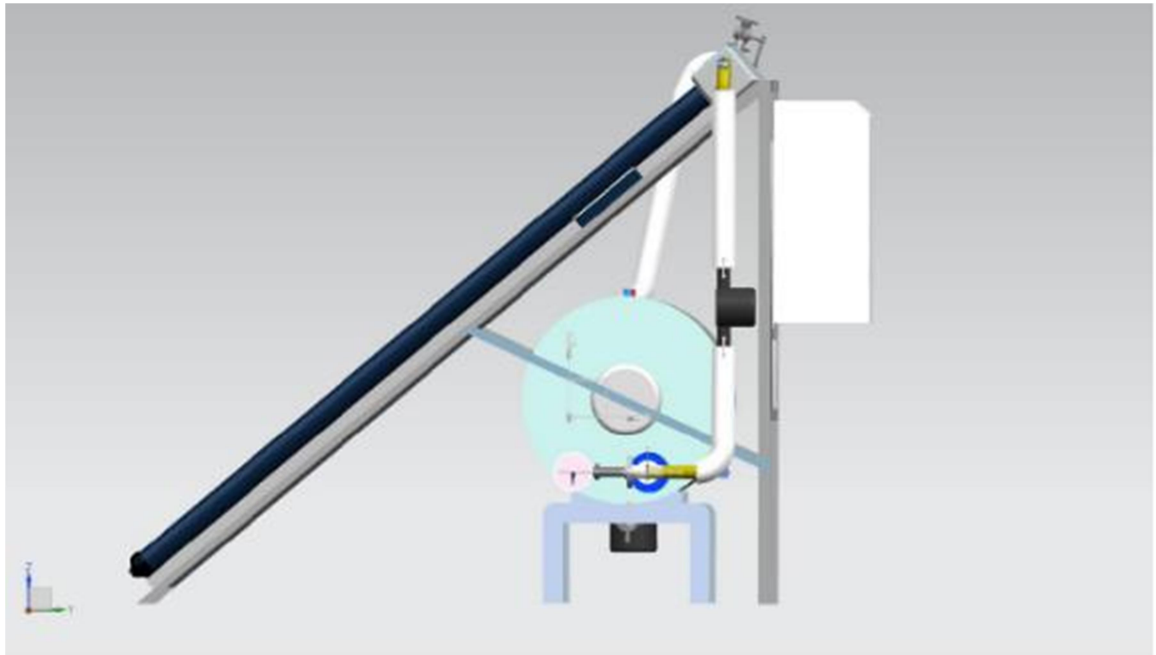


Εικόνα 7.7: Διαγραμματική τομή υδραυλικών και ηλεκτρολογικών συνδέσεων σε ηλιακό σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας.

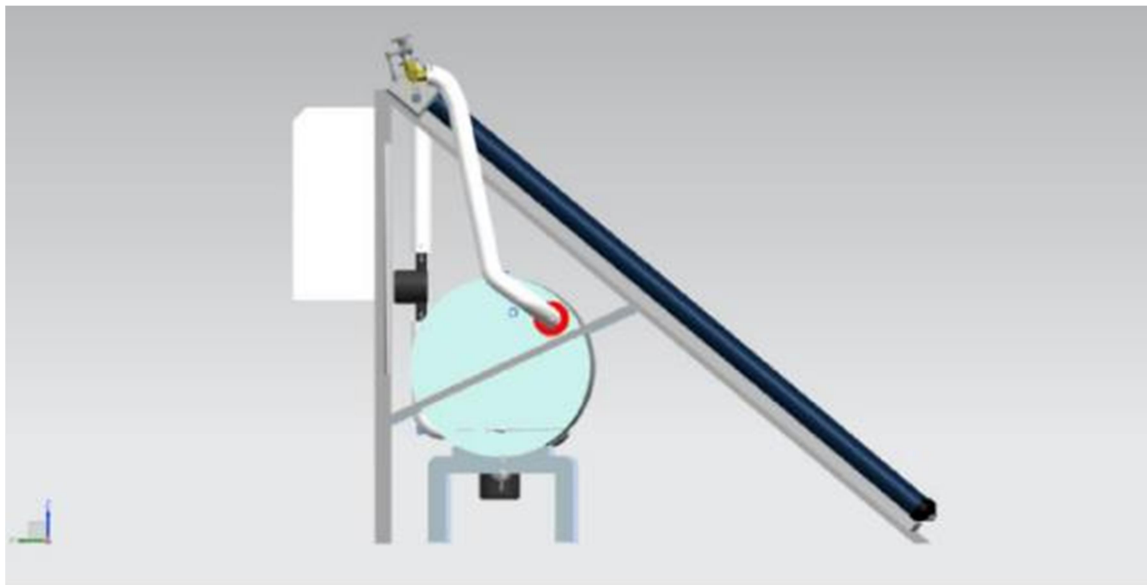
Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρισδιάστατος σχεδιασμός της πειραματικής διάταξης υπό διαφορετικές γωνίες:



*Εικόνα 7.8: Απεικόνιση διάταξης*



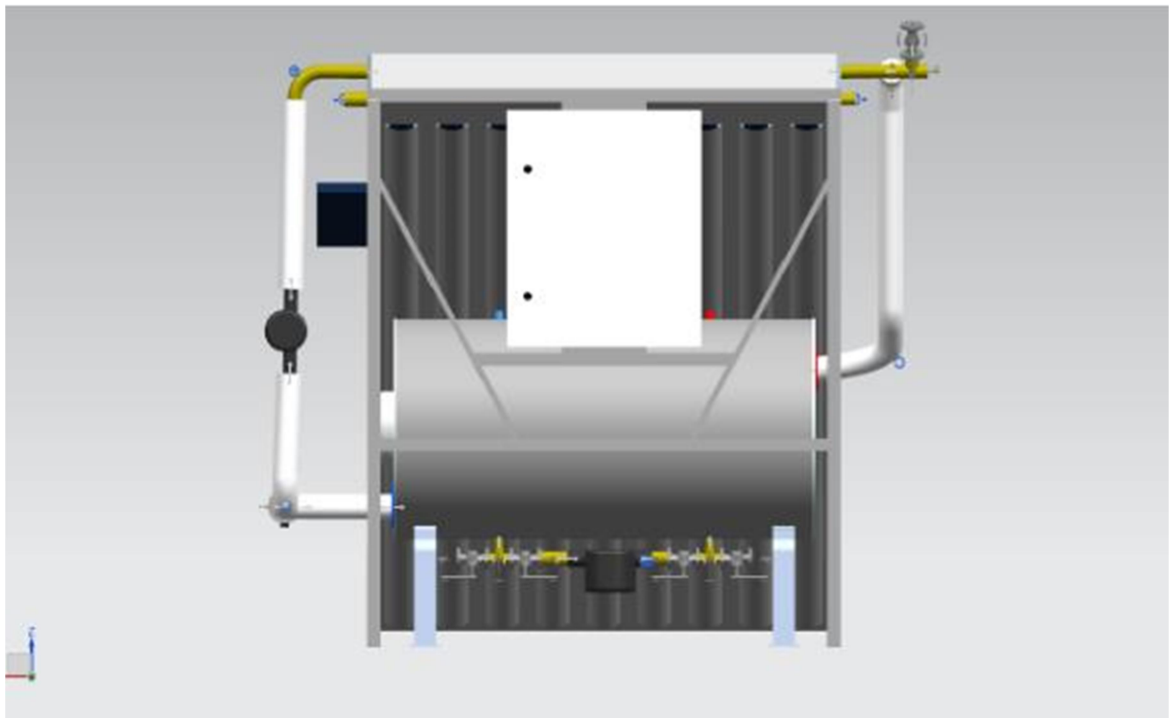
**Εικόνα 7.9: Δεξιά πλάγια όψη διάταξης.**



**Εικόνα 7.10: Αριστερή πλάγια όψη διάταξης.**



**Εικόνα 7.11: Μπροστινή όψη διάταξης.**

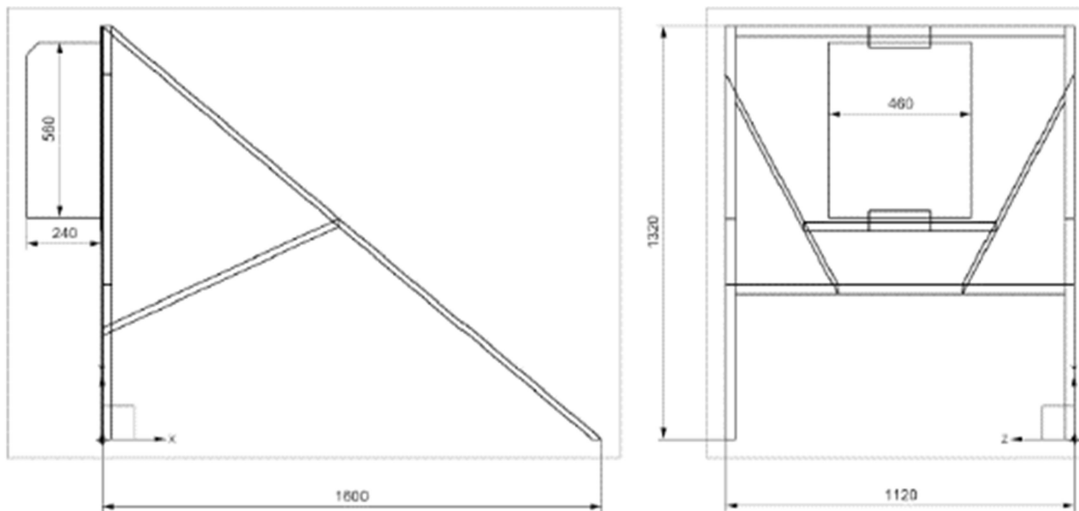


**Εικόνα 7.12: Πίσω όψη διάταξης.**

Επιγραμματικά θα αναφερθεί η ακολουθία της συναρμολόγησης, με τα κάτωθι βήματα:

1. Διαμόρφωση της βάσης υποστήριξης της εγκατάστασης του ηλιακού συλλέκτη και της δεξαμενής αποθήκευσης.

Συνήθεις διαστάσεις του σκελετού για εφαρμογή σε ιδιόκτητη κατοικία φαίνονται παρακάτω.



**Εικόνα 7.13: Διαστάσεις βάσης υποστήριξης σε mm.**

## 2. Σύνδεση υδραυλικού συστήματος, εγκατάσταση αντλιών , οργάνων μέτρησης και θερμομόνωσης.

Σε αυτό το στάδιο συναρμολόγησης, αρχικά σχηματίστηκε το κλειστό κύκλωμα του συστήματος, μέσω του οποίου θα ρέει το θερμαντικό μέσο. Η ροή του ρευστού ξεκινά από τον μανδύα στο εσωτερικό της δεξαμενής , ρέει μέσω των σωλήνων στον συλλέκτη κενού και καταλήγει ξανά μέσα στον μανδύα της δεξαμενής, με τη βοήθεια του κυκλοφορητή. Επίσης, πάνω από τον κυκλοφορητή, τοποθετήθηκε ένα μικρό πλαίσιο στο οποίο εγκαταστάθηκε ένα φωτοβολταϊκό πάνελ, το οποίο έχει το ρόλο του διακόπτη για τον κυκλοφορητή. Στην συνέχεια, το ανοικτό κύκλωμα του συστήματος συνδέθηκε στο δίκτυο παροχής νερού, με σκοπό την επίτευξη της μέγιστης διαφοράς θερμοκρασίας που μπορεί να αναπτυχθεί μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του ρευστού απολαβής, καθώς και του ρυθμού ροής του. Ακόμα, τοποθετήθηκε μια αντλία ανακυκλοφορίας στο ανοικτό κύκλωμα του συστήματος, κάτω από την δεξαμενή αποθήκευσης, η οποία συνδέεται με την είσοδο και την έξοδο του νερού χρήσης από την δεξαμενή. Μετά την ολοκλήρωση της υδραυλικής σύνδεσης του συστήματος, εγκαταστάθηκε θερμική μόνωση σε όλους τους σωλήνες και τις συνδέσεις. Τέλος, όλα τα σημεία καλύφθηκαν με ταινία αλουμινίου για την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών.

### 7.4.1 Ηλιακός Συλλέκτης κενού EMELCATSOL

Ο συλλέκτης κενού ESOL-U, ο οποίος χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη διάταξη, είναι ο κατάλληλος για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, καλύπτοντας έως και το 80% των ετήσιων αναγκών, καθώς και για θέρμανση χώρου, παρέχοντας έως και 60% εξοικονόμηση καυσίμου.

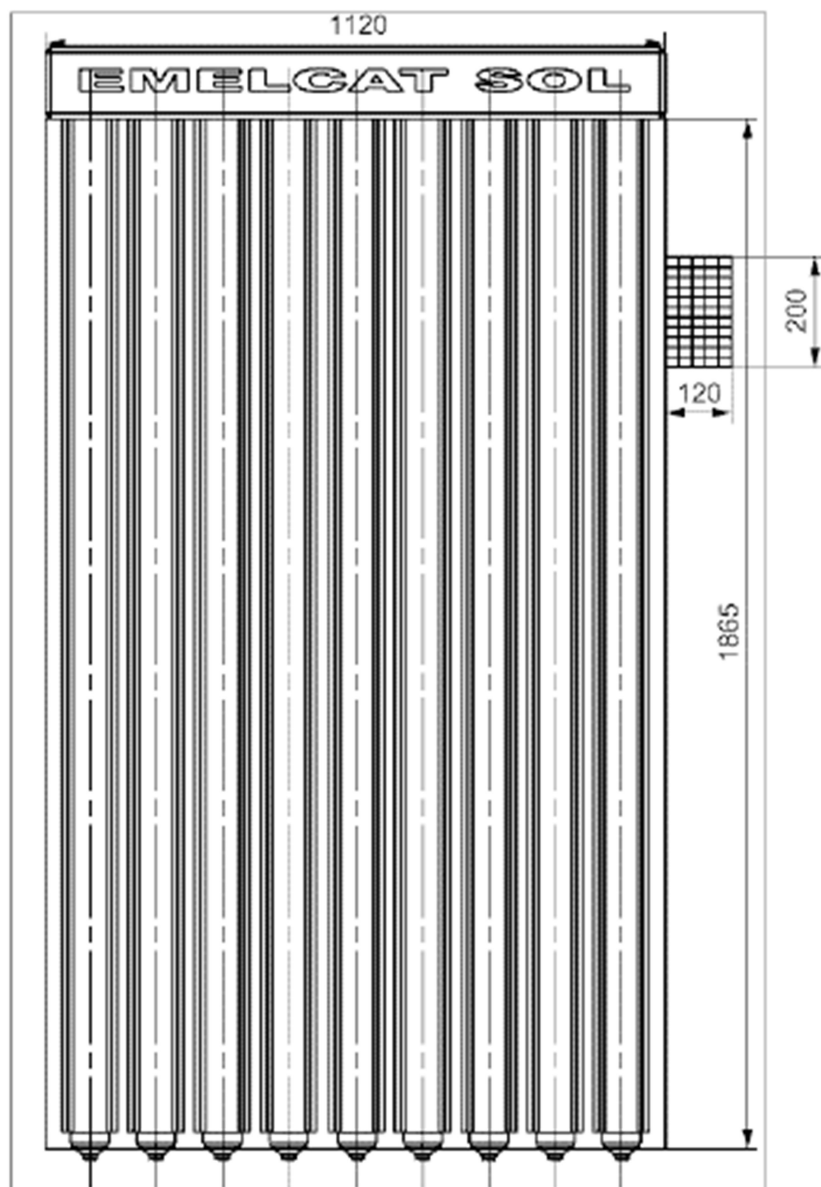
Οι σωλήνες κενού είναι κατασκευασμένοι από BOROSILICATE 3.3 GLASS, το οποίο είναι ένα εξαιρετικά ανθεκτικό υλικό κατάλληλο σε απότομες διαφορές θερμοκρασίας, αλλά και σε εξωτερικούς παράγοντες (καιρικές συνθήκες κ.λπ.). Η επιλεκτική επικάλυψη των σωλήνων γίνεται από τρία στρώματα Cu / SS-Aln, προκειμένου να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή

απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, ο συλλέκτης ESOL-U έχει τη δυνατότητα να εγκατασταθεί σε εύρος κλίσης 0-90, η οποία είναι μια τέλεια επιλογή καθώς καλύπτει ποικίλες ανάγκες. Τέλος, ο ανακλαστήρας τύπου CPC, κατασκευασμένος από ειδικά επεξεργασμένο αλουμίνιο, προσφέρει τη μέγιστη δυνατή χρήση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ακόμη και σε ημέρες με χαμηλό ηλιακό φως. Προσφέρει επίσης μεγάλη διάρκεια ζωής, καθώς και ειδική αντοχή σε όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα χαρακτηριστικά που δίνονται από τον κατασκευαστή είναι:

Τύπος Μοντέλου	9 ESOL/U
Σειριακός Αριθμός	U09 - 100133
Ημερομηνία Παραγωγής	07/2019
Εμβαδόν Πλαισίου	2.3 m <sup>2</sup>
Εμβαδόν Απορροφητή	2.1m <sup>2</sup>
Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας	1MPa
Όγκος Υγρού Απολαβής	4lt
Μέγιστη Στιγμιαία Απόδοση Συλλέκτη	0.57

**Πίνακας 7.2: Χαρακτηριστικά Ηλιακού Συλλέκτη EMELCATSOL κατασκευαστή**

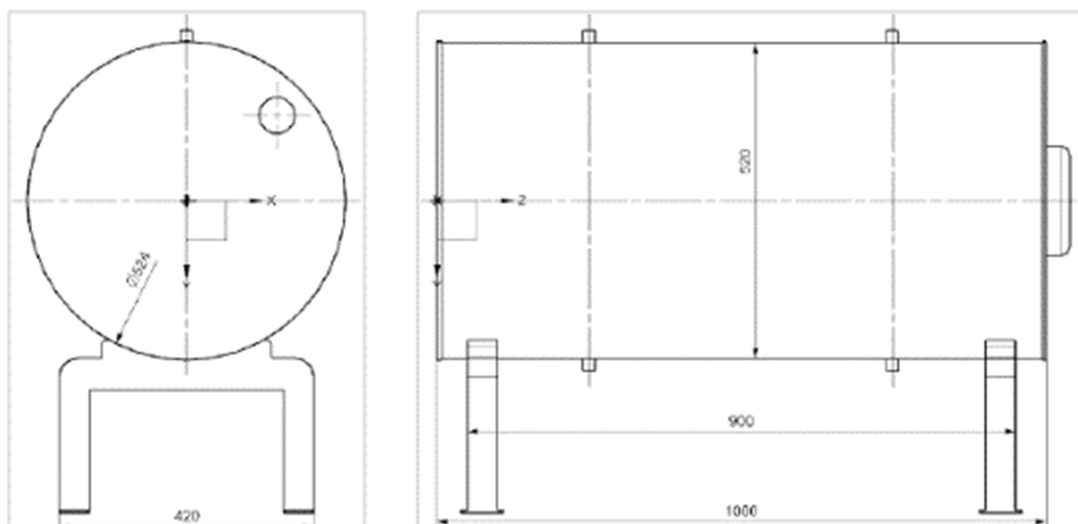


**Εικόνα 7.14:** Διαστάσεις πλαισίου ηλιακού συλλέκτη σε mm.

#### **7.4.2 Δεξαμενή αποθήκευσης EMELCATSOL**

Η δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού είναι τύπου μανδύα. Οι παροχές που διαθέτει επιτρέπουν την λειτουργία ενός συστήματος διπλής ενεργείας για την θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Το σύστημα λειτουργεί εξ ολοκλήρου μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η χωρητικότητα της δεξαμενής είναι 210 lt.





Εικόνα 7.15: Διαστάσεις δεξαμενής αποθήκευσης σε mm.

## 7.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 7.5.1 Ηλεκτρική Ενέργεια Κατανάλωσης Κατοικίας

Ο υπολογισμός της ηλεκτρικής ενέργειας κατανάλωσης κατοικίας γίνεται με τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Καταγραφή όλων των ηλεκτρικών συσκευών, της ισχύος τους και του πιθανού χρόνου λειτουργίας τους σε ένα εικοσιτετράωρο.

Βήμα 2: Υπολογισμός ημερήσιας ενέργειας κατανάλωσης. Πολλαπλασιάζοντας την ηλεκτρική ισχύ επί το χρόνο λειτουργίας κάθε συσκευής, έχουμε την ηλεκτρική της κατανάλωση ( $E_k = PK * T$ ). Από το άθροισμα των καταναλώσεων προκύπτει η ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης της εγκατάστασης  $EK$ .

Βήμα 3: Εκτίμηση της μέγιστης ισχύος στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή καταγράφεται η πιθανότητα της ταυτόχρονης λειτουργίας περισσότερων συσκευών και υπολογίζεται η μέγιστη απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς.

Το αυτόνομο υβριδικό σύστημα που θα χρησιμοποιήσουμε όπως είδαμε έχει σαν στόχο την κάλυψη των αναγκών μίας κατοικίας 89,6 τ.μ. Επειδή είναι λογικό οι απαιτήσεις να είναι πολύ υψηλές σε ένα τόσο μεγάλο οίκημα, θα ακολουθήσουμε κάποιους βασικούς κανόνες, ώστε να είναι το σύστημα οικονομικότερο:

1) Είναι αντιοικονομικό να επιδιώκεται η χρήση υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος για τροφοδότηση ηλεκτρικών συσκευών με μεγάλη θερμική κατανάλωση (ηλεκτρικές κουζίνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ, ηλεκτρικοί θερμοσίφωνες). Οι ανάγκες αυτές πρέπει να καλύπτονται από εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως υγραέριο, πετρέλαιο, ήλιος κλπ. Στο συγκεκριμένο οίκημα χρησιμοποιήσαμε καυστήρα πετρελαίου για θέρμανση, ηλιακό θερμοσίφωνα και boiler για τη θέρμανση νερού το χειμώνα και φούρνο υγραερίου.

2) Χρησιμοποιήθηκε ανεμομογεννήτρια για την αντιμετώπιση αιχμών ζήτησης με αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μεγάλο βάρος και κόστος.

3) Χρησιμοποιούμε συσκευές υψηλής ενεργειακής απόδοσης, δηλαδή χαμηλότερης ενεργειακής κατανάλωσης (για παράδειγμα χρησιμοποιήσαμε ανεμιστήρες οροφής αντί για κλιματιστικά (A/C)).

Στους παρακάτω Πίνακες γίνεται μια καταγραφή των ηλεκτρικών συσκευών, της ισχύος τους και του πιθανού χρόνου λειτουργίας τους κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, για τους μήνες Δεκέμβριο και Ιούλιο. Τέλος υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των συσκευών που λειτουργούν, η εκτιμώμενη ημερήσια ενεργειακή κατανάλωση κάθε συσκευής καθώς και της όλης οικίας.

DVD player	0,03	2	0,06
Ραδιόφωνο	0,08	1	0,08
Σίδερο Σιδερώματος	1	0,6	0,6
Ηλεκτρική Σκούπα	0,8	0,6	0,48
Στεγνωτήρας Μαλλιών	0,4	0,3	0,12
Σtereοφωνικό Συγκρότημα	0,15	1,5	0,225
2 χ Τηλεόραση	0,2	6	1,2
Υπολογιστής	0,1	1,5	0,15
Εκτυπωτής	0,05	0,1	0,005
Φούρνος Μικροκυμάτων	1,5	0,15	0,225
Τοστιέρα	1	0,3	0,3
Αναμικτήρας Τροφών	0,2	0,15	0,03
Ψυγείο με Αυτόματη Απόψυξη	0,4	24	9,6
Καφετιέρα	0,7	0,3	0,21
Εσωτερικός Φωτισμός 1	0,3	6	1,8
Εσωτερικός Φωτισμός 2	0,2	3	0,6
Εξωτερικός Φωτισμός	0,3	1	0,3
Φορτιστής Κινητού	0,012	1	0,012
<b>Σύνολο</b>	<b>10,922</b>		<b>19,772</b>

<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ</b>	<b>ΙΣΧΥΣ (kW)</b>	<b>ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)</b>
Καυστήρας Πετρελαίου	0,25	5	1,25
Πλυντήριο Πιάτων	1	0,8	0,8
Πλυντήριο Ρούχων	2	0,8	1,6

**Πίνακας 7.3: Για το μήνα Δεκέμβριο. Χρησιμοποιούμενες ηλεκτρικές συσκευές, ισχύς, χρόνος λειτουργίας τους, ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση, συνολική εγκατεστημένη ισχύς και ολική κατανάλωση οικίας**

Το Δεκέμβριο δε χρησιμοποιούνται οι 6 ανεμιστήρες οροφής, συνολικής ισχύος 0,5 kW. Όμως χρησιμοποιείται καυστήρας πετρελαίου ισχύος 0,25 kW και επιπλέον ο φωτισμός εκτιμάται ότι λειτουργεί για περισσότερες ώρες. Αντίθετα, τον Ιούλιο, χρησιμοποιούνται οι 6 ανεμιστήρες ισχύος 0,5 kW, αλλά δε χρησιμοποιείται ο καυστήρας πετρελαίου, ενώ ο φωτισμός λειτουργεί λιγότερες ώρες.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ (kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Καυστήρας Πετρελαίου	0	0	0
Πλυντήριο Πιάτων	1	0,8	0,8
Πλυντήριο Ρούχων	2	0,8	1,6
Απορροφητήρας Κουζίνας	0,25	0,5	0,125
6 χ Ανεμιστήρας Οροφής	0,5	18	9
DVD player	0,03	2	0,06
Ραδιόφωνο	0,08	1	0,08
Σίδερο Σιδερώματος	1	0,6	0,6
Ηλεκτρική Σκούπα	0,8	0,6	0,48
Στεγνωτήρας Μαλλιών	0,4	0,3	0,12
Στερεοφωνικό Συγκρότημα	0,15	1,5	0,225
2 χ Τηλεόραση	0,2	6	1,2
Υπολογιστής	0,1	1,5	0,15
Εκτυπωτής	0,05	0,1	0,005
Φούρνος Μικροκυμάτων	1,5	0,15	0,225
Τοστιέρα	1	0,3	0,3
Αναμικτήρας Τροφών	0,2	0,15	0,03
Ψυγείο με Αυτόματη Απόψυξη	0,4	24	9,6
Καφετιέρα	0,7	0,3	0,21
Εσωτερικός Φωτισμός 1	0,3	3	0,9
Εσωτερικός Φωτισμός 2	0,2	2	0,4
Εξωτερικός Φωτισμός	0,3	2	0,6

**Πίνακας 7.4: Για το μήνα Ιούλιο. Χρησιμοποιούμενες ηλεκτρικές συσκευές, ισχύς, χρόνος λειτουργίας τους, ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση, συνολική εγκατεστημένη ισχύς και ολική κατανάλωση οικίας**

Διαπιστώνουμε ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι λίγο μεγαλύτερη το Καλοκαίρι, λόγω της υψηλής κατανάλωσης των ανεμιστήρων. Παρ' όλα αυτά, η διαφορά είναι τόσο μικρή (περίπου 0,25 kW) ώστε να μην επηρεάζει τις αιχμές ζήτησης. Αυτό πετυχαίνεται με την αποφυγή χρήσης κλιματιστικών συσκευών.

Η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια από τις συσκευές τους χειμερινούς μήνες είναι 19,772 kWh, ενώ τους καλοκαιρινούς 26,722 kWh. Η διαφορά αυτή δεν είναι αμελητέα και οφείλεται στις ανάγκες ψύξης του κτιρίου για αρκετές ώρες. Κοιτώντας τον Πίνακα 7.1 κατανοούμε ότι η απόκλιση καλύπτεται πλήρως από τη μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία (καλύτερη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος). Συνεπώς η μελέτη της λειτουργίας της υβριδικής εγκατάστασης αποφασίσαμε να γίνει για το μήνα Δεκέμβριο (που επικρατούν οι χειρότερες συνθήκες).

Μικρότερη μέση ημερήσια ενέργεια ηλιακής ακτινοβολίας για περιοχή στο μέσον της Ελλάδας σ' αυτή την κλίση είναι:

$$E_{HA} = 2,65 \text{ kWh/m}^2/\text{day} \text{ (για το μήνα Δεκέμβριο)}$$

Η ισχύς αιχμής PPΣ της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων μίας ημέρας αυτονομίας είναι:

$$P_p = E_k * P_{STC} * N_{EHA} * \sigma_{ASX} * (N - n)$$

όπου,

$P_{STC} = 1 \text{ kW/m}^2$ , ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις πρότυπες συνθήκες STC.

$E_k = 19,772 \text{ kWh}$ , η ημερήσια ηλεκτρική ενέργεια κατανάλωσης το Χειμώνα.

$E_{HA} = 2,6 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$  (για το μήνα Δεκέμβριο), ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

$\sigma_{AS} = 0,8$  \* σθ συντελεστής απωλειών συστοιχίας για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα.

Συντελεστής θερμοκρασίας:  $\sigma_{\theta} = 1 - [(t_a + 30) - 25] * 0,004 = 10,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

$t_a = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα το Δεκέμβριο

$\sigma_{\mu} = 0,9$ , συντελεστής μεταφοράς απωλειών ενέργειας της εγκατάστασης, η οποία περιλαμβάνει ηλεκτρικό συσσωρευτή, ελεγκτή φόρτισης και inverter.

$N = 31$  ημέρες (χρονική περίοδος αναφοράς).

$n = 1$  ημέρα (αριθμός ημερών αυτονομίας).

Μετά τους απαραίτητους υπολογισμούς, προκύπτει:

$$P_p = 14,944 \text{ kWp}$$

Άρα, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να είναι κοντά σε αυτή την τιμή για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών για τους χειμερινούς μήνες.

Για τους καλοκαιρινούς μήνες ισχύει:

$\sigma_{\theta} = 0,88$  (αφού  $t_a = 30,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

$E_k = 26,788 \text{ kWh}$ .

$E_{HA} = 7,43 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ .

Άρα, η απαιτούμενη ισχύς αιχμής της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για το Καλοκαίρι είναι:

$$P_p = 8,25 \text{ kWp}$$

Συνεπώς, αρκεί η κάλυψη των αναγκών μας το μήνα Δεκέμβριο για να καλύψουμε όλο το έτος.

Στη συνέχεια, για να υπολογίσουμε τον ακριβή τύπο, αριθμό και συνδεσμολογία φωτοβολταϊκών πλαισίων έπρεπε να ορίσουμε τη μέγιστη τάση  $V_m$  της φωτοβολταϊκής συστοιχίας. Ισχύει:

$$V_{ms} > 1,2 V_B$$

Όπου  $V_B$  η ονομαστική τάση του ηλεκτρικού συσσωρευτή και με τιμή 48 V

$$\text{Άρα, } V_{ms} > 57,6V$$

Επιλέγουμε τη χρήση φωτοβολταϊκών πλαισίων Γερμανικής προέλευσης Luxor Eco Line 60 / 225W<sub>p</sub>

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	LX 225 - P
Ονομαστική Ισχύς (W <sub>p</sub> )	225
Ονομαστικό Ρεύμα ( mpp I )	7,62
Ονομαστική Τάση ( mpp V )	29,6
Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως (A)	8,14
Τάση Ανοικτοκυκλώσεως(V)	37
Βαθμός Απόδοσης (STC)	13,83 %

**Πίνακας 7.5: Ηλεκτρικά Δεδομένα**

Ο αριθμός των πλαισίων που απαιτούνται είναι:

$$N = P_p \Sigma / P_p \Pi$$

Όπου  $P_p \Pi = 225 \text{ W}$  και  $P_p \Sigma = 14,9 \text{ kW}_p$ .

Άρα  $N = 66$  περίπου φωτοβολταϊκά πλαίσια

Για να καλύπτουμε τον περιορισμό της τάσης που θέσαμε νωρίτερα, επιλέξαμε τη δημιουργία 22 παράλληλων κλάδων , ο καθένας εκ των οποίων θα έχει 3 πλαίσια συνδεδεμένα εν σειρά. Με τη χρήση 66 πλαισίων 225 W<sub>p</sub> το καθένα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι τελικά 14,85 kW<sub>p</sub>.

Κατόπιν, υπολογίζεται η χωρητικότητα  $C$  του ηλεκτρικού συσσωρευτή. Ισχύει ο παρακάτω τύπος:

$$C = (n * E_k) / (\sigma_{\gamma B} * \sigma_{\epsilon k} * \beta_{\epsilon k} * V_B) \Rightarrow C = 353,5 \text{ Ah.}$$

Όπου  $E = 19,772 \text{ kWh/day}$ , η ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση οικίας (για τους χειμερινούς μήνες).

$\sigma_{\gamma B} = 0,8$  , συντελεστής γήρανσης συσσωρευτή.

$\sigma_{\epsilon k} = 0,91$  , συντελεστής μεταφοράς ενέργειας στο κύκλωμα εκφόρτισης. =

$\beta_{\epsilon k} = 0,4$  , βάθος εκφόρτισης συσσωρευτών για 1-3 ημέρες αυτονομίας

$V_B$  &  $n$  γνωστά.

Θα χρησιμοποιηθούν για ακόμα μεγαλύτερη ασφάλεια μπαταρίες PVX – 2120L της εταιρείας SUN – XTENDER με τάση 12 V και χωρητικότητα 253 Ah.

Η συστοιχία των συσσωρευτών θα περιλαμβάνει 2 παράλληλους κλάδους με 4 συσσωρευτές σε σειρά ανά κλάδο, δηλαδή συνολικά απαιτούνται 8 συσσωρευτές. Η σύνδεση σε σειρά καθορίζει την ονομαστική τάση ( $V_B = 4 \times 12 = 48 \text{ V}$ ) και η παράλληλη σύνδεση καθορίζει την ονομαστική χωρητικότητα ( $C = 2 \times 253 = 506 \text{ Ah}$ ).

Το επόμενο βήμα μας είναι η επιλογή του κατάλληλου ελεγκτή φόρτισης. Η τάση του ελεγκτή φόρτισης πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική τάση του συσσωρευτή, δηλαδή 48 V.

Το μέγιστο ρεύμα εισόδου του ελεγκτή είναι  $1,5 I_m$ , όπου  $I_m$  είναι η μέγιστη ένταση ρεύματος φωτοβολταϊκής συστοιχίας.

$$\text{Ισχύει } I_{m\Sigma} = I_{m\Pi} * N_{\Pi} = 167,68\text{A}$$

Όπου  $I_m = 7,62$  A, μέγιστη ένταση ρεύματος φωτοβολταϊκού πλαισίου.

$N = 22$ , ο αριθμός των παράλληλων κλάδων της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Άρα, το μέγιστο ρεύμα εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης είναι  $1,5 I_m = 251,46$  A.

Το ρεύμα εξόδου του ελεγκτή φόρτισης πρέπει να μπορεί να δώσει το μέγιστο ρεύμα στα φορτία κατανάλωσης που λειτουργούν ταυτόχρονα.

Θεωρούμε ότι η μέγιστη απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς για την ταυτόχρονη λειτουργία συσκευών είναι  $P = 8$  kW. Η τάση κατανάλωσης είναι  $V = 230$  V. Άρα το ρεύμα εξόδου θα είναι  $P / V = 34,7$  A περίπου.

Συνεπώς, θα πρέπει να επιλέξουμε ελεγκτή φόρτισης 48V / 252 A / 35A.

Στη συνέχεια, προχωρούμε στην επιλογή του κατάλληλου μετατροπέα τάσεως DC/AC (inverter). Ο μετατροπέας αυτός θα πρέπει να καλύπτει τις παρακάτω απαιτήσεις:

Τάση εισόδου ίση με την ονομαστική τάση των συσσωρευτών (δηλαδή 48 V). Η ισχύς στην έξοδο του μετατροπέα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη μέγιστη ηλεκτρική ισχύ  $P$  των φορτίων που λειτουργούν ταυτόχρονα (δηλαδή 8 kW, όπως θεωρήσαμε νωρίτερα).

Η ισχύς αιχμής του μετατροπέα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ κατανάλωσης περίπου 12 kW.

Η τάση εξόδου του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την τάση των φορτίων κατανάλωσης, δηλαδή 230 V.

Επειδή τα φορτία της οικίας είναι πολυάριθμα, επιλέξαμε σ' αυτό το σημείο να χρησιμοποιήσουμε 2 τριφασικούς μετατροπείς στους οποίους θα ισομοιράζονται τα συνολικά φορτία και που καθένας από αυτούς θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ισχύ εξόδου 4 kW και ισχύ αιχμής 6 kW

Έτσι, επιλέγουμε 2 μετατροπείς Sunny Island 5048 της εταιρείας SMA. Οι μετατροπείς αυτοί προσφέρουν ολοκληρωμένη διαχείριση του αυτόνομου συστήματος, υψηλό βαθμό απόδοσης, έξυπνη διαχείριση του συσσωρευτή για μέγιστη διάρκεια ζωής, καθώς και υπολογισμό φόρτισης του συσσωρευτή.

Τέλος, απομένει να επιλέξουμε την ανεμογεννήτρια. Στο σημείο αυτό οφείλουμε να υπενθυμίσουμε, ότι στην περίπτωση ενός υβριδικού

φωτοβολταϊκού συστήματος, σχεδιάζουμε το σύστημα με λίγες μέρες αυτονομίας (εμείς επιλέξαμε μία). Χρόνος φόρτισης  $t$  του συσσωρευτή από την ανεμογεννήτρια καθορίζεται από τον παρακάτω

$$t_{\varphi} = \beta_{\varepsilon\kappa} * C_{n\eta} * I_{\phi h} \Rightarrow t = 5,33 \text{ h}$$

όπου,  $\beta_{\varepsilon\kappa} = 0,4$ , το βάθος εκφόρτισης του συσσωρευτή για 1-3 ημέρες αυτονομίας.

$C = 506 \text{ Ah}$ , η ονομαστική χωρητικότητα του συσσωρευτή.

$n\eta$ , ο βαθμός απόδοσης φορτίου, δηλαδή ο λόγος του φορτίου κατά την

εκφόρτιση προς το φορτίο κατά τη φόρτιση (τυπική τιμή 0,9).

$I_{\phi}$ , το ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή (επιλέγεται συνήθως  $< C / 10$ ).

Εμείς επιλέξαμε  $I / C / 12$ .

Άρα η ανεμογεννήτρια θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί για τουλάχιστον 6 h ημερησίως.

Η ηλεκτρική ισχύς  $P$  της ανεμογεννήτριας για τη φόρτιση του συσσωρευτή δίνεται από τη σχέση:

$$P_{\phi} = I_{\phi} * V_{AN} \Rightarrow P = 3,8 \text{ kW}.$$

Όπου  $V_{AN} = 1,25V_B$ , η τάση εξόδου της ανεμογεννήτριας προς τον συσσωρευτή και  $V_B$  η τάση του συσσωρευτή (48 V).

Η συνολική απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς  $P_{AN}$  δίνεται από τη σχέση:

$$P_{AN} \geq P_K + P_{\phi} = 14,9 \text{ kW}$$

Όπου  $P_K = 11,172 \text{ kW}$ , η συνολική ηλεκτρική ισχύς κατανάλωσης,  $P_{\phi} = 3,8 \text{ kW}$ , η ηλεκτρική ισχύς για τη φόρτιση του συσσωρευτή.

Δηλαδή χρειαζόμαστε μια γεννήτρια ισχύος τουλάχιστον 15 kW.





## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Προκειμένου να καλυφθούν στο μέγιστο δυνατόν οι ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας, χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνικές της ενδοδαπέδιας θέρμανσης και ψύξης με FanCoil, επιτοίχιας θέρμανσης και ψύξης, ηλιακό σύστημα για την παραγωγή θερμού νερού, αντλία θερμότητας και φωτοβολταϊκό σύστημα.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε ο συνδυασμός του εδάφους θερμότητας πηγής αντλίας και το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Η βέλτιστη περίπτωση είναι η χρήση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης με αντλία θερμότητας για την θέρμανση του ρευστού και τη μεταφορά θερμότητας, επειδή όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού μεταφοράς θερμότητας, τόσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής απόδοσης (COP) της αντλίας θερμότητας.

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μία εξαιρετική λύση για κτίρια με συγκεκριμένο φορτίο θερμότητας από 40 έως 70 W/m<sup>2</sup>. Ωστόσο ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου.

Μεγαλύτερη αποτελεσματικά συναντάται στα ισόγεια συστήματα αντλίας εάν αυτά συγκριθούν με κάποιο σύστημα αέρα ή νερού, χωρίς ιδιαίτερα υψηλή κατανάλωση ενέργειας, καθότι η εδαφική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη σε σχέση με αυτή του αέρα ή του νερού. Άρα, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών. Εάν έχουμε μαλακό έδαφος πρέπει απαραίτητως να είναι και υγρό καθώς διευκολύνεται με αυτό τον τρόπο η θερμική αγωγιμότητά του.

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να σημειωθούν για το κάθε σύστημα είναι τα ακόλουθα:

### ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ:

- ✓ Το ειδικό φορτίο θερμότητας:  $q_{\text{δαπ}} = \frac{H}{A \times n} = \frac{5376,5}{89,6 \times 1} = 60 \text{ W/m}^2$
- ✓ Θερμική Διαπερατότητα (U) του Παρκέ:  $U = 1/R = \lambda/d = 0,12 / 0,01 = 12 \text{ W/(m}^2 \times \text{°C)}$ .
- ✓ Θερμοχωρητικότητα Εναλλάκτη Θερμότητας:  $Q_o = P - P_{\text{el}} = 71,6 - 20,5 = 51,1 \text{ kW}$
- ✓ Μήκος Εναλλάκτη Θερμότητας Εδάφους:  $L = Q_o / q_{\text{εδάφους}} = 51100 / 50 = 1022 \text{ m}$ .
- ✓ Σύνολο Κατακόρυφων Γεωτρήσεων:  $L = 1022 \text{ m}$ , το οποίο αναλύεται σε συνολικά 7 γεωτρήσεις των 73 m μήκος έκαστη.
- ✓ Ροή Άλμης Υγρής Φάσης:  $Q_v = Q_o / (\rho \times c \times \Delta t) = 51,1 / (1,05 \times 3,7 \times 5) = 2,63 \text{ lt/sec}$

### Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑ:

- ✓  $P_p = 14,944 \text{ kWp}$
- ✓ Αριθμός φωτοβολταϊκών πλαισίων:  $N = 66$  περίπου
- ✓ Χωρητικότητα C του ηλεκτρικού συσσωρευτή.  $C = (n \cdot E_k) / (\sigma_{\gamma B} \cdot \sigma_{\text{εκ}} \cdot \beta_{\text{εκ}} \cdot V_B) = 353,5 \text{ Ah}$ .
- ✓ Συστοιχία συσσωρευτών 2 παράλληλων κλάδων 4 συσσωρευτών σε σειρά ανά κλάδο, δηλαδή συνολικά 8 συσσωρευτές. ( $C = 2 \times 253 = 506 \text{ Ah}$ ).

- ✓ Μέγιστο ρεύμα εισόδου του ελεγκτή:  $1,5 \text{ Im} = 251,46 \text{ A}$ .
- ✓ Τάση κατανάλωσης είναι  $V = 230 \text{ V}$ .
- ✓ Ρεύμα εξόδου θα είναι  $P / V = 34,7 \text{ A}$ .
- ✓ Ελεγκτή; φόρτισης  $48\text{V} / 252 \text{ A} / 35\text{A}$ .
- ✓ Ισχύς γεννήτριας τουλάχιστον  $15 \text{ kW}$ .

Ως προς το τεchnοοικονομικό μέρος, είναι σημαντική η διεξαγωγή εκτενού μελέτης, ωστόσο για να υπάρχει μία γενική εικόνα των οικονομικών μεγεθών, γίνονται οι ακόλουθες εκτιμήσεις.

Μέσο κόστος πλήρους εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος (συμπεριλαμβανομένου του υλικού και της εργασίας) είναι τα  $11.500 \text{ ευρώ}$ . Ο δε χρόνος ζωής του ξεπερνά τα  $11 - 12 \text{ ετη}$ .

Ομοίως, για επιφάνεια σπιτιού  $90 \text{ τ.μ.}$ , το κόστος πλήρους εφαρμογής ενός κλασσικού συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης, προκύπτει βιβλιογραφικά ως μία μέση τιμή περί τα  $3.500 \text{ ευρώ}$ , ποσό που σε σύγκριση με κλασσικά πάνελ θέρμανσης κόστους  $2.200 \text{ ευρώ}$  (για τις ανάγκες ίδιων τετραγωνικών), αποδίδει επιβάρυνση  $1.300 \text{ ευρώ}$  περίπου δηλαδή  $30\%$  ακριβότερο. Το κόστος απόσβεσης της διαφοράς αυτής, θα επέλθει μέσω της πολύ χαμηλότερης κατανάλωσης σε  $4 \text{ έως } 7 \text{ έτη}$ .

Τέλος, για τα οικονομικά μεγέθη γύρω από το ηλιακό σύστημα για τα τετραγωνικά επιφάνειας της συγκεκριμένα περίπτωσης ( $90 \text{ τ.μ.}$ ) απαιτούνται περίπου  $20 \text{ τ.μ.}$  επίπεδων συλλεκτών και  $300 \text{ λίτρα}$  αποθήκευσης ζεστού νερού. Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος ανέρχεται στα  $10.000 \text{ ευρώ}$ , το οποίο όμως λόγω της εξοικονόμησης  $1,3 \text{ τόνων}$  πετρελαίου ετησίως αποσβένεται σε περίπου  $8 \text{ έτη}$ .

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. "Stainless Steel Solar Water Tank." <http://www.solarproductcn.com/5-4-solar-water-tank.html>.
2. Adapt Falc – Win. Pak;eto H/M Egkatast;asevn. by 4M Consulting Engineers, 1988, 1997.
3. ADAPT/ FALC - Win (Πακέτο H/M Εγκαταστάσεων) by 4M Consulting Engineers, 1997.
4. Altar Group Company. Υπολογισμός της Θερμικής Αντλίας. Αντλίες Θερμότητας Εδάφους. Ανακτήθηκε από: <Http://www.altargroup.com/calc/ghp.htm>
5. Bernier, Michel A., Κλειστοί βρόχοι εδάφους σε συνδιασμό με σύστημα αντλίας θερμότητας. Ashrae Journal, 12-24, Σεπτέμβριος 2006.
6. Georgakis, S. Parathanassiou, N. Hatziaargyriou, A. Engler, Ch. Hardt, "Operation of a prototype Microgrid system based on micro-sources equipped with fast-acting power electronics interfaces", 35th annual IEEE power electronics specialists conference, Aachen, Germany, 2004.
7. H. Kiehne, "Battery Technology Handbook", Marcel Dekker Inc, 2nd edition, 2003.
8. MacMillan, Jim. P.E., Αντλίες θερμότητας πηγών εδάφους σε σχολεία. Ashrae Journal, 34-38, Σεπτέμβριος 2007.
9. Marra, G. Yang, C. Treholt, E. Larsen, C. Rasmussen, and S. You, "Demand Profile Study of Battery Electric Vehicle under Different Charging Options", Power and Energy Society General Meeting, 2012 IEEE.
10. Matthias, C. Andrew, G. Sinclair, McDonald J.R, "Dynamic model of a lead acid battery for use in a domestic fuel cell system," Journal of Power Sources, Volume 161, n 2, October 27, 2006, pp 1400- 1411.
11. Rawlings, Rosemary, Οι εγχώριες πηγές αντλιών θερμότητας εδάφους: Σχεδιασμός και Εγκατάσταση Συστημάτων Κλειστού κυκλώματος. Εξοικονόμηση Ενέργειας, Μάρτιος 2004. Ανακτήθηκε από: <http://www.greenspec.co.uk/document/energy/GSHP1.pdf>
12. Recknagel - Sprenger, "Θέρμανση και Κλιματισμός", Τόμος Α, 59η έκδοση, 1978.
13. Recknagel - Sprenger, 59η έκδοση "Θέρμανση και Κλιματισμός", Τόμος Β, 59η έκδοση 1978.
14. Volker Quaschnig, "Solar thermal water heating," Renewable Energy World, pp. 95–99, 2004.
15. Β.Η Σελλούντος. Θέρμανση – Κλιματισμός. Τόμος Α, εκδόσεις Δορυφόρος, 1995
16. Β.Η Σελλούντος. Θέρμανση – Κλιματισμός. Τόμος Β, εκδόσεις Δορυφόρος, 1995
17. Γ. Δ. Α. Καρβούνης Σωτήρης Κ., Διαχείριση του περιβάλλοντος. 2000.
18. E. Demirok, D. Sera, R. Teodorescu, P. Rodriguez and U. Borup, "Clustered PV Inverters in LV Networks: an overview on impacts and comparison of voltage control strategies", 2009 IEEE Electrical Power & Energy Conference.
19. Ε.Α Ζωγόπουλος, Ν.Χ.Φέτσης, Δ.Δ Ταζόγλου "Εγκαταστάσεις Θέρμανσης", εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003.

- 20.Ι. Γκάτσης and Θ. Φουστέρης, “Ανάπτυξη Πειραματικής Συσκευής Ηλιακής Ενέργειας για Θέρμανση Νερού Χρήσης και Χώρου,” 2016.
- 21.Ι.Ι Γελεγένης - Π.Ι Αξαόπουλος. Πηγές ενέργειας συμβατικές και ανανεώσιμες. Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, 2005.
22. Olivier Tremblay, Louis-A. Dessaint “Validation of a Battery Dynamic Model for EV Applications”, World Electric Vehicle Journal, vol.3, May, 2009.
23. Ομοσπονδιακό Πρόγραμμα Διαχείρισης Ενέργειας, Ενεργειακής Απόδοσης και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Ιούλιος 2001. Ανακτήθηκε από: [http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/groundsource\\_heatpumps.pdf](http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/groundsource_heatpumps.pdf)
24. Παπαϊωάννου Τ. Ιουλία, “Επίδραση της ένταξης Φ/Β μονάδων στην ποιότητα ισχύος δικτύων διανομής”, Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη 2010.