

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ:1009

**ΘΕΜΑ: ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΠΙΩΝ
ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ.Α

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	3
Μέρος Α	
1. Εισαγωγή.....	3
1.2 Γεωθερμικά πεδία.....	4
1.3 Δυνατότητες αξιοποίησης γεωθερμικών πεδίων.....	4
1.4 Ιστορία της τεχνικής θέρμανσης.....	7
2. Αρχή λειτουργίας γεωθερμίας και γεωθερμικού κλιματισμού.....	10
3. Γεωεναλλάκτης και γεωθερμική αντλία.....	13
4. Κεντρικές θερμάνσεις.....	16
5. Εφαρμογή ενδοδαπέδιας θέρμανσης και ψύξης	19
6. Υλικά για δεδομένη εφαρμογή.....	37
7. Η θεωρεία του γεωθερμικού κλιματισμού.....	45
8. Σύγκριση γεωθερμίας με συμβατικά συστήματα.....	49
Μέρος Β	
1. Εισαγωγή.....	52
1.1. Ηλιακή ακτινοβολία.....	53
1.2. Ιστορική αναδρομή.....	55
1.3. Βασικές γνώσεις για φ/β.....	57
2. Φωτοβολταϊκό σύστημα.....	60
3. Αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού.....	62
4. Κατασκευαστικά στοιχεία φωτοβολταϊκού συστήματος.....	67
5. Εφαρμογή.....	95
5.1. Ηλεκτρικά φορτία σε δεδομένο κτήριο.....	97
6. Σύγκριση φωτοβολταϊκών με συμβατικά.....	104
Βιβλιογραφία.....	106

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην εποχή που ζούμε υπάρχει μια υπερκατανάλωση στα υλικά αγαθά, η οποία οφείλεται στον τρόπο ζωής. Η αύξηση σε ζήτηση ενέργειας έχει αυξηθεί στις αστικές πόλεις και αυτό έχει σαν συνέπεια να αυξάνονται οι ρύποι στο περιβάλλον από τα εργοστάσια λυχνίτη. Επίσης, σημαντικές εκπομπές καυσαερίων έχουμε κι από τους καυστήρες θέρμανσης. Οι καυστήρες θέρμανσης και τα εργοστάσια λυχνίτη δεν καθαρίζονται ετησίως και ούτε φιλτράρονται αντίστοιχα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να διοχετεύονται καυσαέρια στο περιβάλλον. Έτσι, η τρύπα του όζοντος στην ατμόσφαιρα μεγαλώνει, αυτόματα η μέση θερμοκρασία του πλανήτη μας αυξάνεται και κατά συνέπεια λιώνουν οι πάγοι στους πόλους. Ως λύση σε αυτό το πρόβλημα, προτείνουμε να καλύψουμε τις ανάγκες μας με συμβατές ήπιες μορφές ενέργειας. Συγκεκριμένα, τις ανάγκες για θέρμανση θα τις καλύψω με τη μέθοδο της γεωθερμίας και τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια με φωτοβολταϊκά πάνελ.

ΜΕΡΟΣ Α

1. Εισαγωγή

Η ροή θερμότητας από το εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια της γης χαρακτηρίζεται σαν γεωθερμική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή αποτελεί μέρος της ενεργειακής κληρονομιάς του πλανήτη μας από τη στιγμή που αυτός αποσπάρθηκε από τη συνολική διάπυρη μάζα του ηλιακού μας συστήματος. Η γεωθερμική ενέργεια εκλύεται στην επιφάνεια της γης είτε υπό μορφή ατμού υψηλής πίεσης (ή μίγματος νερού-ατμού) οπότε και αναφερόμαστε σε γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας, είτε υπό μορφή ζεστού νερού υπό πίεση, οπότε και έχουμε τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται η δημιουργία κατάλληλων γεωτρήσεων ώστε να καταστεί δυνατή η έξοδος του γεωθερμικού ρευστού στην επιφάνεια της γης.

Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας είναι εν δυνάμει πηγή παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Αντίστοιχα, τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι σήμερα αποδοτικά για ηλεκτροπαραγωγή με αποτέλεσμα να παραμένουν συχνά ανεκμετάλλευτα, σκορπώντας τη διαθέσιμη ενέργεια τους στο περιβάλλον. Φυσικά, ακόμα και στην περίπτωση γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας είναι δυνατή η

αξιοποίηση των αναγκών, ενώ τα τελευταία χρόνια ερευνάται η δυνατότητα ηλεκτροπαραγωγής με χρήση δυαδικών κύκλων.

1.2. Γεωθερμικά πεδία

Η πυκνότητα της ροής της γεωθερμικής ενέργειας στην επιφάνεια της γης είναι κατά κανόνα χαμηλή και εκτιμάται στα 40 με 50 mW/m². Παράλληλα, η μεταβολή (αύξηση) της θερμοκρασίας της γης σε συνάρτηση με το βάθος σε σχέση με την επιφάνεια του πλανήτη θεωρείται υπό κανονικές συνθήκες περίπου σταθερή και ονομάζεται γεωθερμική βαθμίδα με τυπική τιμή τους 33°C/km. Αντιθέτως, σε περίπτωση ύπαρξης γεωθερμικών πεδίων παρατηρείται σημαντική αύξηση της επιφανειακής ροής θερμότητας, ενώ καταγράφονται και σημαντικές ανωμαλίες στην τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας. Για παράδειγμα, στο ανατολικό τμήμα της νήσου Μήλου η γεωθερμική βαθμίδα είναι περίπου δεκαεξαπλάσια της κανονικής.

Τα υφιστάμενα γεωθερμικά πεδία κατατάσσονται ως προς την προέλευσή τους σε δύο κατηγορίες:

α. Σε εκείνα που συνδέονται με σχετικά πρόσφατη ηφαιστειακή ή υποηφαιστειακή δράση και παράγουν από - μικρού σχετικά βάθους (μέχρι 3km) - γεωθερμικούς ταμειυτήρες (reservoir) υπέρθερμους ατμούς ή μίγματα ατμού - νερού και

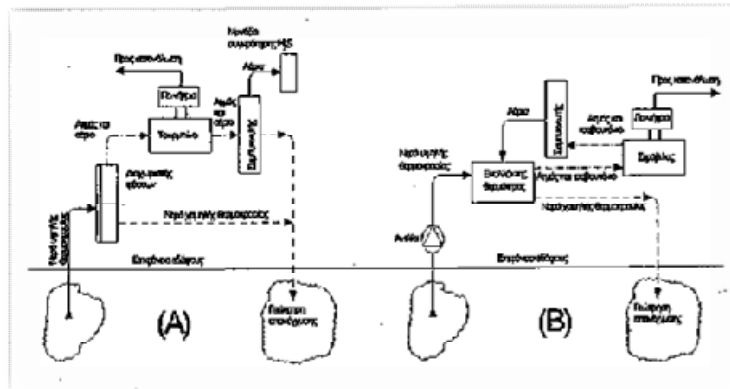
β. Σε εκείνα που οφείλουν την ύπαρξή τους σε ιζηματογενείς λεκάνες ή τεκτονικά βυθίσματα με θερμική ροή μεγαλύτερη ή ίση της μέσης γήινης, τα οποία είναι ικανά να φιλοξενήσουν σε υπόγεια υδροφόρα πετρώματα σημαντικές ποσότητες θερμού νερού υπό πίεση.

Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τα λεγόμενα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας (θερμοκρασία ταμειυτήρα >150°C), ενώ στη δεύτερη περίπτωση έχουμε τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας.

1.3. Δυνατότητες αξιοποίησης γεωθερμικών πεδίων

Λόγω της χαμηλής πυκνότητας της γεωθερμικής ενέργειας και της υψηλής εντροπίας της, η εκμετάλλευσή της θεωρείται οριακά οικονομικά ενδιαφέροντα, εκτός από τις περιπτώσεις όπου κατάλληλες γεωλογικές και θερμικές συνθήκες δημιουργούν το απαραίτητο ευνοϊκό οικονομικό πλαίσιο για εξασφάλιση υψηλών οικονομικών αποδόσεων. Η αξία ενός γεωθερμικού πεδίου είναι μεγαλύτερη, καθιστώντας και την εκμετάλλευσή του ελκυστικότερη στην περίπτωση μεγάλης έκτασης

γεωθερμικού ταμιευτήρα, χαμηλού απαιτούμενου βάθους της παραγωγικής γεώτρησης, μεγάλης τιμής γεωθερμικής βαθμίδας και ύπαρξης γεωθερμικών ρευστών υψηλής πίεσης. Με την υφιστάμενη τεχνολογική πρόοδο αξιοποιούνται σήμερα και γεωθερμικά πεδία παροχής ζεστού νερού θερμοκρασίας έως και 25°C με ικανοποιητικά οικονομικά αποτελέσματα. Επιπλέον, σε αρκετές περιπτώσεις είναι δυνατή η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας ιδιαίτερα χαμηλής ενθαλπίας έως και 15°C.



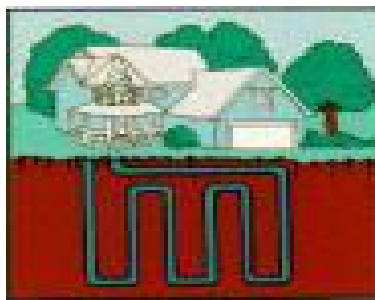
Σχήμα 1.3: Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας

Υπάρχουν δύο κύριες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας. Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκάζιερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή με γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.



Σχήμα 1.3.1: Πρώτος τρόπος εφαρμογής της γεωθερμικής ενέργειας

Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπόγειων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης. Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας παράγει παγκοσμίως 8.000 (MWe) ηλεκτρικού ρεύματος και 4.000 (MWt) θερμικής ενέργειας. Με αυτή τη μέθοδο θα ασχοληθούμε και εμείς προκειμένου να καλύψουμε τις ανάγκες για θέρμανση σε δεδομένο κτίριο.



Σχήμα 1.3.2: Δεύτερη μέθοδος εφαρμογής της γεωθερμικής ενέργειας.

1.4. Ιστορία της τεχνικής θέρμανσης

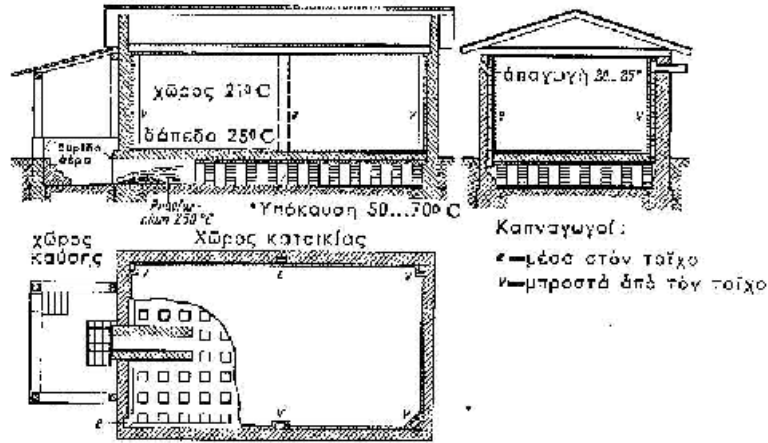
Η πιο παλιά μορφή της τοπικής θέρμανσης όλων των λαών ήταν η ανοικτή εστία με ξύλα που χρησίμευε ταυτόχρονα και για την Παρασκευή φαγητού. Το κύριο μειονέκτημά της ήταν η παραγωγή μεγάλης ποσότητας καπνού. Για την καταπολέμησή του, επινόησαν οι Ρωμαίοι τον ξυλάνθρακα, ο οποίος καίγεται σε επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες και δεν παράγει καπνό. Η μορφή αυτή της θέρμανσης είναι και η πιο διαδεδομένη κατά την αρχαιότητα.

Στη Γερμανία, από τον δέκατο αιώνα εμφανίζεται το ανοικτό τζάκι σαν εξέλιξη της ανοικτής εστίας. Θερμάστρα, κλειστή εστία φωτιάς, με απαγωγή των καυσαερίων από την καπνοδόχο, δημιουργείται και αυτή με βάση παλιά πρότυπα και βρίσκεται από το 14ο αιώνα, σαν πλήρη θερμάστρα, μεγάλη εφαρμογή. Με τον καιρό έχει βελτιωθεί πολύ. Η καταγωγή της σιδερένιας θερμάστρας (15^{ος} αιώνας) ανάγεται στη θερμάστρα με χυτές πλάκες και εξελίσσεται μέχρι τη στρογγυλή θερμάστρα (17^{ος} αιώνας) και τις σημερινές μορφές της.

Νέα πεδία εφαρμογής ανοίγονται με τις θερμάστρες πετρελαίου και αερίου. Κυρίως οι θερμάστρες πετρελαίου έχουν βρει τα τελευταία χρόνια διάδοση.

Πρώτη κεντρική θέρμανση είναι η λεγόμενη υποκαυστική θέρμανση των Ρωμαίων. Η εστία είναι κάτω από το κτίριο, σαν καύσιμο χρησιμοποιείται ξύλο ή ξυλάνθρακας και τα καυσαέρια διοχετεύονται στον κενό χώρο κάτω από το σπίτι και ζεσταίνουν το πάτωμα. Τα καυσαέρια απάγονται από σωλήνες ή κανάλια στους τοίχους. Τα ανοίγματα εξόδου είναι πλευρικά και δεν υπάρχουν καμινάδες.

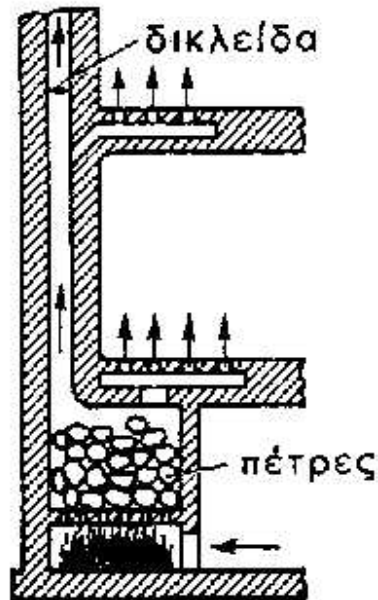
Τους πρώτους μ.Χ. αιώνες κατασκευάστηκαν στη Ρώμη και γενικά στη ρωμαϊκή αυτοκρατορία πολλές μεγάλες υποκαυστικές θερμάνσεις όπως π.χ. για τις Θερμικές (λουτρά) του Καρακάλα (211 - 217 μ.Χ.) και του Διοκλητιανού καθώς και στην Τεργέστη.



Σχήμα 1.4: Σχηματική παράσταση θέρμανσης

Στη θέρμανση με κανάλια δεν ήταν όλος ο χώρος κάτω από το δάπεδο κενός. Τα καυσαέρια διοχετεύονταν σε κανάλια κάτω από το δάπεδο και με αυτό τον τρόπο είχαν μία εξελιγμένη μορφή της θέρμανσης με καθαρό αέρα, όπου μετά το σβήσιμο της φωτιάς άνοιγαν δίοδοι του αέρα στο πάτωμα, που μέχρι τότε ήταν κλειστοί. Έτσι, ρυθμιζόταν η θερμοκρασία πιο σωστά.

Στη Γερμανία υπήρχε ένας παρόμοιος τύπος από τον 12ο αιώνα, η θέρμανση με θερμάστρες, στις οποίες τα ξύλα ζέσταιναν στρώματα από πέτρες (Steinluftheizung) που μετά το σβήσιμο της φωτιάς αποδίδανε την αποθηκευμένη θερμότητα με τη μορφή θέρμανσης ανοδικού ρεύματος αέρα (Ordenschloss, Marienburg, Rathaus, Luneburg). Κατά τον 18ο αιώνα εμφανίζονται οι θερμάνσεις με θερμάστρες αέρα στο υπόγειο και κτισμένα τοιχώματα, όπου και για πρώτη φορά υπάρχουν ξεχωριστές διαδρομές του αέρα και των καυσαερίων.



Σχήμα 1.4.1: Θερμάστρα με στρώσεις από πέτρες

Τα καυσαέρια απάγονται από καμινάδα. Ο αέρας ζεσταίνεται στο εξωτερικό μέρος της θερμάστρας και διοχετεύεται από ανοίγματα του πατώματος στον χώρο.

Αργότερα, εμφανίζονται και σιδερένιες θερμάστρες με μεταλλικούς καπναγωγούς και τον ζεστό αέρα εξωτερικά ή και αντίστροφα (θέρμανση με καπναγωγούς).

Η θέρμανση με ατμό εμφανίζεται στην Αγγλία γύρω στα 1750. Η υπερπίεση του ατμού είναι 1 ως 2 bar. Τα θερμαντικά σώματα ήταν απλοί σωλήνες, πτερυγιοφόροι σωλήνες ή «σερπαντίνες». Αργότερα, χρησιμοποιείται ατμός χαμηλής πίεσης. Η ρύθμιση γίνεται με τη μεταβολή της πίεσης του ατμού. Κατά το 1870 κατασκευάζονται χυτοσιδερένιοι λέβητες, στην αρχή στις Η.Π.Α., όπου πρωτοεμφανίζονται το 1880 και τα σπονδυλωτά θερμαντικά σώματα από χυτοσίδηρο. Ο μηχανικός Strebel παρουσιάζει το 1895 τον πρώτο λυόμενο λέβητα. Στη συνέχεια, η θέρμανση βελτιώνεται με τη ρύθμιση της εστίας, με ρυθμιστικές βαλβίδες και την χρήση κωκ. Η επιστημονική θεμελίωση της τεχνικής της θέρμανσης γίνεται από τον

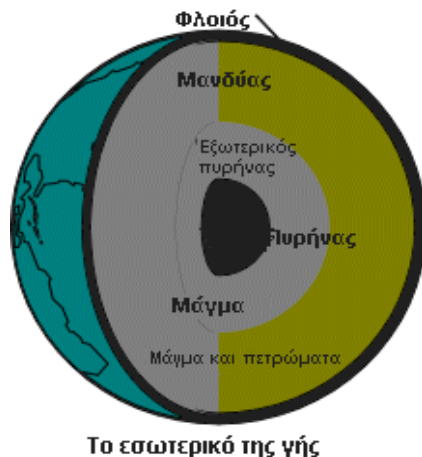
Hermann Rietschel. Το 1900 κατασκευάζεται η πρώτη κεντρική θέρμανση πόλης στη Δρέσδη (μέγιστη απόσταση 1040m, 11 κτίρια).

Κατά τις αρχές και μετά τα μέσα του 18ου αιώνα κατασκευάζονται οι πρώτες θερμάνσεις με θερμό νερό στην Αγγλία και τη Γαλλία και βρίσκουν τη μεγαλύτερη διάδοσή τους από το 1850 στη Γερμανία, οπότε ιδρύονται και οι πρώτες βιομηχανίες κεντρικής θέρμανσης. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται με τη βαρύτητα. Το 1885 δημιουργείται στο Βερολίνο έδρα για τη θέρμανση και τον εξαερισμό με καθηγητή τον Hermann Rietschel (1870-1914). Το 1898 ιδρύεται ο σύνδεσμος Γερμανών βιομηχάνων κεντρικής θέρμανσης (VdCI). Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα αρχίζει η χρήση των κυκλοφορητών (αντλίες) και εκτοπίζεται σιγά - σιγά η θέρμανση με ατμό. Η θέρμανση με θερμό νερό και κυκλοφορητή είναι πια ο συνηθισμένος τρόπος θέρμανσης των κατοικιών και των γραφείων, ενώ η θέρμανση με ατμό χρησιμοποιείται σε εργοστάσια.

Ο Perkins εφαρμόζει το 1831 στην Αγγλία τη θέρμανση με υπέρθερμο νερό (θέρμανση Perkins), με κλειστό σύστημα σωλήνων με ισχυρά τοιχώματα για μεγάλες πιέσεις, έως 200bar. Χρησιμοποιείται κυρίως για βιομηχανικούς σκοπούς. Από το 1925 περίπου, προστίθεται στη Γερμανία κυρίως, και κυκλοφορητής στο σύστημα. Εφαρμόζεται κεντρική θέρμανση πόλης με υπέρθερμο νερό και μετατροπείς και συναγωνίζεται την κεντρική θέρμανση πόλης με ατμό. Οι νεώτερες εξελίξεις χαρακτηρίζονται από την προσπάθεια να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας της θέρμανσης.

2. Αρχή λειτουργίας γεωθερμίας

Είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάζει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της.



Το εσωτερικό της γής

Σχήμα 2: Προέλευση γεωθερμίας

2.1. Αρχή λειτουργίας γεωθερμικού κλιματισμού

Ο γεωθερμικός κλιματισμός μπορεί να εγκατασταθεί σε όλα τα νέα συγκροτήματα κατοικιών και οικοδομών, κυρίως όμως βρίσκει πεδίο εφαρμογής σε κτίρια επαγγελματικών χώρων και βιομηχανικές μονάδες. Τα συστήματα αβαθούς γεωθερμίας αποτελούνται από τρεις κλάδους συγκρότησης:

α. τον γεωθερμικό εναλλάκτη, ο οποίος είναι ένα κλειστό κύκλωμα σωληνώσεων μέσα στο έδαφος και αποβάλλει ή προσροφά θερμότητα από αυτό.

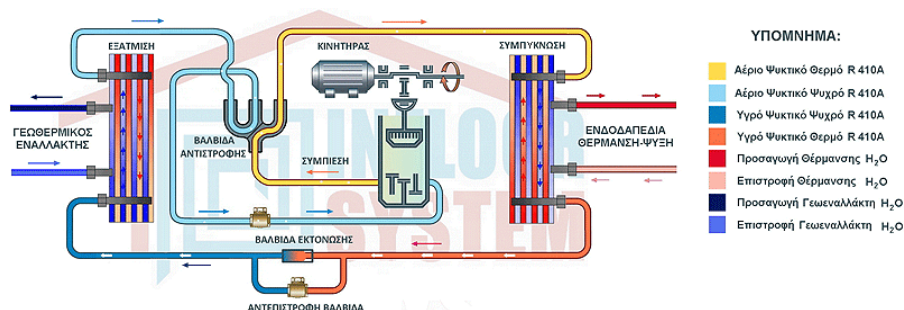
Η επιλογή του γεωεναλλάκτη εξαρτάται από τον διαθέσιμο χώρο που υπάρχει στο οικόπεδο της κατασκευής. Μπορεί να είναι είτε οριζόντιος – όταν υπάρχει διαθέσιμος χώρος -, είτε κατακόρυφος μέσα στη γη – όταν το έδαφος προσφέρεται για γεώτρηση και π.χ. δεν είναι πετρώδες.

Στην οριζόντια διάταξη, το κόστος εκσκαφής – τοποθέτησης του εναλλάκτη θερμότητας είναι αισθητά χαμηλότερο. Στην κατακόρυφη διάταξη, ο αριθμός των γεωτρήσεων εξαρτάται από το ψυκτικό και θερμικό φορτίο της κατασκευής, ενδείκνυται δε σε περιπτώσεις κατασκευών που η εναπομείνασα επιφάνεια του οικοπέδου είναι περιορισμένη. Το παρακάτω κατακόρυφο διάγραμμα απεικονίζει την συγκεντρωτική διάταξη μίας γεωθερμικής εγκατάστασης, για τυπική κατασκευή τριών επιπέδων.

β. την αντλία θερμότητας νερού, η οποία αντλεί ενέργεια από ένα χώρο και την μεταφέρει σε ένα άλλο χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας.

Εξαιτίας της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους, καθ' όλη την διάρκεια του έτους, ο βαθμός απόδοσης C.O.P. της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας παραμένει σταθερά σε λόγο 6 προς 1. Δηλαδή, για κάθε kw ηλεκτρικής ενέργειας $W_{ηλ}$ που καταναλώνει η αντλία θερμότητας από το οικιακό δίκτυο, αποδίδει 6kw θέρμανσης ή ψύξης αντίστοιχα. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έως και 60%, συγκριτικά με ένα συμβατικό σύστημα κάλυψης του θερμικού και ψυκτικού φορτίου.

γ. το σύστημα που προσδίδει ή απορροφά θερμότητα από το εσωτερικό του χώρου. Οι αντλίες θερμότητας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα συμβατικά σώματα των καλοριφέρ καθώς αυτά απαιτούν πολύ υψηλές θερμοκρασίες νερού, αλλά μόνο συστήματα ακτινοβολίας (θέρμανση και ψύξη δαπέδου). Υποστηρικτικά, στο εσωτερικό της εγκατάστασης μπορούν να λειτουργήσουν και F.C.U. (σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα), για την αφύγρανση των εσωτερικών χώρων στη λειτουργία της ψύξης.



Σχήμα 2.1: Απεικονίζεται ο κύκλος λειτουργίας της γεωθερμικής αντλίας στην λειτουργία της θέρμανσης, ο οποίος αντιστρέφεται την καλοκαιρινή περίοδο μέσω της βαλβίδας αντιστροφής

Η σωλήνωση στο έδαφος, που αναλαμβάνει την παραλαβή/απόρριψη θερμότητας στο έδαφος, γίνεται με κοινούς πλαστικούς σωλήνες πολυαιθυλενίου (HDPE) που έχουν διάρκεια ζωής πάνω από 50 χρόνια. Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει

οριζόντια ή κατακόρυφα. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα κοντά μας, μπορούν προαιρετικά να αξιοποιηθούν. Η γεωθερμία μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε νέο κτίριο με τα ίδια οφέλη, σε μονοκατοικίες, συγκροτήματα τουριστικών κατοικιών, ξενοδοχεία, κτίρια γραφείων, οπουδήποτε κι αν βρίσκονται αυτά.

3. Γεωεναλλάκτης και Γεωθερμική αντλία

Γεωεναλλάκτης

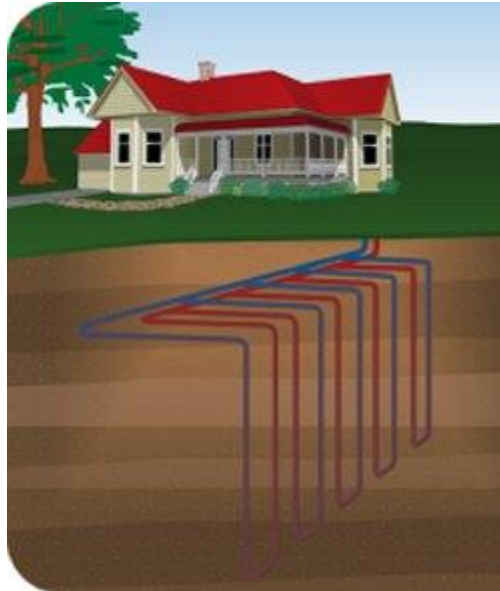
Οι εξωτερικές θερμοκρασίες του αέρα μεταβάλλονται με την αλλαγή των εποχών αλλά όχι και οι θερμοκρασίες του υπεδάφους. Σε βάθος δύο έως τριών μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους οι θερμοκρασίες παραμένουν σχετικά σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Ένα γεωθερμικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από μια μονάδα εντός του κτιρίου και ένα θαμμένο γεωεναλλάκτη, αξιοποιεί αυτές τις σταθερές θερμοκρασίες για να δεσμεύσει την "ελεύθερη" ενέργεια. Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και την φέρνει στη μονάδα εσωτερικά του κτιρίου. Η μονάδα αντλεί τη θερμότητα σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διανέμει στο κτίριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στην πιο δροσερή γη. Καθένας με ένα ψυγείο ή ένα κλιματιστικό μηχάνημα έχει γίνει μάρτυρας της λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας, ακόμα κι αν ο όρος αντλία θερμότητας μπορεί να είναι άγνωστος. Όλες αυτές οι μηχανές, αντί να παράγουν θερμότητα, μεταφέρουν την υφιστάμενη θερμότητα από ένα χώρο χαμηλότερης θερμοκρασίας σε ένα χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Τα ψυγεία και τα κλιματιστικά μηχανήματα είναι αντλίες θερμότητας που κινούν τη θερμότητα από τους πιο κρύους εσωτερικούς χώρους στους θερμότερους εξωτερικούς χώρους με σκοπό την ψύξη των πρώτων. Οι αντλίες θερμότητας κινούν επίσης την θερμότητα από χαμηλής θερμοκρασίας πηγές σε υψηλής θερμοκρασίας χώρους με σκοπό τη θέρμανση. Το γεγονός όμως ότι μια γεωθερμική αντλία θερμότητας μπορεί να προσφέρει θέρμανση και ψύξη την κάνει ιδιαίτερα ελκυστική. Με ένα απλό γύρισμα του διακόπτη στον εσωτερικό θερμοστάτη μπορείτε να περάσετε από την μία λειτουργία στην άλλη. Κατά τη διάρκεια της ψύξης, η γεωθερμική αντλία θερμότητας απάγει την θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους και τη μεταφέρει στη δροσερή γη μέσω του γεωεναλλάκτη,

ανοικτού ή κλειστού κυκλώματος. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η διαδικασία αντιστρέφεται. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι με μερικές γεωθερμικές αντλίες θερμότητας μπορούν να παρέχουν όλο το απαιτούμενο ζεστό νερό χρήσης με τη ίδια απόδοση που κάνουν την θέρμανση και την ψύξη. Χρειάζεται η επιλογή του θερμαντήρα νερού (desuperheater) που προστίθεται στις περισσότερες αντλίες θερμότητας. Θα τροφοδοτεί με ζεστό νερό χρήσης πολύ οικονομικά τη δεξαμενή ζεστού νερού. Το ανοιχτό κύκλωμα χρησιμοποιεί τα υπόγεια νερά από μία συνηθισμένη υδάτινη πηγή και ως πηγή θερμότητας. Τα υπόγεια νερά αντλούνται στην αντλία θερμότητας όπου η θερμότητα εξάγεται από το νερό, το οποίο στη συνέχεια επανεισάγεται στον υδροφορέα κατά τρόπο περιβαλλοντικά ασφαλή. Επειδή τα υπόγεια νερά έχουν σχετικά σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, αποτελούν μια άριστη πηγή θερμότητας. Η ποσότητα υπόγειου νερού δεν είναι πολύ μεγάλη και ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της μονάδας που έχουμε και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Ο ανάδοχος της μελέτης και του έργου θα πρέπει να παρέχει την αντίστοιχη πληροφόρηση. Η υδρογέωση σε συνδυασμό με την αντλία θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτούμενες παροχές. Πιθανά θα χρειαστούν μετατροπές στην υφιστάμενη υδραυλική εγκατάσταση για να καλυφθούν οι απαιτήσεις παροχών. Όσον αφορά το κατασκευαστικό τμήμα, με σωστή εγκατάσταση ο γεωεναλλάκτης θα λειτουργεί για πολλές δεκαετίες. Επίσης, στα κλειστά κυκλώματα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο σωλήνες πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας (HDPE). Με σωστή εγκατάσταση αυτοί οι σωλήνες αντέχουν για πολλές δεκαετίες. Παραμένουν άθικτοι από τα συστατικά του εδάφους και έχουν καλές ιδιότητες θερμικής αγωγιμότητας. Σωλήνες PVC δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούνται. Τα τμήματα των σωλήνων ενώνονται με θερμική κόλληση. Η θερμική κόλληση περιλαμβάνει την θέρμανση και κοινό λιώσιμο των σωλήνων στις περιοχές επαφής ώστε τελικά να δημιουργηθούν ενώσεις πιο ισχυρές και από τον ίδιο τον σωλήνα. Η τεχνική αυτή παράγει σίγουρες ενώσεις που αποτρέπουν τις διαρροές

Οι γεωθερμικές αντλίες

Οι γεωθερμικές αντλίες είναι από τις πιο αποδοτικές ενεργητικές (σε αντίθεση με τις παθητικές) τεχνολογίες στον κόσμο για τη θέρμανση και ψύξη των σπιτιών, των σχολείων, των επιχειρήσεων και άλλων κτηρίων. Χρησιμοποιούν τη φυσική θερμοκρασία της γης για τη θέρμανση το χειμώνα και την ψύξη το

καλοκαίρι. Εκμεταλλεύονται το πλεονέκτημα ότι η θερμοκρασία του εδάφους δεν ποικίλει από εποχή σε εποχή όπως ο αέρας. Λειτουργεί όπως ένα ψυγείο. Το χειμώνα μεταφέρει τη φυσική θερμότητα της γης στο κτίριο με νερό που κυκλοφορεί σε κλειστούς πλαστικούς σωλήνες που εισάγονται στο έδαφος. Το καλοκαίρι μεταφέρει τη θερμότητα του κτηρίου στη γη ψύχοντας έτσι το σπίτι. Το ίδιο πλαστικό σύστημα χρησιμοποιείται το καλοκαίρι όπως και το χειμώνα. Απλά, αλλάζει η κατεύθυνση κίνησης του νερού. Είναι πιο αποτελεσματικά από τα κλιματιστικά επειδή βασικά "μετακινούν" τη θερμότητα αντί να καταναλώνουν ενέργεια για να τη δημιουργήσουν.



Σχήμα 3: Κατακόρυφη απεικόνιση



Σχήμα 3.1: Οριζόντια απεικόνιση

4. Κεντρικές θερμάνσεις

Από τότε που ανακάλυψε τη φωτιά ο άνθρωπος τη χρησιμοποίησε κυρίως για να προστατευτεί από το κρύο του χειμώνα, δηλαδή για θέρμανση. Θέρμανση είναι η κατάλληλη αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος που σκοπό έχει να δημιουργήσει στον άνθρωπο την αίσθηση της άνεσης και της ευεξίας. Ο πιο απλός τρόπος θέρμανσης, που χρησιμοποιήθηκε από αρχαιοτάτων χρόνων, ήταν οι περιορισμένες ελεγχόμενες φωτιές με ξύλα, τις οποίες ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε και για την παρασκευή φαγητού. Στη συνέχεια, ιδιαίτερα στα κτίρια κατοικίας δημιουργήθηκαν εστίες φωτιάς σε συγκεκριμένους χώρους, όπως το τζάκι, με κύριο στόχο τη θέρμανση του χώρου. Το είδος της θέρμανσης αυτής ονομάζεται τοπική, επειδή η εμβέλεια της θέρμανσης περιορίζεται σε ένα χώρο. Ιστορικά, οι Ρωμαίοι χρησιμοποίησαν για πρώτη φορά μία εστία φωτιάς για τη θέρμανση περισσότερων χώρων κατοικίας. Στην περίπτωση αυτή, η μοναδική εστία φωτιάς ήταν τοποθετημένη στο υπόγειο του σπιτιού και τα αέρια προϊόντα της (καυσαέρια) απάγονταν με κανάλια στους τοίχους, που είχαν οριζόντιες εξόδους στο περιβάλλον. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνονταν θέρμανση του δαπέδου στους 25 °C και των χώρων στους 21 °C. Η θέρμανση με

μία εστία φωτιάς όλων των προς θέρμανση χώρων κτιρίου ονομάζεται κεντρική.

Είναι εγκαταστάσεις θέρμανσης κτιρίων, οι οποίες λαμβάνουν τη θερμική ενέργεια από μία κεντρική πηγή θερμότητας (μονάδα παραγωγής θερμότητας) και θερμαίνουν όλους τους προς θέρμανση χώρους του κτιρίου. Η θερμική ενέργεια που παράγει η κεντρική πηγή παραλαμβάνεται με κατάλληλο μέσο και μεταφέρεται μ' αυτό σε όλους τους χώρους του κτιρίου των οποίων επιθυμούμε τη θέρμανση. Ως μέσα παραλαβής και μεταφοράς της θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούνται κυρίως το νερό, ο ατμός και ο αέρας.

Οι κεντρικές θερμάνσεις προτιμούνται για τη θέρμανση των κτιρίων επειδή όταν είναι καλά σχεδιασμένες, θερμαίνουν σωστά τους χώρους και ταυτόχρονα, είναι πιο οικονομικές από οποιαδήποτε άλλη μορφή θέρμανσης.

Κεντρικές θερμάνσεις θερμού νερού

Είναι οι κεντρικές θερμάνσεις οι οποίες χρησιμοποιούν το νερό ως μέσο μεταφοράς της θερμότητας. Η θερμότητα παραλαμβάνεται από το νερό στην κεντρική μονάδα παραγωγής θερμότητας και μέσω αυτού μεταφέρεται στους προς θέρμανση χώρους. Το νερό θερμαίνεται μέχρι τους 110 °C, αλλά η μέγιστη θερμοκρασία που χρησιμοποιείται συνήθως στην πράξη είναι 90 °C.

Απαιτήσεις από μια θέρμανση

1. Η αισθητή θερμοκρασία (μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα και της θερμοκρασίας των τοιχωμάτων) στον θερμαινόμενο χώρο πρέπει να είναι κατά το δυνατό ομοιόμορφη και κατά την κατακόρυφη και κατά την οριζόντια διεύθυνση, περίπου 20 ως 23 °C, με μία απόκλιση περίπου ± 1 °C. Για να ισχύει αυτό, πρέπει να υπάρχει μια διαρκής θερμική ισορροπία μεταξύ της θερμότητας που παράγεται μέσα στο χώρο και αυτής που απάγεται από αυτόν προς το περιβάλλον.

2. Η θέρμανση πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη, δηλαδή πρέπει η αισθητή θερμοκρασία να μπορεί να μεταβάλλεται σε ορισμένα όρια, ανάλογα με την οποιαδήποτε επιθυμία. Στην περίπτωση αυτή, η ρύθμιση πρέπει να έχει μικρή αδράνεια, δηλαδή να ενεργεί γρήγορα. Μεγάλη σημασία έχει να ζεσταίνεται ο χώρος σε μικρό χρονικό διάστημα.

3. Δεν πρέπει με τη θέρμανση να πέφτει η ποιότητα του αέρα του χώρου, κυρίως δεν πρέπει να εμφανίζονται ενοχλητικοί θόρυβοι και «ρεύματα» αέρα. Τα θερμαντικά σώματα να καθορίζονται εύκολα.

4. Το κόστος κατασκευής και λειτουργίας της θέρμανσης πρέπει να είναι μικρό. Δεν υπάρχει ακόμη θέρμανση που να εκπληρώνει όλες τις παραπάνω απαιτήσεις στον ίδιο βαθμό. Όλες οι θερμάνσεις, από την ανοικτή εστία μέχρι τις σύγχρονες θερμάνσεις ακτινοβολίας έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η εκλογή του είδους της θέρμανσης στην κάθε περίπτωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως π.χ. το είδος του κτιρίου, τη διάρκεια λειτουργίας, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας κ.α.

Πλεονεκτήματα:

- Το οικονομικότερο σύστημα κλιματισμού στον πλανήτη
- Ταυτόχρονα, το φιλικότερο προς το περιβάλλον
- Χαμηλό κόστος συντήρησης και μακροζωία εγκατάστασης
- Πλήθος μονάδων για όλες τις εφαρμογές και απαιτήσεις
- Υψηλή ποιότητα κατασκευής, αμερικάνικης προέλευσης
- Μονάδες ειδικά κατασκευασμένες για γεωθερμική λειτουργία
- Παγκοσμίως με κορυφαίο COP για εφαρμογές κλιματισμού

Η γεωθερμία είναι το οικονομικότερο και αποδοτικότερο σύστημα κλιματισμού αυτή τη στιγμή στον κόσμο, για άνεση όλο το χρόνο, χειμώνα-καλοκαίρι. Είναι ο διάδοχος του ξεπερασμένου για περιβαλλοντικούς, λειτουργικούς και οικονομικούς λόγους πλέον καλοριφέρ/καυστήρα. Τα πλεονεκτήματα συνεπώς της γεωθερμίας εστιάζουν στην "τσέπη" μας, στην ποιότητα ζωής μας και βέβαια στο περιβάλλον.

Ας δούμε όμως με λεπτομέρεια ποιά από αυτά τα πλεονεκτήματα ενδιαφέρουν περισσότερο έναν αρχιτέκτονα/μηχανικό και ποιά τον ίδιο τον ιδιοκτήτη, κάτοικο ή χρήστη του κτιρίου.

Είδη Μονάδων:

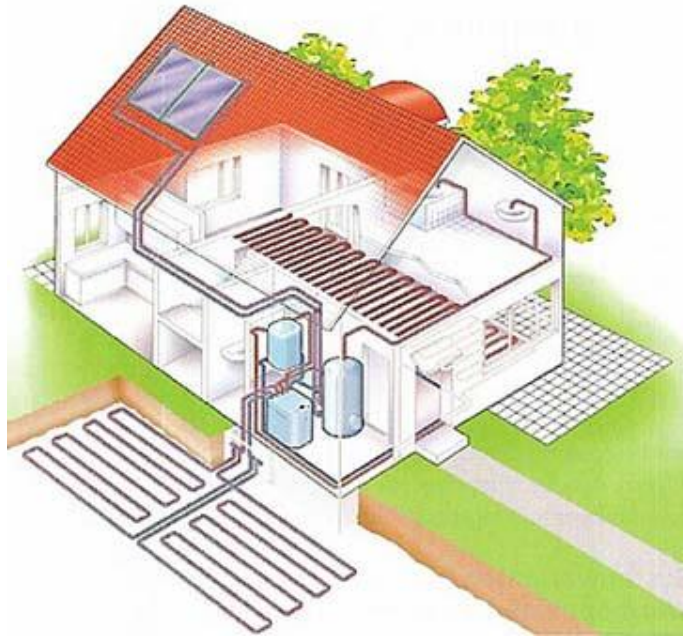
- Οριζόντιας και Κατακόρυφης τοποθέτησης
- Κονσόλες
- Roof -Top
- Νερού – νερού

5. Εφαρμογή ενδοδαπέδιας θέρμανσης και ψύξης

Θέρμανση δεδομένου κτηρίου

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πώς καλύπτουμε τις θερμικές απώλειες του δεδομένου κτηρίου. Το δεδομένο κτίριο μας είναι μια διώροφη μεζονέτα που είναι στην Καρύταινα Γορτυνίας. Στην περιοχή έχουμε θερμοκρασίες από -8 έως 42 °C. Άρα, πρέπει να έχουμε ένα αποδοτικό σύστημα που παράλληλα να είναι και φιλικό προς το περιβάλλον. Το σύνολό μας έχει απώλειες από τα κουφώματα 9.505 cal, τις οποίες υπολόγισα με το πρόγραμμα 4M. Αυξάνω και κατά 25% τις απώλειες για να ζεσταίνεται ο χώρος επαρκώς κι έχω 12 Kcal. Εάν θέλω να κάνω μετατροπή και να βρω σε Ισχύ τότε έχω 14 Kw. Για να έχω την ισχύ αυτή πρέπει να τοποθετήσω σωλήνα κατάλληλης διαμέτρου σε έκταση 509m², σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της γεωθερμίας. Εάν σε 1m² τοποθετήσω σωλήνα για γεωθερμία τότε θα έχω ισχύ 27w ή αλλιώς περνώ 27w/1m². Επίσης, για κλιματισμό του χώρου θέλω 8Kw.

Για να αυξήσω το βαθμό απόδοσης θα κάνω συνδυασμό γεωθερμικής και ηλιακής ενέργειας. Επίσης, τοποθετώ και ενεργειακό τζάκι. Το γεωθερμικό - ηλιακό σπίτι παρέχει ψύξη και θέρμανση χωρίς μηχανική υποβοήθηση. Μία λύση άκρως φιλική προς το περιβάλλον. Για να επιτευχθεί ο στόχος της ψύξης - θέρμανσης μέσω ηλιακών συστημάτων και γεωθερμικών αντλιών πρέπει να ληφθεί μέριμνα για τον σωστό σχεδιασμό, τα υλικά κατασκευής, και τα άλλα χαρακτηριστικά του κτίσματος ώστε να συλλέγεται, αποθηκεύεται και διανέμεται η ηλιακή θερμότητα κατά τη διάρκεια του χειμώνα αλλά να εμποδίζεται η είσοδος της κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Το ηλιακό σπίτι μπορεί να κτιστεί με οποιοδήποτε αρχιτεκτονικό σχέδιο σε οποιοδήποτε μέρος. Τα ηλιοθερμικά συστήματα συνδυασμένης λειτουργίας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και θέρμανσης χώρων μπορούν να καλύψουν από 20% - 40% τις ανάγκες μιας κατοικίας σε θέρμανση και σε ζεστό νερό χρήσης, ανάλογα με το μέγεθος της συλλεκτικής επιφάνειας, τον όγκο του μπόιλερ/θερμοδοχείου, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και τα χαρακτηριστικά της κατοικίας (μέγεθος, βιοκλιματικός σχεδιασμός, ποιότητα μόνωσης, θερμικές ανάγκες).



Σχήμα 5: Υβριδικό σύστημα θέρμανσης - ψύξης με γεωθερμία και ηλιακή ενέργεια

Γενικά, τα συστήματα αυτά αποτελούνται από το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών (παραγωγή θερμικής ενέργειας), το θερμοδοχείο (αποθήκευση ενέργειας), ένα σύστημα κύριας θερμικής ενέργειας (γεωθερμική αντλία θερμότητας), ένα σύστημα θέρμανσης, (ενδοδαπέδια ή fan coils) και ένα σύστημα ελέγχου. Η διάταξη συνίσταται για όλες τις κατοικίες και τα οικοδομικά συγκροτήματα, ενώ το καταγεγραμμένο ποσοστό εξοικονόμησης στην Ελλάδα, ξεπερνάει επιπρόσθετα το 30% στη θέρμανση και καλύπτει όλες τις ανάγκες του κτιρίου σε ζεστό νερό χρήσης, κατά την θερινή λειτουργία.

Το ολοκληρωμένο σύστημα ηλιακής υποστήριξης είναι μελετημένο, έτσι ώστε να αποδίδει το μέγιστο βαθμό εξοικονόμησης σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η αρχή λειτουργίας του συστήματος είναι ίδια με αυτή ενός κεντρικού συστήματος ηλιακών για θέρμανση ζεστού νερού χρήσης. Η ενέργεια των ηλιακών συλλεκτών μεταφέρεται σε ένα καλά μονωμένο θερμοδοχείο και θερμαίνει αρχικά το νερό της κεντρικής θέρμανσης και στη συνέχεια το ζεστό νερό

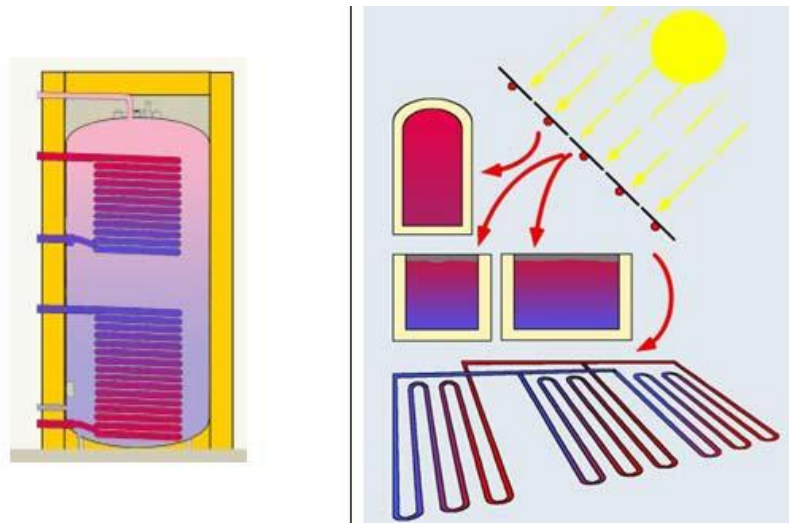
χρήσης. Εάν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, τότε τίθεται σε λειτουργία η αντλία θερμότητας και συμπληρώνει την απαιτούμενη ενέργεια. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται μεγάλη εξοικονόμηση καυσίμων και η θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης επιτυγχάνεται με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον. Ένα από τα βασικά στοιχεία ενός σωστού συστήματος γεωθερμικής -ηλιακής θέρμανσης είναι το θερμοδοχείο, το οποίο αποτελεί την "καρδιά" του συστήματος και πρέπει να είναι ειδικά μελετημένο και κατασκευασμένο για τον σκοπό αυτό. Το θερμοδοχείο θα πρέπει να είναι καλά μονωμένο και κυρίως να βοηθά στην διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας του νερού στο εσωτερικό του.



Σχήμα 5.1: Απεικόνιση ηλιακής θέρμανσης

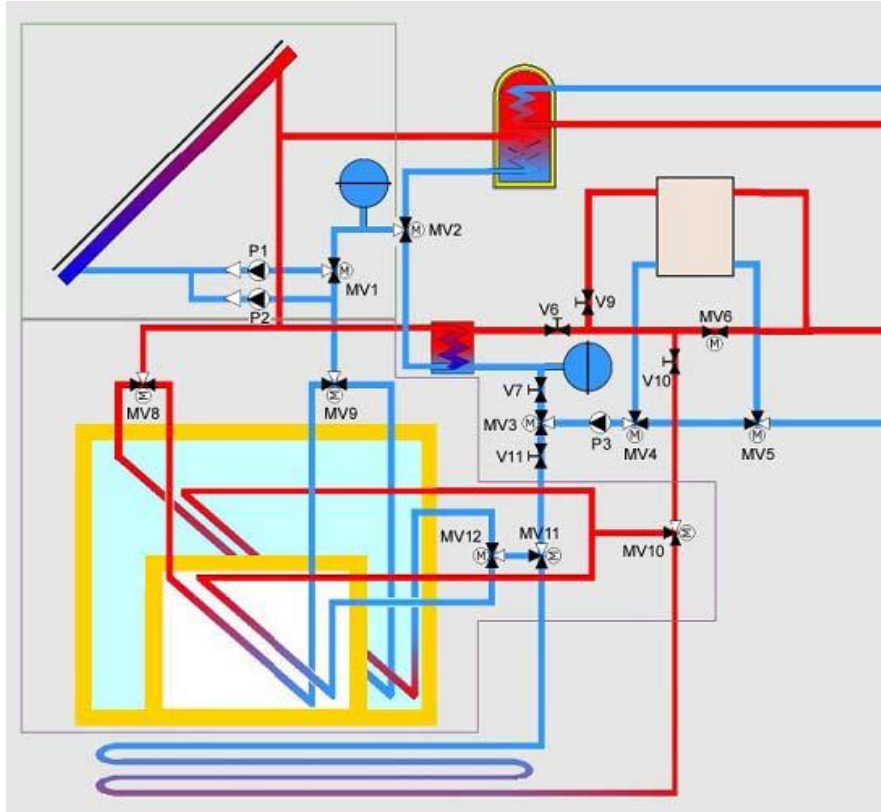
Η διαστρωμάτωση του δοχείου έχει ως αποτέλεσμα τη μέγιστη απόδοση του συστήματος, τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και τη μέγιστη συλλογή ενέργειας από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η λειτουργία του είναι πλήρως αυτοματοποιημένη έτσι ώστε ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να απολαμβάνει τις ιδανικές συνθήκες διαβίωσης που αυτό εξασφαλίζει. Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος έχει ως εξής:

Το μπόιλερ/θερμοδοχείο περιέχει νερό το οποίο θερμαίνεται από τους ηλιακούς συλλέκτες. Το νερό αυτό δεν είναι υπό πίεση και δεν ανανεώνεται όπως στα κλασσικά μπόιλερ αλλά είναι στατικό και παίζει το ρόλο του μεταφορέα θερμότητας προς δύο εναλλάκτες - έναν πλαστικό που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο της ύδρευσης και ένα μεταλλικό που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο θέρμανσης. Έτσι, όταν υπάρχει ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης, κρύο νερό από το δίκτυο ύδρευσης περνάει διαμέσου του πλαστικού εναλλάκτη του μπόιλερ και στην έξοδό του έχει την θερμοκρασία του στατικού νερού. Παρόμοια, το νερό της κεντρικής θέρμανσης πριν εισέλθει στην αντλία θα περάσει από τον μεταλλικό εναλλάκτη του μπόιλερ αποκτώντας τη θερμοκρασία του στατικού νερού. Όταν, λοιπόν, η ηλιακή ενέργεια επαρκεί για να θερμάνει το στατικό νερό μέχρι τους 70°C τότε η γεωθερμική δεν θα λειτουργήσει καθόλου καθώς η θερμοκρασία του νερού που θα επιστρέφει σε αυτήν, θα είναι ήδη μεγαλύτερη από την αναγκαία (αφού η ενδοδαπέδια θέρμανση χρειάζεται νερό θερμοκρασίας μέχρι 45°C). Έτσι, η κεντρική θέρμανση θα εκμεταλλεύεται ένα ποσό από την αποθηκευμένη ενέργεια του στατικού νερού ενώ η υπόλοιπη θα χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης. Δηλαδή, έχουμε ένα μοναδικό σύστημα δωρεάν παραγωγής ενέργειας από τον ήλιο για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού.



Σχήμα 5.2: Θερμοδοχείο και ηλιακός συλλέκτης με ενδοδαπέδια θέρμανση

Όταν το στατικό νερό έχει θερμανθεί στη μέγιστη θερμοκρασία και δεν χρειάζεται άλλο η ηλιακή ενέργεια τότε το νερό που κυκλοφορεί στους ηλιακούς συλλέκτες επιστρέφει στο μπόιλερ και έτσι προστατεύονται οι συλλέκτες από την υπερθέρμανση το καλοκαίρι και αντίστοιχα από τον παγετό τον χειμώνα. Όταν ο ήλιος δεν επαρκεί, δηλαδή τη νύχτα ή όταν έχει πολλή συννεφιά, τότε η αντλία θερμότητας μπαίνει σε λειτουργία και θερμαίνει το νερό της κεντρικής θέρμανσης ενώ εάν παράλληλα υπάρχει και ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης τότε ανοίγει μια τρίοδη βάννα και διοχετεύεται ζεστό νερό από την αντλία προς τον μεταλλικό εναλλάκτη. Δηλαδή, τώρα το στατικό νερό του μπόιλερ και κατ' επέκταση το νερό χρήσης θερμαίνεται από την αντλία. Επειδή η χώρα μας χαρακτηρίζεται από έντονη ηλιοφάνεια ακόμα και κατά τη διάρκεια του χειμώνα και κυρίως στις νότιες περιοχές. Η αντλία θερμότητας θα είναι σε τελευταία λύση στην περίπτωση μας διότι προσπαθούμε να φτιάξουμε ένα σπίτι με όσο το δυνατό λίγη κατανάλωση. Τέλος, είναι αυτονόητο ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να επιτύχει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και συνεπώς χρημάτων, ιδίως όταν συνδυάζεται με συστήματα θέρμανσης χαμηλών θερμοκρασιών όπως είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση.



Σχήμα 5.3: Το ολοκληρωμένο σύστημα ηλιακής θέρμανσης αντλία θερμότητας με ενδοδαπέδια θέρμανση

Με χρήση των δυο προηγούμενων συστημάτων θα έχω καλή απόδοση στο σύστημα μας, αλλά μπορώ να αυξήσω πιο πολύ εάν βάλω παράλληλα ένα τζάκι. Τα τζάκια αυτά είναι ενεργειακές εστίες με το πλεονέκτημα ότι συγκρατούν το 75% της θερμότητας που παράγουν, επιτυγχάνουν δηλαδή υψηλότερο βαθμό απόδοσης από κάθε είδος συμβατικού τζακιού και ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες, στα αερόθερμα και στις εστίες νερού. Τα ενεργειακά τζάκια αέρα διαθέτουν αεραγωγούς που αποδίδουν θερμό αέρα στο χώρο, ενώ στα αντίστοιχα του νερού σκοπός είναι όλη η ενέργεια του ξύλου να αποδοθεί στο σύστημα θέρμανσης με τις ελάχιστες δυνατές απώλειες. Το ενεργειακό τζάκι νερού χαρακτηρίζεται από εστία κλειστού τύπου, με κατάλληλο πυρίμαχο τζάμι. Η εστία είναι

κατασκευασμένη από μαντέμι και η απόδοσή του είναι εξαιρετικά υψηλή χάρη στην ελεγχόμενη καύση.

Το πλεονέκτημα με την εγκατάσταση της ενεργειακής εστίας νερού KA 306 της Buderus, είναι πως ο τρόπος λειτουργίας της επιτρέπει την αποθήκευση της ενέργειας καύσης και κατόπιν τη διανομή της στην κατανάλωση. Στην πραγματικότητα είναι ένας λέβητας στερεών καυσίμων, ο οποίος εξοικονομεί σημαντικά ποσά θερμικής ενέργειας με τα εξής χαρακτηριστικά:

Υλικό κατασκευής: Χυτοσίδηρος

Βάρος: 230kg

Συνολική ισχύς: 14kw

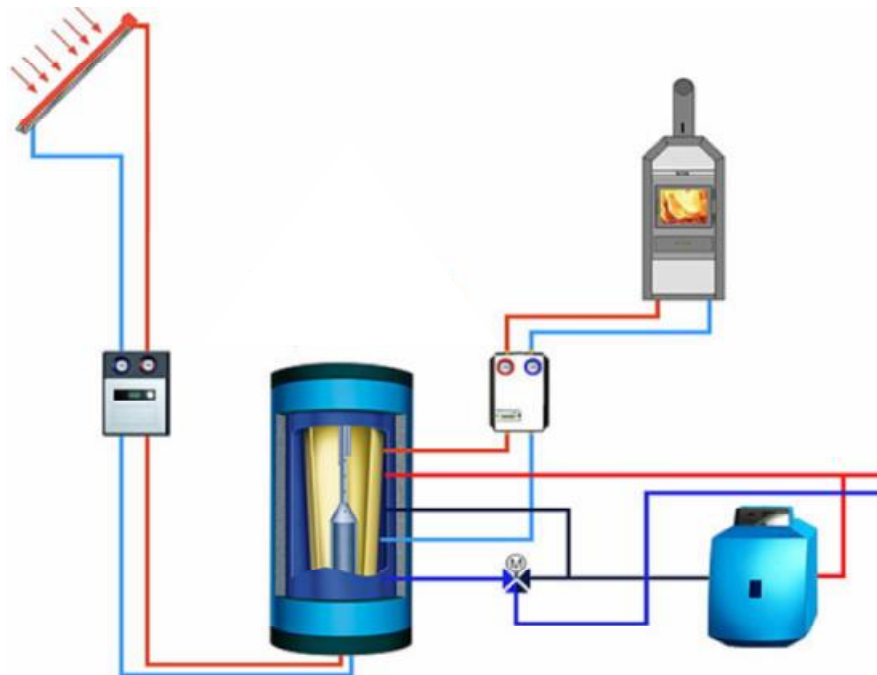
7kw ακτινοβολία στο χώρο

7kw απόδοση στον εναλλάκτη νερού

Όγκος νερού στον εναλλάκτη: 22lt.

Μέγ. θερμοκρασία λειτουργίας: 95°C

Μέγ. πίεση λειτουργίας: 3bar.



Σχήμα 5.4: Συνδυασμός ηλιακής θέρμανσης και ενεργειακό τζάκι

Η σύνδεση της εστίας με το θερμοδοχείο πραγματοποιείται με το κιτ, στο οποίο περιέχεται ο κυκλοφορητής του θερμαινόμενου νερού, θερμόμετρα, τρίοδη βάνα κατεύθυνσης, θερμοστάτης αποστάσεως και βαλβίδα ασφαλείας. Ο συνδυασμός του με μία βαλβίδα θερμικής ασφάλειας, καθιστά την διάταξη απόλυτα ελεγχόμενη έναντι σε διακοπές ρεύματος ή βλάβες του κυκλοφορητή. Πρόκειται για ένα λειτουργικό σύστημα θέρμανσης και ζεστού νερού χρήσης, το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί είτε ως μια μεμονωμένη εγκατάσταση είτε σε συνδυασμό με το σύστημα της ηλιακής υποστήριξης θέρμανσης.

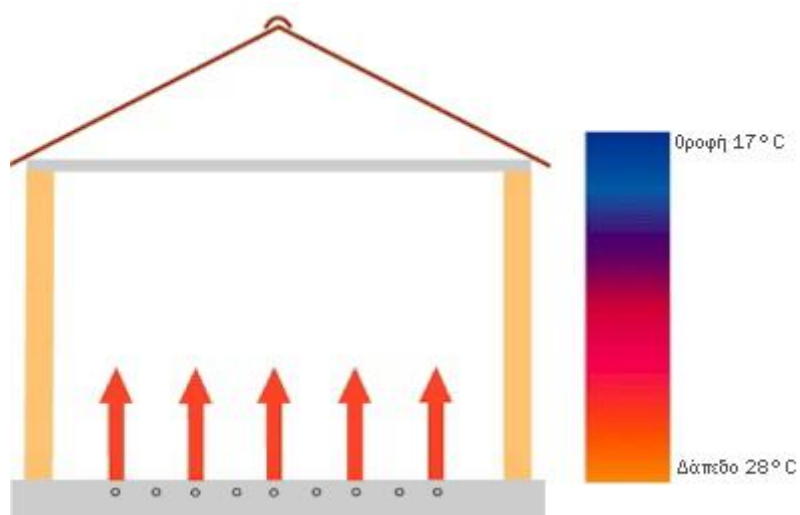
Αφού υπολόγισα τις απώλειες σε δεδομένο κτίριο πρέπει να μοιράσω τη θέρμανση στο κτίριο.

Το πιο αποδοτικό σύστημα είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση όπως είπαμε και παραπάνω. Η ενδοδαπέδια θέρμανση λειτουργεί στην Ευρώπη τα τελευταία 50 έτη ενώ στην Ελλάδα οι πρώτες εγκαταστάσεις έχουν κλείσει μία 25ετία. Στην πραγματικότητα, η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόδοσης θερμότητας στον χώρο από αυτό που μπορεί να χρησιμοποιείται ήδη. Η ενδοδαπέδια θέρμανση ή δαπεδοθέρμανση ή θέρμανση δαπέδου όπως αλλιώς ονομάζεται, αποτελεί έναν σύγχρονο τρόπο θέρμανσης των κτιρίων γραφείων, κατοικιών, σχολείων, νηπιαγωγείων, κλειστών γυμναστηρίων, εκκλησιών, γηροκομείων, σούπερ μάρκετ, ξενοδοχείων, βιομηχανικών χώρων παραγωγής και αποθήκευσης προσφέροντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και μεγάλη θερμική άνεση. Εξαιτίας της ομοιόμορφης κατανομής της θερμότητας, των μηδενικών απωλειών του δαπέδου και της σωστής διαστρωμάτωσης της θερμοκρασίας κατά ύψος, έχουμε τη δυνατότητα να πετύχουμε συνθήκες άνεσης με την θερμοκρασία χώρου χαμηλότερη τουλάχιστον κατά 2°C. Η οριζόντια και έμμεση θέρμανση του χώρου, λόγω ακτινοβολίας θερμότητας, έχει σαν συνέπεια την επίτευξη της ιδανικής κατανομής της θερμοκρασίας για το ανθρώπινο σώμα (ζεστά πόδια - κρύο κεφάλι). Αυτό επιτυγχάνεται με τη ροή ζεστού νερού σε χαμηλή θερμοκρασία κάτω από το τελικό δάπεδο. Έτσι, η θερμοκρασία στο δάπεδο είναι 25-28°C, ενώ σε ύψος 1.6m, η θερμοκρασία είναι 20°C.

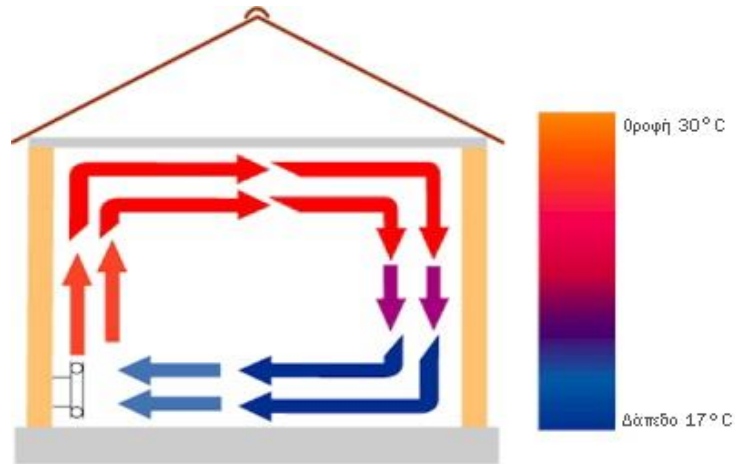


Σχήμα 5.6: Απεικόνιση ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ιδανική κατανομή θερμοκρασίας για το ανθρώπινο σώμα.

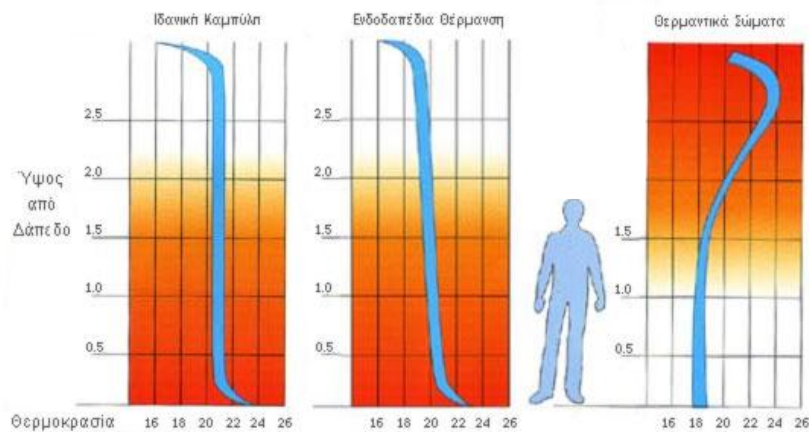


Σχήμα 5.7: Κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο με ενδοδαπέδια θέρμανση



Σχήμα 5.8: Κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο με σώματα

Αντίθετα, κατά την λειτουργία του θερμαντικού σώματος λόγω άμεσης επαφής θερμαίνεται ο αέρας τοπικά στους 50°C και καθώς το φαινόμενο συνεχίζεται, η θερμότητα συσσωρεύεται στα ανώτερα στρώματα του χώρου. Έτσι σε ύψος 1.6m από το δάπεδο που βρίσκεται το κεφάλι, η θερμοκρασία είναι 24°C, ενώ στο δάπεδο η θερμοκρασία είναι περίπου 17°C.



Σχήμα 5.9: Στο παραπάνω διάγραμμα κατανομής της θερμοκρασίας στον χώρο, γίνεται άμεση σύγκριση των διαφόρων συστημάτων απόδοσης θερμότητας και της θεωρητικά ιδανικής πρόσληψης θερμότητας από τον ανθρώπινο οργανισμό.

Στην δαπεδοθέρμανση, το στοιχείο που αποδίδει τη θερμότητα στο χώρο είναι το δάπεδο του χώρου το οποίο θερμαίνεται με την βοήθεια σωληνώσεων που είναι τοποθετημένες εντός αυτού και στους οποίες κυκλοφορεί ζεστό νερό.

Τα μεγάλα πλεονεκτήματα της θέρμανσης δαπέδου είναι:

- 1) Μεγάλη θερμική θαλπωρή με ιδανική κατανομή θερμοκρασίας στο χώρο.
- 2) Εξοικονόμηση ενέργειας.
- 3) Φιλικότητα προς το περιβάλλον.
- 4) Κατάλληλη για αλλεργικούς.
- 5) Καλαίσθητοι χώροι χωρίς θερμαντικά σώματα.
- 6) Δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο σύστημα και για ψύξη.
- 7) Άνετη και ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο χώρο (μοναδική επιλογή για χώρους μεγάλου ύψους).
- 8) Χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Τα συστήματα θέρμανσης δαπέδου θερμαίνουν, εκμεταλλευόμενα τις χαμηλές θερμοκρασίες της επιφανείας του δαπέδου και την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας, με ήπια ακτινοβολία ενέργειας εξασφαλίζοντας έτσι την θερμική θαλπωρή. Σε αντίθεση με τα στατικά συστήματα θέρμανσης, μ' αυτό τον τρόπο αποκαθίσταται η ισορροπία ακτινοβολούμενης θερμότητας μεταξύ ανθρώπου και του χώρου που τον περικλείει και επιτυγχάνεται η ιδανική αίσθηση θαλπωρής. Χάρη στο υψηλό ποσοστό ακτινοβολίας ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης δαπέδου, η αίσθηση της θαλπωρής, στην περίπτωση της θέρμανσης, γίνεται αντιληπτή σε αισθητά χαμηλότερες θερμοκρασίες χώρου. Η θερμοκρασία χώρου μπορεί να μειωθεί κατά 1 με 2 βαθμούς Κελσίου. Το γεγονός αυτό επιτρέπει μια ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας από 3 έως 6%. Λόγω της αυξημένης απόδοσης θέρμανσης σε σχετικά μικρές θερμοκρασίες προσαγωγής, τα συστήματα θέρμανσης δαπέδου μπορούν να συνδυαστούν ιδανικά με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, λέβητες αερίου ή ηλιακούς συλλέκτες αυξάνοντας έτσι την φιλικότητα της εγκατάστασης θέρμανσης προς το περιβάλλον. Λόγω του χαμηλού

ποσοστού ακτινοβολούμενης ενέργειας των συστημάτων θέρμανσης δαπέδου προκύπτει μια περιορισμένη ανακυκλοφορία του αέρα του θερμαινόμενου χώρου. Η ανακυκλοφορία και το σκόρπισμα της σκόνης ανήκει πλέον στο παρελθόν. Έτσι προφυλάσσεται το αναπνευστικό σύστημα όλων και όχι μόνο των αλλεργικών ατόμων. Τα συστήματα θέρμανσης δαπέδου καταργούν τα θερμαντικά σώματα επιτρέποντας έτσι την ελεύθερη διαμόρφωση των χώρων, προσφέρουν στον αρχιτέκτονα ελευθερία στον σχεδιασμό, μειώνουν τον κίνδυνο τραυματισμών σε παιδικούς σταθμούς, σχολεία, νοσοκομεία, γηροκομεία. Εάν κυκλοφορήσουμε ψυχρό νερό στις σωληνώσεις των κυκλωμάτων του δαπέδου τότε ψύχουμε το δάπεδο και σαν αποτέλεσμα αυτού επιτυγχάνουμε δροσισμό - ψύξη των χώρων του κτιρίου. Δηλαδή με το ίδιο σύστημα έχουμε ενδοδαπέδια θέρμανση και ψύξη του κτιρίου (δαπεδοθέρμανση και δαπεδοψύξη). Το σύστημα θέρμανσης δαπέδου λειτουργεί με θερμοκρασίες προσαγωγής νερού από 35 έως 45 βαθμούς Κελσίου. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες επιστροφής είναι από 5 έως 10 βαθμούς χαμηλότερες. Λόγω των χαμηλών αυτών θερμοκρασιών έχουμε κατά 10% εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τα κλασικά συστήματα θέρμανσης. Στην θέρμανση δαπέδου υπάρχει ο περιορισμός στην τελική θερμοκρασία δαπέδου, η οποία σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να είναι υψηλότερη από αυτές που αναφέρονται παρακάτω. Για τα δάπεδα ως επιφάνειες άμεσης επαφής με τον άνθρωπο, θα πρέπει για λόγους ιατρικούς και φυσιολογίας να τηρηθούν οι παρακάτω μέγιστες επιφανειακές θερμοκρασίες:

* Χώροι και χώροι εργασίας στους οποίους κυρίως τα άτομα στέκονται όρθια: 27 βαθμοί Κελσίου.

* Χώροι κατοικίας και χώροι γραφείων: 29 βαθμοί Κελσίου.

* Περιοχές που χρησιμοποιούνται σπάνια (περιμετρικές ζώνες): 35 βαθμοί Κελσίου.

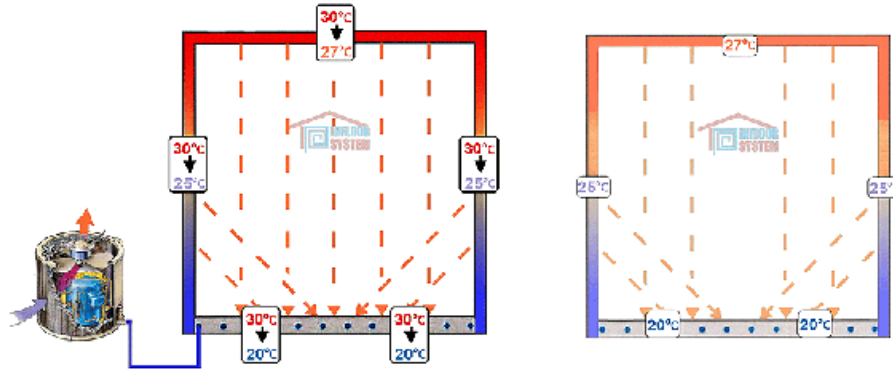
Οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα

Ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1,0 - 2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5 - 0,8m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας. Στο οριζόντιο κλειστό

γεωθερμικό σύστημα το υπέδαφος λειτουργεί και ως εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην υψηλότερη απόδοση της εγκατάστασης. Τα οριζόντια γεωθερμικά συστήματα αποτελούν ίσως την οικονομικότερη κατασκευαστική λύση από οποιοδήποτε άλλο γεωθερμικό σύστημα. Η απαιτούμενη έκταση που είναι αναγκαία είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου. Για την διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη, απαιτείται η γνώση των θερμοκρασιών του εδάφους και των θερμικών αποκρίσεων στο βάθος εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, καθορίζονται η περιοχή εγκατάστασης, η αντίσταση του εδάφους και του σωλήνα, καθώς και τα όρια μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας. Η απόδοση του οριζοντίου εναλλάκτη κυμαίνεται μεταξύ 20 - 35w/m, ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους.

Ψύξη χώρου

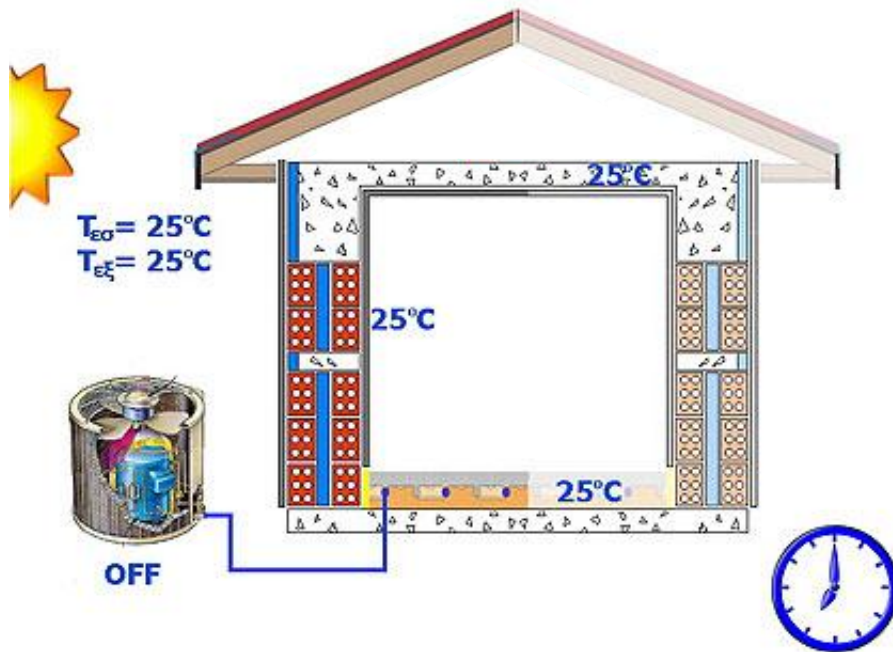
Όσον αφορά τη ψύξη του χώρου, το σύστημα του οριζοντίου δικτύου της θέρμανσης, είναι ιδανικό και για τον δροσισμό του χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση ενός ψύκτη νερού (chiller), ο οποίος διοχετεύει στο δίκτυο των σωληνώσεων ψυχρό νερό. Παράλληλα, για τον έλεγχο της υγρασίας προστίθενται τοπικά και σώματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (fan-coils). Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ικανότητα που έχει ένα ψυχρότερο σώμα – δάπεδο - να απορροφάει θερμότητα απ' όλα τα δομικά στοιχεία και τον αέρα του χώρου και να την αποβάλλει στο περιβάλλον. Η ψύξη δαπέδου λειτουργεί με θερμοκρασία προσαγωγής νερού 14 - 16°C, με την αντίστοιχη θερμοκρασία επιστροφής να είναι 5 βαθμούς υψηλότερη. Η ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία του τελικού δαπέδου είναι 20 - 21°C, τιμή που περιορίζει την μέση απόδοση του συστήματος στα 35 - 50Watt/m, αποτρέπει όμως το φαινόμενο των υγραποιήσεων.



Σχήμα 5.1.1: Κλιματισμός κτιρίου

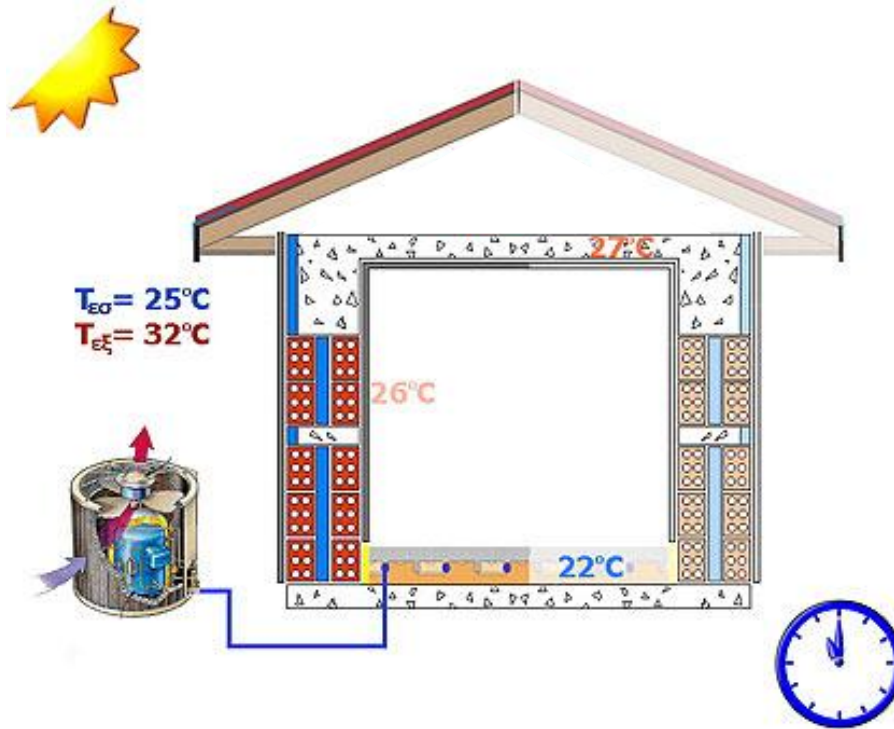
Έναρξη Λειτουργίας

Η ενδοδαπέδια ψύξη εκμεταλλεύεται τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων (εσωτερική και εξωτερική τοιχοποιία, κολόνες και τοιχία), η οποία αποτρέπει μεγάλες μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου, έτσι ώστε να αποδώσει το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο. Ταυτόχρονα, το σύστημα των α - coils ρυθμίζει την σχετική υγρασία του χώρου, με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται το ιδανικό περιβάλλον ολόκληρο το καλοκαίρι. Η συμπεριφορά μίας ελληνικής κατοικίας σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές μία καλοκαιρινή ημέρα, εξοπλισμένη με σύστημα ενδοδαπέδιας ψύξης απεικονίζεται παρακάτω. Κατά τη διάρκεια της νύχτας και ως τις πρώτες πρωινές ώρες, το ψυκτικό μηχάνημα δεν λειτουργεί, διότι η εξωτερική θερμοκρασία και τα δομικά στοιχεία της κατασκευής βρίσκονται μεταξύ τους σε απόλυτη ισορροπία. Το χαρακτηριστικό αυτό, η αποφόρτιση δηλαδή των δομικών στοιχείων από το θερμικό φορτίο, είναι που προδίδει τα στοιχεία της θερμικής άνεσης και της οικονομικής λειτουργίας στο σύστημα της ενδοδαπέδιας ψύξης. Με αυτό τον τρόπο και με το σύστημα σε πλήρη ισορροπία, οι ώρες λειτουργίας του ψύκτη στη διάρκεια του 24ώρου περιορίζονται στο ελάχιστο.



Σχήμα 5.1.2: Απεικόνιση του πως συμπεριφέρεται η αντλία κατά τη διάρκεια της ημέρας

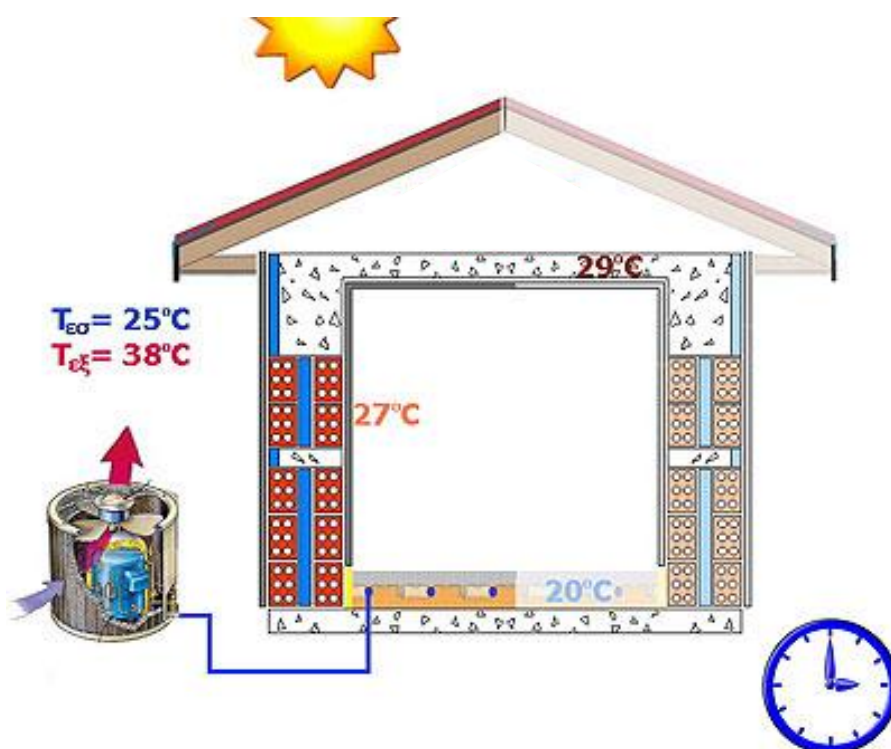
Στη διάρκεια της ημέρας και όσο η εξωτερική θερμοκρασία αυξάνεται, το ψυκτικό μηχάνημα λειτουργεί για να αποβάλλει το θερμικό φορτίο του χώρου μέσω της ψυκτικής επιφάνειας (δάπεδο). Στο εσωτερικό η θερμοκρασία παραμένει στους 25°C χωρίς την ανθυγιεινή παρουσία ρευμάτων ψυχρού αέρα, καθώς η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ανθρώπινου οργανισμού και συστήματος γίνεται με τον ίδιο τρόπο (δια ακτινοβολίας).



Σχήμα 5.1.3: Φαίνεται η κατανομή των θερμοκρασιών στα δομικά στοιχεία (οροφή, δάπεδο και τοίχοι)

Όταν η σχετική υγρασία του χώρου ξεπεράσει το 55 - 60% ξεκινάει η λειτουργία των F.C.U. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται η υγρασία στο εσωτερικό και αποτρέπονται οι υγροποιήσεις στο δάπεδο, φαινόμενο που προκαλείται από την μεγάλη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας. Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας συντελεί επιπρόσθετα και στη μείωση του δείκτη δυσφορίας στο χώρο. Η θερμοκρασία δαπέδου σε αυτές τις συνθήκες είναι 20°C και ο ψύκτης λειτουργεί στο μέγιστο του φορτίο. Στη συνέχεια της ημέρας η όλη διαδικασία αντιστρέφεται, σταματάει δηλαδή η λειτουργία των F.C.U. και σταδιακά η εξωτερική μονάδα παύει να λειτουργεί έως το πρωινό της επόμενης ημέρας. Ο βιοκλιματικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και η μόνωση της κατασκευής, καθορίζουν την απόδοση των συστημάτων ψύξης δαπέδου. Επιπλέον, παράγοντες που επηρεάζουν τον δροσισμό είναι η τελική

επίστρωση του δαπέδου και το πάχος της τσιμεντοκονίας. Όσον αφορά το είδος της επίστρωσης, το πλακάκι και το μάρμαρο έχουν τους καλύτερους συντελεστές αντίστασης θερμικής αγωγιμότητας, η ξύλινη τελική επένδυση επιφέρει μείωση της απόδοσης της ψύξης περίπου 5%, ενώ η μοκέτα αντενδείκνυται.

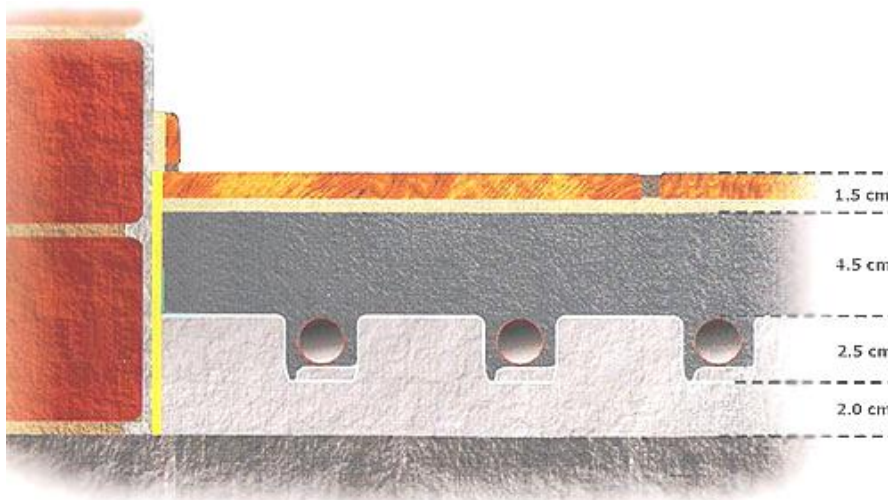


Σχήμα 5.1.4: Τις μεσημεριανές ώρες έχω κάθετες ακτίνες και μεγαλύτερη θερμοκρασία χώρου

Κατασκευή δαπέδου και τελική επένδυση

Το υπόστρωμα που παραδίδεται δεν είναι μια κοινή τσιμεντοκονία, αλλά μια πλωτή θερμαινόμενη τσιμεντοκονία (θερμομπετόν) με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Στη θέρμανση δαπέδου έχουμε μεγαλύτερες καταπονήσεις των κονιαμάτων και των επενδύσεων δαπέδου από ότι στα κοινά δάπεδα. Οι εργασίες τοποθέτησης της τελικής επένδυσης μπορούν να γίνουν μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας τεχνητής ξήρανσης, εφόσον

πραγματοποιηθεί έλεγχος της υγρασίας του θερμομοπετόν και πρέπει να γίνονται σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. Το θερμομοπετόν χωρίζεται μέσω ελαστικών αρμών διαστολής σε ανεξάρτητα πεδία. Ο συντελεστής διαστολής της τελικής επένδυσης είναι διαφορετικός από τον συντελεστή διαστολής του θερμομοπετόν και επομένως η κόλλα πρέπει να διαθέτει χαρακτηριστικά υψηλής ελαστικότητας. Η χάραξη των αρμών διαστολής στο θερμομοπετόν για συγκεκριμένο πάχος τσιμεντοκονίας δεν λαμβάνεται αυθαίρετα, αλλά ακολουθεί την τυποποίηση, κατά το Γερμανικό πρότυπο DIN 18560 η σχηματική απεικόνιση του οποίου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5.1.5: Μορφή ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Αφού κάναμε αναφορά για το πώς θα καλύψουμε τις απώλειες και με ποιο τρόπο εδώ θα δούμε τα υλικά που χρησιμοποιώ για την κάλυψη της ηλιακής θέρμανσης. Τα υλικά που επιλέξαμε είναι από την εταιρεία Buderus.

6. Υλικά για δεδομένη εφαρμογή

Ηλιακή θέρμανση

Αυτοματισμός ελέγχου

Αυτοματισμός αντιστάθμισης και ελέγχου θέρμανσης, ηλιακού συστήματος και ζεστών νερών χρήσης. Ελέγχει τη συνολική λειτουργία της διάταξης και καταγράφει το συνολικό ενεργειακό όφελος.



Boiler Buderus Logalux PL 750/2S

Θερμοδοχείο διπλής λειτουργίας, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης και υποστήριξη θέρμανσης.

Σύνδεση με 4 έως 8 ηλιακούς συλλέκτες Logasol SKN 3.0.

Χωρητικότητα 750L.

Εσωτερικό κωνικό δοχείο αποθήκευσης ζεστού νερού χρήσης (300L) με επένδυση από ειδικό γυαλί Duoclean MKT και ανοδική προστασία.

Ειδικός εναλλάκτης ηλιακής ενέργειας ενσωματωμένος σε έναν θερμοσωλήνα ταχείας θέρμανσης στο εσωτερικό δοχείο.

Εισαγωγή νερού ύδρευσης και σύνδεση εναλλάκτη ηλιακού στο κάτω μέρος του δοχείου.

Εξωτερικό δοχείο αποταμίευσης νερού θέρμανσης (275L).

Ισχυρή μόνωση πολυουρεθάνης 100mm.

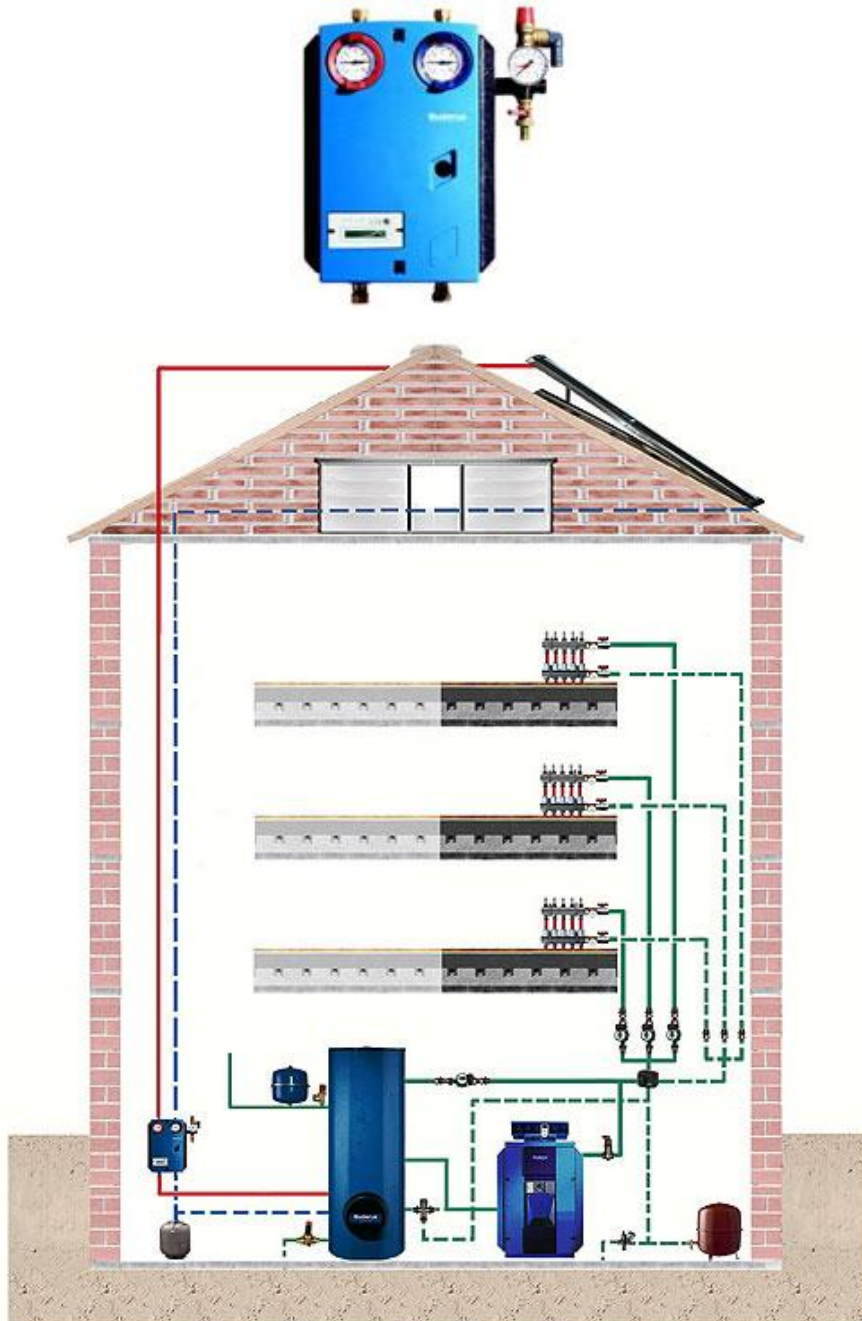
Ηλεκτρική αντίσταση 3,5 kW.



Ηλιακός συλλέκτης Buderus Logasol SKN 3.0
 Ηλιακό κρύσταλλο με μεγάλο συντελεστή διαπερατότητας (91,5 %).
 Ισχυρή μόνωση 55mm υαλοβάμβακα (χωρίς χλωροφθωράνθρακες).
 Πλάτη συλλέκτη από γαλβανιζέ χαλυβδοέλασμα και πλαίσιο από ενισχυμένο με Fiberglass πλαστικό.
 Πρισματοειδής κρύσταλλο ασφαλείας 3,2mm. Μικρό βάρος συλλέκτη (41 kg). Ευρωπαϊκή πιστοποίηση βάση κανονισμού 97/23/EC. Τοποθέτηση σε ταράτσα ή κεραμοσκεπή.
 Διαστάσεις συλλέκτη (mm): 2070/1145/90.



Σετ κυκλοφορητή- ασφαλιστικών KS 0105.
 Ολοκληρωμένο σετ αποτελούμενο από κυκλοφορητές, ασφαλιστικές διατάξεις και δοχείο διαστολής των ηλιακών.
 Συνδέεται με τον πίνακα αυτοματισμών και ελέγχει την κυκλοφορία του νερού στο ηλιακό κύκλωμα.



Σχήμα 6: Διάταξη και λειτουργία της ηλιακής θέρμανσης

Ο ηλιακός συλλέκτης τοποθετείται στην ανατολική πλευρά της σκεπής με φορά προς τον νότο. Αυτό γίνεται διότι τη νότια πλευρά της σκεπής την έχουμε καλύψει ολόκληρη με φωτοβολταϊκά πάνελ. Ο ηλιακός συλλέκτης έχει σηκωθεί σε κάποιο ύψος διότι τους χειμερινούς μήνες που ο ήλιος το μεσημέρι δεν είναι κάθετος όπως το καλοκαίρι, η ίδια η σκέπη θα κάνει ίσκιο στους συλλέκτες και δεν θα έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτή η ενέργεια που περνά από τους συλλέκτες θα χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών όσον αφορά το ζεστό νερό.

Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγεται από τους ηλιακούς συλλέκτες, αποθηκεύεται στο θερμοδοχείο - boiler. Κατά την χειμερινή λειτουργία, το απαιτούμενο θερμικό φορτίο του κτιρίου καλύπτεται από το θερμοδοχείο όταν υπάρχει διαθέσιμη ενέργεια από τον ήλιο ή την θέρμανση από τους ηλιακούς συλλέκτες.

Εξαιτίας της μικρής διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ προσαγωγής και επιστροφής του νερού (45 - 40°C αντίστοιχα) στην ενδοδαπέδια θέρμανση η διάταξη ενδείκνυται για το μέγιστο δυνατό ενεργειακό όφελος.

Ο συνδυασμός ηλιακού συστήματος Buderus Logasol Solartechnik και ενδοδαπέδιας θέρμανσης μειώνει την κατανάλωση πετρελαίου έως και 55%, συγκριτικά με ένα σύστημα αποτελούμενο από συμβατικό λέβητα και σώματα πάνελ.

Υλικά για γεωθερμική αντλία

Ο FIGHTER 1240 της NIBE είναι μία πλήρης αντλία θερμότητας για θέρμανση μονοκατοικιών. Είναι διαθέσιμος σε επτά διαφορετικούς τύπους με θερμική απόδοση από 7 - 12 kw. Η απόδοση του FIGHTER 1240 της NIBE είναι υψηλή, χάρη σ' ένα συμπίεστη υψηλής απόδοσης σε ένα σωστά διαμορφωμένο σύστημα ψύξης. Ο FIGHTER 1240 της NIBE συνδυάζεται με ένα Boiler 160 λίτρων με διπλό τζάκετ (το οποίο είναι διαθέσιμο με διάφορα είδη αντιδιαβρωτικής προστασίας). Το Boiler, έχει μόνωση αφρού πολυουρεθάνης ώστε να μειώνει τις απώλειες θερμότητας. Η μονάδα μπορεί να συνδεθεί με ένα σύστημα διανομής χαμηλής θερμοκρασίας όπως σώματα, εναλλάκτες ή ενδοδαπέδια θέρμανση. Το καλοκαίρι μπορεί να παράγει δροσισμό.



Υλικά για ενδοδαπέδια θέρμανση

Η ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μία αξιόπιστη και αποτελεσματική μορφή απόδοσης θερμότητας στον χώρο, διότι συνδυάζει την οικονομικότερη λειτουργία με την απόλυτη υγιεινή προσφέροντας παράλληλα ιδανική θερμική άνεση στον χώρο. Το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης της εξασφαλίζει την άριστη λειτουργικότητα και την εγγυημένη μακροχρόνια λειτουργία του. Οι προδιαγραφές για μία σωστή κατασκευή απαιτούν επώνυμα υλικά, σωστή μελέτη και εξειδικευμένο προσωπικό εγκατάστασης. Τα υλικά της ενδοδαπέδιας θέρμανσης του συστήματος είναι :

- Ο σωλήνας θέρμανσης Interplast Como - Floor VPE-B/DD 17X2mm δικτυωμένου πολυαιθυλενίου PEX, σχεδιασμένος για ενδοδαπέδια θέρμανση.

Τον σωλήνα χαρακτηρίζει η ιδιαίτερη ευκαμψία του και κυρίως το γεγονός ότι υπερκαλύπτει τις θερμοκρασιακές απαιτήσεις λειτουργίας (95°C - 10 BAR).

Η δε φραγή οξυγόνου, προστατεύει και αυξάνει τον χρόνο ζωής των μεταλλικών μερών της εγκατάστασης (π.χ. λέβητας).



- Η μονωτική πλάκα από διογκωμένη πολυστερίνη με φραγή υδρατμών (φιλμ PE) για θερμομόνωση, ηχομόνωση, υγραπροστασία και στήριξη του σωλήνα (δεν απαιτείται άλλη μόνωση ή προστασία).

Διαστάσεις: 135x75mm και ολικό ύψος 4,5cm

Πυκνότητα θερμομόνωσης: 30 kg/m

Αντίσταση θερμοδιαφυγής: 0,75m K/w

Πυκνότητα ηχομόνωσης: 12 kg/m

Ηχομόνωση: 32 Db



- Η περιμετρική μονωτική ταινία τοίχου, κατασκευάζεται από αφρώδες πολυαιθυλένιο πάχους 8mm και ύψους 15cm, φέρει φιλμ (το οποίο τοποθετείται πάνω στις μορφόπλακες για στεγανότητα σε σχέση με το μπετόν) και αυτοκόλλητο για την στήριξη της.

Χρησιμοποιεί κυρίως στην προστασία των δομικών στοιχείων από τις συστολοδιαστολές του θερμαινόμενου δαπέδου.



- Ο ορειχάλκινος επινικελωμένος συλλέκτης ονομαστικής διαμέτρου 1" με σπείρωμα 3/4" (eurocone).

Ο συλλέκτης προσαγωγής φέρει ροόμετρο (flow meter) για τις ρυθμίσεις των παροχών των κυκλωμάτων, ενώ ο συλλέκτης επιστροφής διαθέτει βαλβίδες θερμοηλεκτρικών κινητήρων παρέχοντας τη δυνατότητα προσαρμογής θερμοηλεκτρικών κινητήρων (actuators), οι οποίοι με εντολή των θερμοστατών κάθε χώρου, επιτρέπουν την αυτόνομη λειτουργία των αντίστοιχων κυκλωμάτων κάθε χώρου.



- Ο Σωλήνας Logafix από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο με φράγμα οξυγόνου PE-Xc 17x2 κατά DIN 16892/93.

Εξωτερικά καλύπτεται με ειδικό φιλμ προστασίας για να μην είναι διαπερατός στο οξυγόνο.

Έτσι δεν απαιτείται πρόσθετη αντιδιαβρωτική προστασία της εγκατάστασης (DIN 4726/4729).

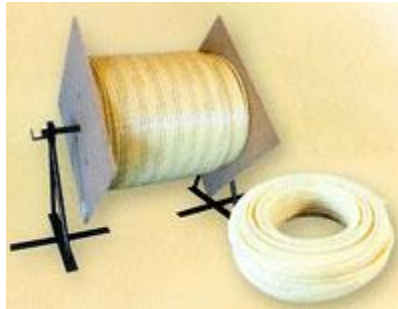
Αντοχή σε διαρκή υψηλή θερμοκρασία: +95°C.

Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας: +110°C.

Πίεση λειτουργίας: 6 bar.

Πιστοποιητικό DIN Reg. Nr 3v 235 PE-Xc.

Η στήριξη του σωλήνα γίνεται με πλαστικά κλιπ, χρησιμοποιώντας ειδικό εργαλείο Tacker.



- Η Θερμομονωτική πλάκα BUDERUS Logafix PUR/PE “Exclusiv”, με πάχος 23 mm. Αποτελείται από:
 - i. Διογκωμένη πολυουρεθάνη επικαλυμμένη με ειδικό φύλλο για προστασία μόνωσης (DIN 4108/4109/18164) πάχους 13mm.
 - ii. Πολυαιθυλένιο πάχους 10mm, για ηχομόνωση έως 28db. Η πλάκα καλύπτει απαιτήσεις κινούμενων φορτίων έως 5kN/m καθώς και τις απαιτήσεις θερμικής μόνωσης ($R_{\lambda} = 1,66 \text{ m K/W}$) έναντι θερμαινόμενου κάτω χώρου.



- Το περιμετρικό περιθώριο το οποίο κατασκευάζεται από αφρώδες πολυαιθυλένιο πάχους 8mm και ύψους 15cm, φέρει φιλμ (το οποίο τοποθετείται πάνω στην πλάκα "Exclusiv", για στεγανότητα σε σχέση με το μπετόν) και αυτοκόλλητο για την στήριξη του. Χρησιμεύει κυρίως στην προστασία των δομικών στοιχείων από τις συστολοδιαστολές του θερμαινόμενου δαπέδου.



7. Η θεωρία του γεωθερμικού κλιματισμού

Η γεωθερμία για εφαρμογές κλιματισμού αποκαλείται επίσης "αβαθής" ή "χαμηλής θερμοκρασίας/ενθαλπείας" και βασίζεται σε μία εξαιρετικά απλή θεωρητική βάση. Ποιά είναι αυτή: Ότι μεταφέρει ενέργεια/θερμότητα ανάμεσα στον κλιματιζόμενο χώρο και το έδαφος, σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα καλοριφέρ/καυστήρα που παράγουν το σύνολο της απαιτούμενης θερμότητας, καίγοντας πετρέλαιο ή φυσικό αέριο.

Το χειμώνα λοιπόν, το γεωθερμικό σύστημα παίρνει θερμότητα από το έδαφος και τη μεταφέρει στους χώρους μας για να τους θερμάνει, ενώ το καλοκαίρι κάνει το αντίθετο, απορροφώντας θερμότητα από τους εσωτερικούς χώρους και απορρίπτοντας την στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο, μεταφέροντας δηλαδή τη θερμότητα αντί να την παράγει, πετυχαίνει να καταναλώνει μόλις το 25% της ενέργειας που θα σπαταλούσε ένα σύστημα καυστήρα/καλοριφέρ.



Σχήμα 7: Μεταβολή θερμοκρασίας σε αέρα και έδαφος

Ο λόγος που ο γεωθερμικός κλιματισμός επιτυγχάνει τόσο μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, πολύ μεγαλύτερη από ένα απλό κλιματιστικό, βρίσκεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σχεδόν σταθερή όλο το έτος και δεν μεταβάλλεται όπως στον αέρα από -5 το χειμώνα έως +42 το καλοκαίρι.

Ένα σύστημα γεωθερμίας έχει ως αποτέλεσμα να κερδίζει ο αρχιτέκτονας και ύστερα ο ιδιοκτήτης του σπιτιού, άρα έχουμε:

Τι κερδίζει ο αρχιτέκτονας του σπιτιού:

- Ότι τελειότερο στις εφαρμογές κλιματισμού, για τις πιο σύγχρονες οικίες και κτίρια.
- Κατάλληλο τόσο για μεμονωμένες κατοικίες όσο και για μεγάλα κτίρια, εταιρίες, ξενοδοχεία κ.λ.π.
- Σε πλήρη συμφωνία με τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, το φιλικότερο προς το περιβάλλον σύστημα, αξιοποιώντας την ενέργεια της γης.
- Κανένας συμβιβασμός στην απόλυτη άνεση των ενοίκων, χειμώνα-καλοκαίρι (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός).

- Απελευθερώνει τους εσωτερικούς χώρους με υποδαπέδιο σύστημα ή κρυφούς αεραγωγούς
- Καταργεί τελείως το εξωτερικό μηχάνημα των κοινών κλιματιστικών που αλλοιώνει τις όψεις των κτιρίων.

Τι κέρδος έχει ο ιδιοκτήτης:

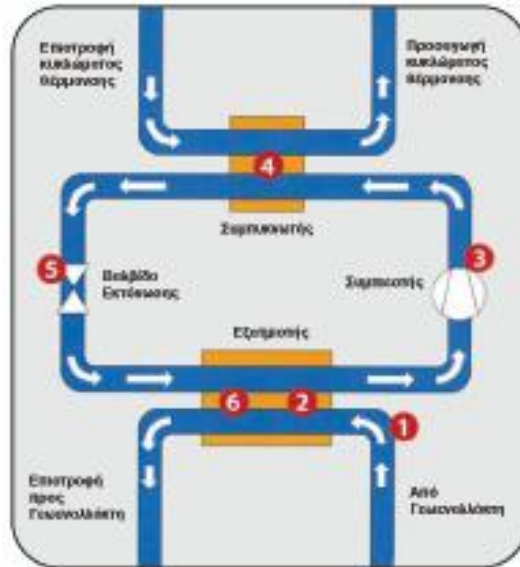
- Μεγάλη εξοικονόμηση στις ετήσιες δαπάνες θέρμανσης/ψύξης σε σχέση με καλοριφέρ πετρελαίου/αερίου
- Παρέχει όχι μόνο θέρμανση το χειμώνα αλλά και ψύξη το καλοκαίρι
- Προσιτό και γρήγορα αποσβέσιμο αρχικό κόστος
- Τέλος σε δεξαμενές, πετρέλαιο, καυστήρες και συντήρηση
- Παροχή δωρεάν ζεστού νερού χρήσης.

Με τη χρήση ΓΑΘ δε χρειάζεται λέβητας

Η αντλία θερμότητας από μόνη της επαρκεί για να διαθέσει αρκετή ενέργεια θέρμανσης ακόμα και σε δυνατό ψύχος.

Έχει μέγιστη αποδοτικότητα με συστήματα χαμηλής θερμοκρασίας προσαγωγής, δηλαδή θέρμανση & ψύξη δαπέδου ή τοίχου ή/και οροφής, ενώ η ίδια αντλία μπορεί να παράγει και τα ζεστά νερά χρήσης.

1. Το διάλυμα νερού με αντιψυκτικό που κυκλοφορεί στο κύκλωμα γεωεναλλάκτη παίρνει την ενέργεια από το έδαφος, τα υπόγεια νερά ή τον αέρα.
2. Στον εξατμιστή, η ενέργεια μεταδίδεται σε ένα οικολογικό ψυκτικό μέσο με χαμηλό σημείο βρασμού, το οποίο μετατρέπεται σε αέριο για να κυκλοφορήσει σε ένα κλειστό κύκλωμα.
3. Στο συμπιεστή, αυξάνεται η πίεση του ψυκτικού μέσου, καθώς και θερμοκρασία του που φθάνει σε επίπεδο κατάλληλο για θέρμανση.
4. Στο συμπυκνωτή, η θερμότητα από το ψυκτικό μέσο αποδίδεται στο κύκλωμα θέρμανσης της κατοικίας.
5. Η πίεση του ψυκτικού μέσου εκτονώνεται στη βαλβίδα εκτόνωσης.
6. Το ψυκτικό μέσο ρέει πάλι προς τον εξατμιστή και η διεργασία επαναλαμβάνεται.

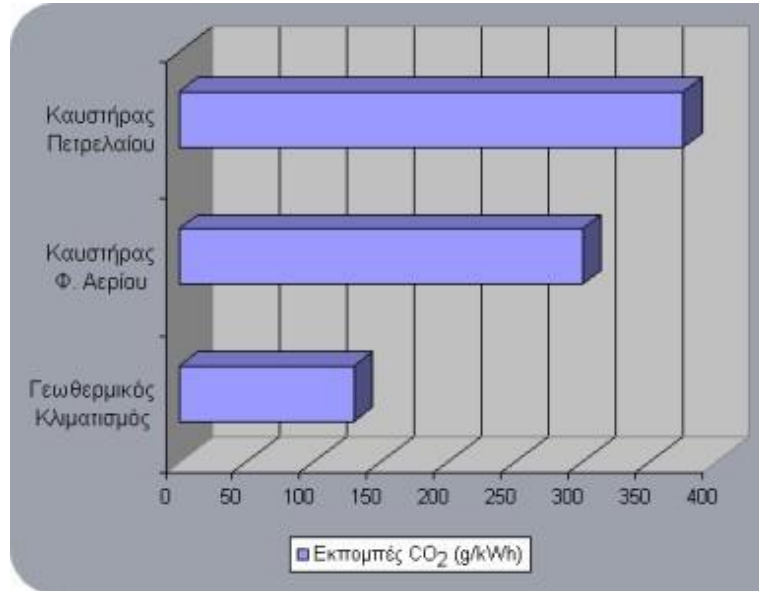


Σχήμα 7.1: Κυκλοφορία του νερού στο έδαφος και στην ενδοδαπέδια θέρμανση

Δεν θα πρέπει να παραμελούμε και το μέγεθος της περιβαλλοντικής συνεισφοράς μας στην επιβράδυνση των κλιματικών αλλαγών όσο ταχύτερα υιοθετήσουμε το σύστημα της γεωθερμίας:

Μείωση εκπομπών ρύπων:

- Σχεδόν στο 1/3 μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με ένα σύστημα γεωθερμίας.
- Είναι το φιλικότερο προς το περιβάλλον σύστημα κλιματισμού.
- Μηδενίζονται οι εκπομπές ρύπων στο αστικό περιβάλλον.
- Σημαντική συμβολή αν αναλογιστούμε ότι η θέρμανση/ψύξη χώρων ευθύνεται παγκοσμίως για το 20% της συνολικής εκπομπής ρύπων.



Σχήμα 7.2: Οι εκπομπές ρύπων μειώνονται στο 1/3 με τη χρήση γεωθερμικού κλιματισμού

8. Σύγκριση γεωθερμίας με συμβατικά συστήματα για θέρμανση χώρου

Με βάση τις τιμές πετρελαίου και ηλεκτρικού ρεύματος επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση χρημάτων στην θέρμανση με την χρήση Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας (ΓΑΘ) περίπου 50 έως 60 % σε σχέση με αντίστοιχη εγκατάσταση που χρησιμοποιεί λέβητα πετρελαίου (Τιμές 2008). Εάν λάβουμε υπόψη μας ότι η ΓΑΘ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ψύξη των χώρων, καταργώντας έτσι την ανάγκη προμήθειας ψυκτικού μηχανήματος, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας γίνεται ακόμα ελκυστικότερο. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης βαθμονομούνται για την απόδοσή τους σύμφωνα με τις διεθνείς και ευρωπαϊκές προδιαγραφές (ISO και EN). Οι καυστήρες ορυκτών καυσίμων βαθμονομούνται με την επί τοις εκατό απόδοσή τους σε σχέση με την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου που καταναλώνουν. Οι καυστήρες φυσικού αερίου, προπανίου και πετρελαίου βαθμονομούνται για την απόδοσή τους σε ειδικά εργαστήρια. Για να εκτιμηθεί η ακριβής απόδοση μιας

εγκατάστασης πρέπει να συμπεριληφθούν παράγοντες όπως οι απώλειες θερμότητας καυσαερίων, οι πολλαπλές εναύσεις λόγω υπερδιαστασιολόγησης, η ηλεκτρική κατανάλωση των κυκλοφορητών, κλπ. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, όπως όλοι οι άλλοι τύποι αντλιών θερμότητας, βαθμονομούνται σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης (COP). Είναι ο επιστημονικός τρόπος προσδιορισμού της ενέργειας που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COPs 3~5. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3~5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα. Δηλαδή ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%. Άρα το σύστημα γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή τα συστήματα γεωεναλλάκτη δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για να παράγουν θερμότητα, παρέχουν τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα. Σε αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα, τα συστήματα Γεωεναλλακτών δεν καίνε ορυκτά καύσιμα για να παράγουν θερμότητα. Απλά μεταφέρουν τη θερμότητα από και προς τη γη για να παρέχουν την αποδοτική, προσιτή και φιλική προς το περιβάλλον θέρμανση και ψύξη. Ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την λειτουργία του συστήματος δηλαδή του συμπιεστή και των κυκλοφορητών. %. Δηλαδή χονδρικά για κάθε 100 μονάδες θερμικής ενέργειας που αποδίδει η ΓΑΘ στο κτίριο μας για θέρμανση αυτού, πληρώνουμε μόνο το κόστος των 25 μονάδων ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει για την λειτουργία της και οι υπόλοιπες 75 μονάδες θερμικής ενέργειας αντλούνται δωρεάν από την φύση. Το καλοκαίρι αντιστρέφεται η λειτουργία της ΓΑΘ έτσι ώστε να απορρίπτει θερμότητα από τους κλιματιζόμενους χώρους στο υπέδαφος με την χρήση του γεωεναλλάκτη. Ο γεωεναλλάκτης μπορεί να τοποθετηθεί σε οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη. Το πιο σημαντικό είναι ότι το σύστημα της γεωθερμίας πρακτικά δεν χρειάζονται συντήρηση. Με σωστή εγκατάσταση ο γεωεναλλάκτης θα λειτουργεί για πολλές δεκαετίες. Τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, η αντλία θερμότητας, οι κυκλοφορητές και το εσωτερικό σύστημα διανομής της θερμότητας βρίσκονται εντός του κτιρίου προστατευμένα από τις σκληρές εξωτερικές συνθήκες. Συνήθως οι περιοδικοί έλεγχοι για τη σωστή λειτουργία είναι η μόνη απαραίτητη συντήρηση.

Τέλος τα γεωθερμικά συστήματα λειτουργούν σε συνεργασία με τη φύση και όχι ενάντια σε αυτήν. Δεν εκπέμπουν αέρια θερμοκηπίου, τα οποία έχουν συνδεθεί με την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, την όξινη βροχή και άλλους περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης έχω:

Συμβατικό Σύστημα καλοριφέρ για θέρμανση & κλιματιστικά τοίχου split για ψύξη	Γεωθερμία Κρυφοί αεραγωγοί, fan coils, ενδοδαπέδια για θέρμανση & ψύξη
Κόστος εγκατάστασης : 6.000 ευρώ	Κόστος εγκατάστασης : 12.000 ευρώ
Ετήσιο λειτουργικό κόστος : 2.500 ευρώ	Ετήσιο λειτουργικό κόστος : 1.000 ευρώ

Αυτές οι τιμές είναι για οριζόντια σωλήνωση εδάφους και τιμές πετρελαίου & ηλ. ρεύματος 10/2009. Εμείς όμως δεν κάνουμε χρήση ηλεκτρικού ρεύματος διότι δεν χρειαζόμαστε τέτοια αντλία. Μια μικρή αντλία είναι αρκετή για την χρήση μας. Έτσι και αλλιώς στα 3m που θα είναι τοποθετημένη η σωλήνωση, με την διαφορά θερμοκρασίας που θα υπάρχει, το ζεστό νερό θα κυκλοφορεί στην ενδοδαπέδια θέρμανση.

Αυτό σημαίνει ότι η μέθοδος της γεωθερμίας έχει διπλάσιο αρχικό κόστος από ότι ένα συμβατικό, όμως όσο αναφορά το ετήσιο κόστος με συντήρηση καυστήρα και πετρέλαιο θέρμανσης το σύστημα της γεωθερμίας είναι πιο οικονομικό. Στο ετήσιο κόστος της γεωθερμίας έχει υπολογιστή και το ρεύμα που καταναλώνει στην περίπτωση που ήταν σαν κύριο μέσο θέρμανσης. Εμείς κάνουμε χρήση γεωθερμίας με ενεργειακό τζάκι και ηλιακή θέρμανση, σαν σύνολο κόστους έχει 14,500 €.

ΜΕΡΟΣ Β

1.Εισαγωγή

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί μια αστείρευτη ενεργειακή πηγή του πλανήτη μας, καθώς ανά πάσα χρονική στιγμή περίπου 173.000TW ηλιακής ισχύος διασχίζουν τα όρια της γήινης ατμόσφαιρας. Παράλληλα, η ηλιακή ενέργεια είναι η πλέον αξιοποιούμενη από τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας στον τομέα κάλυψης των θερμικών αναγκών, ενώ η αντίστοιχη τεχνολογία εξελίσσεται συνεχώς επιδιώκοντας να καταστεί πλήρως ανταγωνιστική των συμβατικών πηγών ενέργειας.

Για τη μελέτη και αποδοτική λειτουργία ενός οποιουδήποτε ηλιακού συστήματος είναι απαραίτητη η γνώση της διαδικασίας μέτρησης και υπολογισμού της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, μέσω του προσδιορισμού της προσπίπτουσας σε μια επιφάνεια ακτινοβολίας, συνυπολογίζοντας την κλίση και τον προσανατολισμό αυτής καθώς και το χρόνο και τον τόπο της μελέτης.

Το θέμα του προσδιορισμού της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας είναι άκρως επίκαιρο για την περίπτωση της χώρας μας, η οποία εμφανίζει υψηλή ηλιοφάνεια σε όλη τη διάρκεια του έτους, καθιστώντας τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας ιδιαίτερα αποδοτικές και οικονομικά συμφέρουσες.

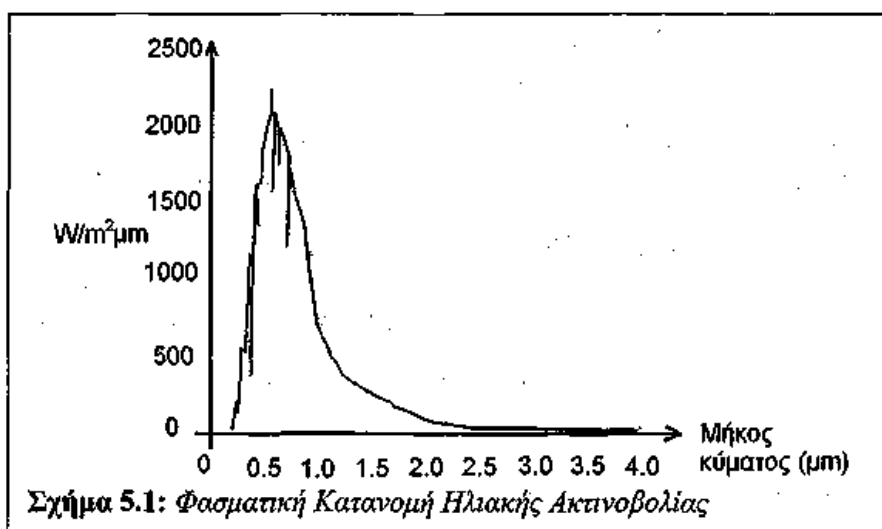
Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες στηρίζονται σε μια από τις πλέον γνωστές τεχνολογίες άμεσης μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα βασικά πλεονεκτήματα των φ/β διατάξεων είναι η απουσία κινουμένων τμημάτων και η ενεργειακή τους αυτονομία. Για το λόγο αυτό θεωρούνται σαν η πλέον αποτελεσματική λύση για την κάλυψη ηλεκτρικών φορτίων σε απομονωμένες και δυσπρόσιτες περιοχές. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των φ/β εγκαταστάσεων συγκαταλέγεται η μεγάλη διάρκεια ωφέλιμης ζωής τους (πλησιάζει ή και υπερβαίνει τα τριάντα έτη), η χαμηλή αναλογία βάρους ανά αποδιδόμενη μονάδα ισχύος (kg/W), οι περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης και τέλος το γεγονός ότι δεν επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον.

Η τεχνολογία των φ/β χρησιμοποιήθηκε αρχικά λόγω περιορισμένου βάρους, για την παραγωγή ενέργειας σε διαστημικές εφαρμογές τη δεκαετία του '60. Αργότερα δοκιμάστηκε με επιτυχία και

σε άλλους τομείς, ιδιαίτερα για την κάλυψη ηλεκτρικών αναγκών σε απομονωμένες περιοχές με μικρή εγκατεστημένη ισχύ, όπου η κατασκευή ηλεκτρικού δικτύου είναι δαπανηρή. Οι δυνατότητες εφαρμογής στην Ελλάδα των φ/β συστημάτων είναι πάρα πολλές κυρίως στη νησιωτική περιοχή. Εδώ και αρκετά χρόνια αρκετοί ελληνικοί φάροι ηλεκτροδοτούνται μέσω φ/β διατάξεων και συστημάτων αποθήκευσης με μπαταρίες. Επίσης η ΔΕΗ έχει εγκαταστήσει αρκετές μονάδες φ/β σε περιοχές με λίγους κατοίκους για την ηλεκτροδότηση τους.

1.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ενέργεια μεταφέρεται με την ηλιακή ακτινοβολία από τον ήλιο, ο οποίος βρίσκεται σε μια μέση απόσταση $149.6 \cdot 10^6$ km (το μήκος αυτό αντιστοιχεί σε μία αστρονομική μονάδα, 1AU) από τη γη. Η ετήσια μεταβολή της απόστασης ήλιου-γης, λόγω της ελλειπτικής μορφής της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο είναι $\pm 1.7\%$ και επαναλαμβάνεται με μικρές μεταβολές από χρόνο σε χρόνο. Η αντίστοιχη διακύμανση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του πλανήτη μας εκτιμάται στα επίπεδα του $\pm 3.4\%$.



Σχήμα 1.1: Φασματική κατανομή ηλιακής ακτινοβολίας

Από υφιστάμενες αναλύσεις υπολογίζεται ότι ο ήλιος εκπέμπει ενέργεια (ανά μονάδα χρόνου) υπό μορφή ακτινοβολίας ισχύος 3.72-10²³ kW. Η ποσότητα εκπεμπόμενης ενέργειας, ανά μονάδα χρόνου, που φτάνει σε μια μοναδιαία επιφάνεια κάθετη στη διεύθυνση της ακτινοβολίας, στη μέση ετήσια απόσταση γης-ήλιου, ονομάζεται ηλιακή σταθερά, "G_{sc}" και ισούται με 1367 W/m². Η ηλιακή ακτινοβολία κατανέμεται σε ένα ευρύ φάσμα μήκους κύματος, δηλαδή από 2500 έως 40000 Angstrom (ενώ ισχύει 1 Angstrom=10⁻¹⁰m). Η φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα παρουσιάζεται στο προηγούμενο σχήμα.

Σύμφωνα με τις πλέον σύγχρονες αναλύσεις, το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται στα μικρά μήκη κύματος, δηλαδή έως τα 3 με 4 μm. Συνεπώς, ακτινοβολία μεγαλύτερη των 4μm ονομάζεται ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος. Από τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι το 99% της ηλιακής ενέργειας περιλαμβάνεται σε μήκη κύματος από 0.25 έως 4 μm. Στο ορατό τμήμα της ακτινοβολίας (0.39+0.77 μm) περιέχεται το 46.41% της ενέργειας, ενώ στο υπεριώδες (μήκος κύματος <0.4μm) περιέχεται το 8.03%. Τέλος η φασματική περιοχή του ηλιακού φωτός με μήκος κύματος >0.77μm περιέχει το υπόλοιπο 45.56% της ενέργειας της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.

Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης, χωρίζεται σε άμεση και διάχυτη, ενώ το άθροισμα αυτών είναι η ολική ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία συμβολίζεται με "G" σε (W/m²) όταν έχουμε στιγμιαία ένταση. Αντίστοιχα με "I" σε (J/m²) περιγράφεται η ωριαία ποσότητα ηλιακής ενέργειας, ενώ με "H" σε (J/m²) συμβολίζεται η ημερήσια ή μηνιαία ηλιακή ενέργεια.

Άμεση ακτινοβολία καλείται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει κατ' ευθείαν στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα και συμβολίζεται με το δείκτη "b", (π.χ. "G_b" ή "I_b" κ.λπ.). Από τις υφιστάμενες αναλύσεις η αριθμητική τιμή της άμεσης ακτινοβολίας εξαρτάται από την απόσταση ήλιου-γης, την ηλιακή απόκλιση "δ", το ηλιακό ύψος "α", το γεωγραφικό πλάτος του τόπου "φ", το υψόμετρο του τόπου "ζ", την κλίση του εδάφους καθώς και την απορρόφηση και διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα. Διάχυτη ακτινοβολία καλείται η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης αφού έχει αλλάξει η διεύθυνση της λόγω ανάκλασης ή σκέδασης μέσα στην ατμόσφαιρα. Το τμήμα αυτό της διάχυτης ακτινοβολίας συμβολίζεται με δείκτη "s", π.χ. "I_s" σε (J/m²). Το υπόλοιπο της διάχυτης ακτινοβολίας προέρχεται από

ανάκλαση στην επιφάνεια της γης και συμβολίζεται με δείκτη "r", π.χ. "IG" σε (J/m²) κ.λπ. Η συνολική διάχυτη ακτινοβολία, είναι το άθροισμα των επιμέρους "I." και "Ir" και περιγράφεται με το δείκτη "α" (π.χ. "Gd" ή "Id" κ.λπ.). Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος, το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία των σωματιδίων και αερίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, η ολική ακτινοβολία είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας και συμβολίζεται με "G" ή "I" ή "H". Για παράδειγμα σε μια οριζόντια επιφάνεια η ωριαία ηλιακή ακτινοβολία θα δίνεται από τη σχέση:

$$I = I_b + I_d$$

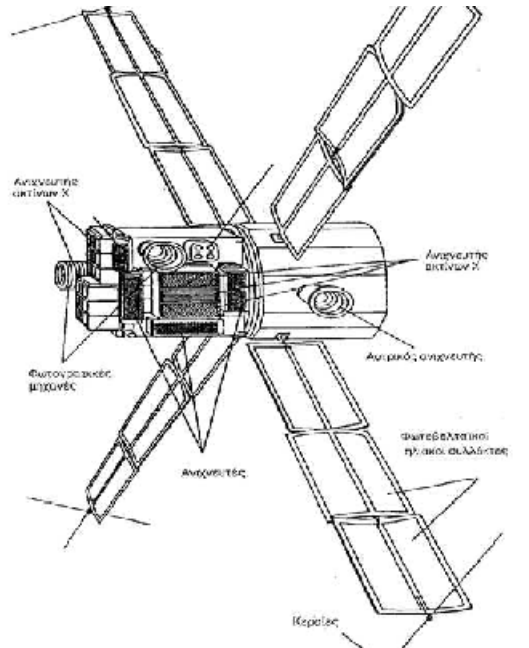
Αντίστοιχες εξισώσεις ισχύουν για στιγμιαίες ή ημερήσιες τιμές.

Από την υφιστάμενη εμπειρία είναι γνωστό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει μια ηλιακή ακτίνα μέσα στην ατμόσφαιρα τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης. Αντίστοιχα όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της.

1.2. Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 από τον Γάλλο φυσικό Bequerel (1820-1891), όπου ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά τη διάρκεια πειραμάτων του με μία ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια. Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι επιστήμονες Adams και Day, από το Cambridge παρουσίασαν στην Royal Society, την εργασία τους επί των μεταβολών των ηλεκτρικών ιδιοτήτων του στοιχείου σεληνίου όταν εκτίθεται στο φως.

Μία σημαντική ανακάλυψη έγινε το 1949 όταν οι Mott και Shottky ανέπτυξαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει.



Σχήμα 1.2: Εφαρμογή φωτοβολταϊκών στοιχείων σε δορυφόρο

Το 1958 εκτοξεύτηκε ένας σοβιετικός δορυφόρος που είχε για πηγή μόνο ενέργεια από ηλιακά στοιχεία. Το 1959 κατασκευάστηκε φωτοβολταϊκό στοιχείο από CdS με απόδοση 5%.

Η δεκαετία του 1960 έφερε τη μεγάλη έκρηξη στις εφαρμογές των φωτοβολταϊκών. Εκείνη την εποχή η τεχνολογία ήταν αρκετά ακριβή με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία να κοστίζουν πάνω από \$1000 ανά peak watt (Wp) και να έχουν μικρή απόδοση 5 - 10%. Τις τελευταίες δεκαετίες η σταδιακή ανάπτυξη στην τεχνολογία και κατασκευή των φωτοβολταϊκών, έχει μειώσει τις τιμές περίπου 200 φορές. Εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος της τάξεως του 1 kWp έχουν σχεδόν διπλάσιο κόστος ανά εγκατεστημένο Wp, από ότι οι εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος.

Το 1972 κατασκευάστηκε ιώδες ηλιακό στοιχείο Si με απόδοση 14% (Lindmayer & Allison).

1976: Κατασκευή φωτοβολταϊκού στοιχείου από άμορφο πυρίτιο (a-Si) με απόδοση 0,01% (Carlson & Wronski).

1977: Κατασκευή ηλιακού στοιχείου από GaAs με απόδοση 16% (Kameth).

1981: Πτήση πάνω από την Μάγχη του αεροπλάνου Solar Challenger εξοπλισμένου με 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία Si συνολικής ισχύος 2,7kW.

1983: Έναρξη λειτουργίας του φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 1MW στην Βικτροβίλ .

Στη δεκαετία του 1980 οι προσπάθειες μείωσης του κόστους βιομηχανικής παρασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων οδήγησαν στη χρησιμοποίηση οικονομικότερων μεθόδων παρασκευής του ενεργού υλικού. Οι μέθοδοι αυτοί χαρακτηρίζονται από τη δημιουργία πολύ λεπτών στρωμάτων σε επιφάνεια που επιτρέπει την πρόσφυση του υλικού.

Στη συνέχεια τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες τεχνολογικές εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς. Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες τη Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν είδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Τα πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών:

- αθόρυβη λειτουργία
- ελάχιστη συντήρηση
- μηδενική ρύπανση
- διάρκεια ζωής που μπορεί να ξεπεράσει τα 30 έτη
- απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα

1.3. Βασικές γνώσεις για φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι ενδιαφέροντα και συμφέροντα όταν παρουσιάζουν τα εξής προτερήματα σε σχέση με άλλα υβριδικά συστήματα:

1. Απόδοση του συστήματος.
2. Είναι εύκολο το σύστημα στην εγκατάσταση.
3. Δεν έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον.
4. Τέλος άφθονη είναι η ενέργεια που δέχεται και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής.

Αναλυτικά έχουμε: Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν ένα μεγάλο ποσοστό ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο

είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά στοιχεία έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 17% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό). Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (13%-15%), είναι όμως φθηνότερα από τα μονοκρυσταλλικά. Υπάρχουν και τα λεγόμενα "άμορφα" που αποτελούνται από μια ενιαία επιφάνεια κι όχι από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως τα προηγούμενα. Αυτά έχουν χαμηλότερη απόδοση (5%-10%) αλλά είναι τα οικονομικότερα.

Υπολογίζεται ότι συλλέκτες εμβαδού 10 τετραγωνικών μέτρων δίνουν ισχύ ενός κιλοβάτ. Από 'κει και πέρα, πόση ενέργεια θα δώσει το κάθε κιλοβάτ εξαρτάται από την ηλιακή ενέργεια που δέχεται ο συλλέκτης. Στην Ελλάδα είμαστε τυχεροί, απ' αυτή την άποψη. Έτσι, υπολογίζεται ότι κάθε κιλοβάτ δίνει 1.150 - 1.350 κιλοβατώρες το χρόνο. Όσο πιο νότιο τόσο καλύτερα: Κρήτη, νησιά του Αιγαίου και Αττική βρίσκονται στην κορυφή και μπορεί να πιάνουν μέχρι και 1.400 κιλοβατώρες.

Χρειάζονται απλώς μεγαλύτερη επιφάνεια για να δώσουν την ίδια ισχύ με τα μονοκρυσταλλικά ή τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά. Όσο αναφορά την εγκατάσταση για οικιακές ή μικρές κτιριακές εγκαταστάσεις δεν απαιτείται άδεια, ενώ η τοποθέτηση και η έναρξη λειτουργίας είναι εύκολες. Σήμερα στην αγορά κυκλοφορούν όλο και περισσότερα συστήματα φωτοβολταϊκών, που είναι πραγματικά καλαίσθητα και αποτελεσματικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, το ενεργειακό σύστημα αντικαθιστά μέρος των δομικών υλικών. Ειδικά, τέτοια συστήματα κυκλοφορούν για μεγάλα εμπορικά κτίρια, κτίρια γραφείων κ.λπ. Για να τοποθετηθεί χρειάζεται κάποιον με στοιχειώδεις ηλεκτρολογικές γνώσεις που μπορεί να εγκαταστήσει ένα μικρό εφεδρικό σύστημα (back up) με συσσωρευτές. Για μεγαλύτερα συστήματα και ειδικά για τα συστήματα που συνδέονται με το βασικό δίκτυο, η εγκατάσταση πρέπει να γίνει από εξειδικευμένο τεχνικό.

Ένα βασικό σύστημα αποτελείται από τον ηλιακό συλλέκτη, το ρυθμιστή φόρτισης της μπαταρίας και την μπαταρία (συσσωρευτή). Προαιρετικά συνδέεται στον συσσωρευτή και ένας αντιστροφές που μετατρέπει τη συνεχή τάση (DC) σε εναλλασσόμενη ώστε να τροφοδοτηθούν και οι συσκευές που απαιτούν 220 volt. Η συνδεσμολογία των καλωδίων δεν αποτελεί κανένα πρόβλημα για κάποιον με εντελώς στοιχειώδεις ηλεκτρολογικές γνώσεις. Το κόστος ξεκινά ακόμη και κάτω από τα 100 ευρώ!

Επίσης τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν παράγουν αέρια ή επιβλαβή, ούτε θόρυβο. Έχουν διάρκεια ζωής περίπου 30 χρόνια, χωρίς μεγάλη συντήρηση. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα επέκτασης όσο θέλουμε. Μπορούμε να «κτίζουμε» το φωτοβολταϊκό μας σύστημα κομμάτι κομμάτι. Κάθε MWh από φωτοβολταϊκά σημαίνει αποφυγή έκλυσης περίπου ενός τόνου διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Φωτοβολταϊκά ισχύος 1 KW ισοδυναμούν με 2 στρέμματα δάσους όσον αφορά την αποφυγή έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα ή αλλιώς με 100 δέντρα, σύμφωνα με υπολογισμό του ΣΕΦ. Κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά και όχι από συμβατικά καύσιμα συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης 1,1 κιλών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου). Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξειδία του αζώτου, οι ενώσεις του θείου κ.λπ.). Ένα κιλοβάτ φωτοβολταϊκών παράγει κατά μέσο όρο στην Ελλάδα 1.300 κιλοβατώρες το χρόνο και, έτσι, αποτρέπεται η έκλυση 1.400 κιλών διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή απορροφούν ετησίως δύο περίπου στρέμματα δάσους ή αλλιώς 100 δέντρα. Με την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών συμβάλλουμε στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Επίσης, συμφέρει διότι τα φωτοβολταϊκά παράγουν "καθαρότερη" ενέργεια, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών ρύπων που δημιουργούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι αθόρυβα και συμβάλλουν στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα που δεν είναι ανεξάντλητα.

Τέλος όπως όλοι ξέρουμε, υπάρχει άφθονη ηλιακή ενέργεια κι όπως πιστεύω ο ήλιος δεν θα σταματήσει ποτέ να φωτίζει. Ο ήλιος παρέχει πάνω από 1000 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο. Έτσι, ένα φωτοβολταϊκό με διαστάσεις ένα μέτρο πλάτος και ένα μέτρο ύψος (δηλαδή ένα τετραγωνικό μέτρο) θα παράγει περίπου 160 Watt την ώρα αν αποτελείται από μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία, περίπου 140 Watt την ώρα αν αποτελείται από πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία και περίπου 80 Watt την ώρα αν είναι για παράδειγμα άμορφου πυριτίου.

Ένα φωτοβολταϊκό με ονομαστική μέγιστη ισχύ 100 Wp βγάζει έξοδο περίπου 20 Volt και 5 Ampere ($20 \times 5 = 100$). Μπορούμε να συνδέσουμε όσα φωτοβολταϊκά πάνελ θέλουμε σε σειρά ή και παράλληλα, για να πετύχουμε το συνδυασμό τάσης ρεύματος (volt), έντασης ρεύματος (ampere) και φυσικά την συνολική ισχύ (watt) που θέλουμε να έχει το σύστημά μας.

2.Φωτοβολταϊκά συστήματα

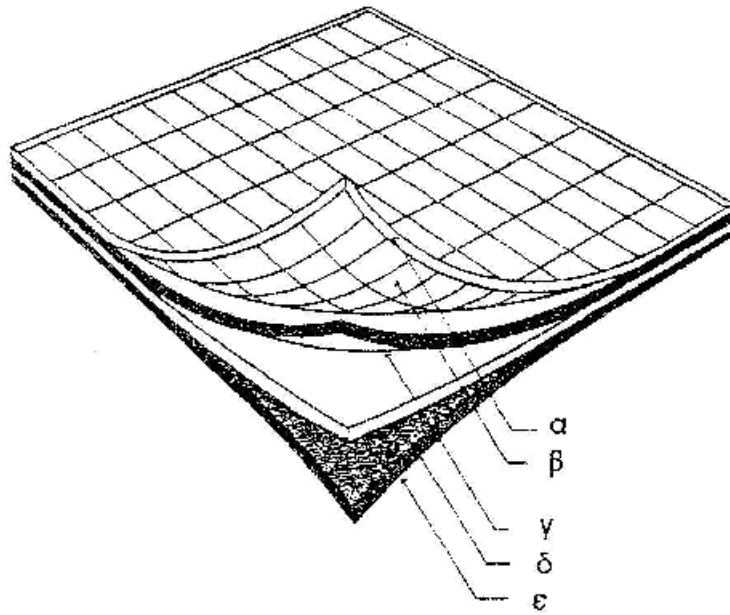
Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από:

- Ηλιακό κύτταρο
- Φωτοβολταϊκός συλλέκτης (Φωτοκυψέλη)
- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο
- Φωτοβολταϊκή συστοιχία



Σχήμα 2: Περιγραφή ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου

Η προφυλακτική πλάκα αποτελείται από γυαλί πάνω στο οποίο προσκολλάται το φ/β στοιχείο. Το αντιανακλαστικό επίχρισμα είναι παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στα άλλα φ/β στοιχεία για να βοηθήσει τη δίοδο του φωτός στο εσωτερικό. Η διαφανής επαφή είναι το ηλεκτρόδιο που έχει συνήθως τη μορφή πλέγματος και είναι φτιαγμένο από αγώγιμο υλικό, όπως είναι ο άργυρος, χρυσός, γραφίτης, χαλκός, νικέλιο ή κράματα μετάλλων.



Σχήμα 2.1: Φωτοβολταϊκό στοιχείο άμορφου πυριτίου

Διακρίνονται :

- α) Προφυλακτικό στρώμα
- β) Διαφανής επαφή
- γ) Απορροφητικό στρώμα
- δ) Συλλέκτης
- ε) Αδιαφανής επαφή

Το απορροφητικό στρώμα ημιαγωγού είναι το μέρος στο οποίο το φως δημιουργεί τους ηλεκτρικούς φορείς του φορτίου.

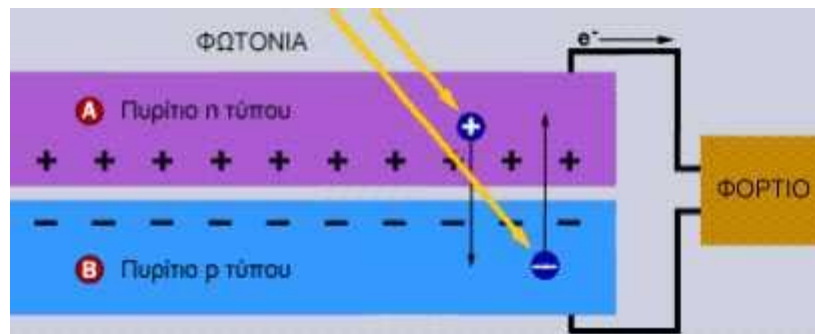
Ο συλλέκτης είναι το στρώμα του ημιαγωγού στο οποίο καταλήγουν οι φορείς του φορτίου αφού περάσουν από τον καταναλωτή στον οποίο δίνουν την ενέργεια που πήραν από το φως.

Η αδιαφανής επαφή, είναι το ηλεκτρόδιο που κατασκευάζεται από υλικό μεγάλης ηλεκτρικής αγωγιμότητας όπως είναι ο χαλκός. Μπορεί να είναι η βάση πάνω στη οποία σχηματίσθηκε το φ/β

στοιχείο ή να είναι ένα λεπτό στρώμα του μετάλλου. Η επαφή αυτή πρέπει να έχει μεγάλη ανακλαστικότητα ώστε τα φωτόνια που τυχόν πέρασαν από τον ημιαγωγό και χτύπησαν σε αυτή, να μην απορροφηθούν αλλά να επιστρέψουν πίσω ώστε να δώσουν την ενέργειά τους.

3. Αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο πλάκες ημιαγωγών που βρίσκονται σε επαφή.



Σχήμα 3: Εάν φέρουμε σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p το ένα απέναντι από το άλλο δημιουργείται μία διόδος ή αλλιώς ένα ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή των δύο υλικών το οποίο επιτρέπει τη κίνηση ηλεκτρονίων προς μία κατεύθυνση μόνο

Η άνω πλάκα εμπλουτίζεται με πολύ μικρή ποσότητα στοιχείου (P, As) που διαθέτει ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στοιβάδα σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο ημιαγωγό π.χ. Si. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην επίστρωση τύπου n είναι αρσενικό As ή φώσφορος P, Βισμούθιο Bi κ.τ.λ. Αντίστοιχα, η κάτω πλάκα ενισχύεται με προσμίξεις κατάλληλου στοιχείου (B) που διαθέτει ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην εξωτερική του στοιβάδα σε σχέση με το υλικό του ημιαγωγού. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κάτω πλάκα είναι το Βόριο (B), το Αλουμίνιο (Al), το Γάλλιο (Ga), το Ίνδιο (In) κ.α.

Η άνω πλάκα με τα επιπλέον ηλεκτρόνια ονομάζεται ημιαγωγός τύπου n, ενώ η κάτω πλάκα ημιαγωγός τύπου p. Στο επάνω μέρος της διάταξης διακρίνουμε τις μεταλλικές επαφές της διόδου p - n που αποτελεί τη βάση λειτουργίας της

φωτοβολταϊκής κυψελίδας. Το ρεύμα ρέει μόλις οι δύο ακροδέκτες/επαφής συνδεθούν με ένα φορτίο καταναλωτή.

Η απορροφούμενη ενέργεια μετατρέπεται μερικώς σε ηλεκτρική ενέργεια και μερικώς σε θερμική ενέργεια.

Ο ρυθμός της ηλεκτρικής ενέργειας (W) που αποδίδει το PV - στοιχείο προς την ηλιακή ακτινοβολία που πέφτει σε αυτό καλείται συντελεστής απόδοσης (φωτομετατροπής) της ηλιακής κυψελίδας.

Όλα τα ημιαγώγιμα υλικά παρουσιάζουν το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το κύριο υλικό είναι το πυρίτιο (Si), το δεύτερο πιο κοινό στοιχείο στη Γη.

Όταν φωτιστεί μία επιφάνεια PV - στοιχείου τότε μία διαφορά δυναμικού δημιουργείται στην επιφάνεια των μεταλλικών επαφών γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη ροή ρεύματος, I, εφόσον το εξωτερικό κύκλωμα είναι κλειστό .

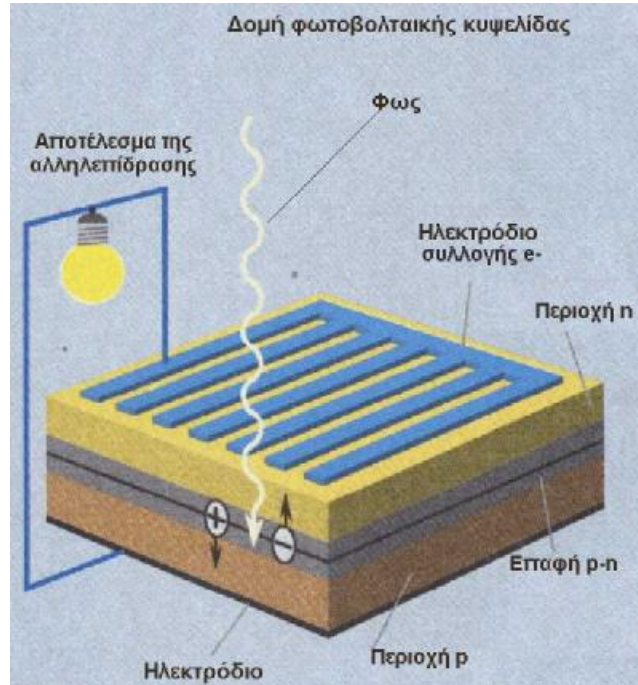
Για την παραγωγή περισσότερης ηλεκτρικής ισχύος οι φωτοβολταϊκές κυψελίδες συνδέονται ηλεκτρικά και σχηματίζουν υπομονάδες ή PV πλαίσια. Για να προστατεύσουμε τις μεταλλικές επιφάνειες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, οι επαφές τοποθετούνται μέσα σε πολυστρωματικό γυαλί.

Κάθε PV κελί έχει τουλάχιστον ένα ηλεκτρικό πεδίο. Χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, το κελί δε θα μπορούσε να λειτουργήσει. Το πεδίο αυτό σχηματίζεται μόνο όταν έρθουν σε επαφή πυρίτιο τύπου n και p. Τότε, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της n περιοχής τα οποία αναζητούν οπές για να δεσμευτούν, εντοπίζουν τις κενές οπές της P περιοχής και κατευθύνονται βιαστικά προς αυτές για να τις γεμίσουν. Μέχρι τώρα το πυρίτιο ήταν ηλεκτρικά ουδέτερο. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια εξισορροπούνται από τα επιπλέον πρωτόνια στο φώσφορο. Στο βόριο το έλλειμμα των ηλεκτρονίων εξισορροπούνταν από το έλλειμμα των πρωτονίων. Όταν τα ηλεκτρόνια και οι οπές ενωθούν κατά τη σύνδεση του πυριτίου τύπου n και p, διαταράσσεται η ουδετερότητα. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια δε γεμίζουν όλες τις κενές οπές επειδή δε θα ήταν χρήσιμο. Στο σημείο της σύνδεσης, όμως, ενώνονται και σχηματίζουν ένα φράγμα, κάνοντας όλο και δυσκολότερη τη διέλευση των ηλεκτρονίων από τη n περιοχή στην p. Τελικά, καταλήγουμε σε ισορροπία και δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο που διαχωρίζει τις δύο πλευρές. Αυτό το ηλεκτρικό πεδίο λειτουργεί σαν δίοδος, επιτρέποντας (σχεδόν αναγκάζοντας) τα ηλεκτρόνια να ρέουν από τη p περιοχή στη n, αλλά όχι στην αντίθετη κατεύθυνση (από τη n στη p). Είναι σαν ένας λόφος στον οποίο τα ηλεκτρόνια μπορούν εύκολα να τον κατέβουν (στη πλευρά n) αλλά αδύνατον να τον ανέβουν (στη πλευρά p).

Έτσι έχουμε ένα ηλεκτρικό πεδίο το οποίο λειτουργεί σαν μία δίοδος στην οποία τα ηλεκτρόνια μπορούν να κινηθούν μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Όταν πέφτει φως, με τη μορφή φωτονίων στο ηλιακό κελί, η ηλιακή ενέργεια του φωτός ελευθερώνει ζευγάρια ηλεκτρονίων - οπών.

Κάθε φωτόνιο με αρκετή ενέργεια σε φυσιολογικές συνθήκες ελευθερώνει ακριβώς ένα ηλεκτρόνιο και καταλήγει σε μία κενή οπή. Αν αυτό συμβεί σε μικρή απόσταση από το ηλεκτρικό πεδίο ή αν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια και κενές οπές, τα οποία να περιφέρονται στη περιοχή επίδρασής του, τότε το πεδίο στέλνει το ηλεκτρόνιο στη n περιοχή και την οπή στη p περιοχή. Αυτό προκαλεί μεγαλύτερη διαταραχή στην ουδετερότητα και αν συνδέσουμε ένα εξωτερικό κύκλωμα, τα ηλεκτρόνια θα αρχίσουν να ρέουν μέσα από το κύκλωμα προς την αρχική τους περιοχή (τη p) για να ενωθούν με τις οπές που έχει στείλει το ηλεκτρικό πεδίο, διευκολύνοντάς μας. Η ροή των ηλεκτρονίων μας παρέχει ρεύμα και το ηλεκτρικό πεδίο του κελιού προκαλεί μία τάση. Ο συνδυασμός των δύο μας παρέχει ισχύ (σχ. 28).

Η διαφορά δυναμικού μεταξύ της επάνω και της κάτω μεταλλικής επαφής PV - στοιχείου από Si είναι περίπου 0,5 - 0,8Volts και εξαρτάται από το τύπο του ημιαγωγού και τη τεχνική με την οποία κατασκευάστηκε η κυψελίδα και όχι από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά τη διάρκεια έκθεσης ενός PV - στοιχείου στην ηλιακή ακτινοβολία αν συνδέσουμε τα άκρα του με κατάλληλο αγωγό τότε δημιουργείται κλειστό κύκλωμα το οποίο διαρρέεται από ρεύμα λόγω της κίνησης των ηλεκτρονίων σε αυτό. Όταν ο αγωγός έχει μηδενική αντίσταση τότε το ρεύμα αυτό ονομάζεται ένταση βραχυκυκλώσεως $-i_{sc}$.



Σχήμα 3.1: Παράγωγή ισχύς

Απώλεια ενέργειας

Παρότι η προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια είναι πολύ μεγάλη, εμείς δε μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε όλη, αυτό συμβαίνει γιατί το κάθε ημιαγωγό υλικό αντιδρά σε διαφορετικά μήκη κύματος της ακτινοβολίας. Κάποια υλικά αντιδρούν σε ευρύτερα φάσματα ακτινοβολίας από κάποια άλλα. Έτσι, ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιούμε μπορούμε να εκμεταλλευτούμε μόνο εκείνο το φάσμα της ακτινοβολίας που αντιδρά με το συγκεκριμένο υλικό. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται σε σχέση με τη προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια συμβολίζει το συντελεστή απόδοσης του υλικού. Οι δύο βασικοί παράγοντες για την απόδοση ενός φωτοβολταϊκού υλικού είναι το ενεργειακό χάσμα του υλικού και ο συντελεστής μετατροπής.

Το φως διαχωρίζεται σε διαφορετικά μήκη κύματος και μπορούμε να τα δούμε στην μορφή του ουράνιου τόξου για το οπτικό τμήμα του. Εφόσον το φως που προσπίπτει στο ηλιακό κελί έχει φωτόνια με μεγάλο εύρος ενεργειών, πολλά από αυτά δε θα έχουν

αρκετή ενέργεια να σχηματίσουν ζεύγος ηλεκτρονίου - οπής. Αυτά απλά θα διαπεράσουν το ηλιακό κελί, σαν να ήταν διαφανές. Υπάρχουν όμως και άλλα φωτόνια που έχουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Μόνο μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας, υπολογισμένη σε ηλεκτρονιοβόλτ (eV) και εξαρτώμενη από το υλικό του κελιού (περίπου 1,1eV για το κρυσταλλικό πυριτίου) απαιτείται για να απελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Αυτό το ονομάζουμε ενεργειακό χάσμα ή ενέργεια ζώνης ενός υλικού. Αν ένα φωτόνιο έχει περισσότερα από ένα ζευγάρια ηλεκτρονίων - οπών. Σε αυτά τα δύο φαινόμενα οφείλεται η απώλεια της ενέργειας που εισέρχεται στο κελί.

Θα περίμενε κανείς να επιλέξουμε ένα υλικό το οποίο να έχει μικρό ενεργειακό χάσμα και έτσι να κερδίσουμε για κάθε φωτόνιο περισσότερα ηλεκτρόνια και οπές. Ο λόγος για τον οποίο δε μπορούμε να διαλέξουμε ένα υλικό με χαμηλό ενεργειακό χάσμα, έτσι ώστε να εκμεταλλευτούμε περισσότερα φωτόνια, είναι ότι το ενεργειακό χάσμα καθορίζει την ισχύ (τάση) του ηλεκτρικού πεδίου κι αν είναι πολύ χαμηλή, ότι κερδίζουμε από το επιπλέον ρεύμα (από την απορρόφηση παραπάνω φωτονίων) το χάνουμε λόγω τη χαμηλής τάσης. Θυμίζουμε ότι η ισχύς ισούται με την τάση επί το ρεύμα ($P = IV$). Το ιδανικό ενεργειακό χάσμα που εξισορροπεί αυτά τα δύο φαινόμενα, είναι περίπου 1,4eV για ένα κελί κατασκευασμένο από ένα μόνο υλικό.

Ωστόσο, έχουμε και άλλες απώλειες. Τα ηλεκτρόνια πρέπει να ρέουν από τη μία πλευρά του κελιού στην άλλη, μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος. Μπορούμε να καλύψουμε την κάτω πλευρά με ένα μέταλλο, δημιουργώντας καλή αγωγιμότητα, όμως αν καλύψουμε τελείως το πάνω μέρος, τότε τα φωτόνια δε θα μπορούν να διαπεράσουν τον ημιδιαφανή αγωγό κι έτσι χάνεται όλο το ρεύμα (σε κάποια κελιά χρησιμοποιούνται διαφανείς αγωγοί στη πάνω επιφάνεια, αλλά όχι σε όλα). Αν τοποθετήσουμε τις επαφές μόνο στις άκρες, τότε τα ηλεκτρόνια είναι αναγκασμένα να διανύσουν μία πολύ μεγάλη απόσταση (για ένα ηλεκτρόνιο) για να φτάσουν στις επαφές. Όπως είπαμε και παραπάνω, το πυρίτιο είναι ημιαγωγός, συγκριτικά όμως με ένα μέταλλο, δεν κάνει εύκολη τη διέλευση του ρεύματος. Η εσωτερική του αντίσταση (που είναι συνδεδεμένη σε σειρά) είναι σχετικά μεγάλη, πράγμα που σημαίνει ότι έχουμε μεγάλες απώλειες.

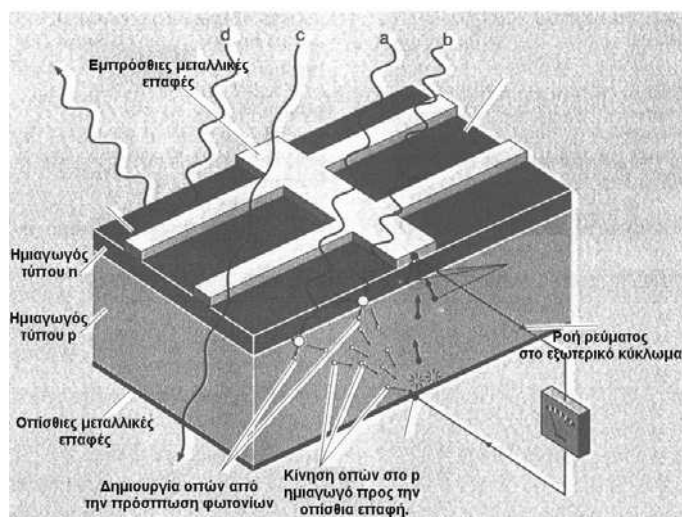
Για να ελαχιστοποιήσουμε αυτές τις απώλειες, επικαλύπτουμε το κελί με ένα πλέγμα μεταλλικού αγωγού, το οποίο μειώνει την απόσταση την οποία πρέπει να διανύσουν τα ηλεκτρόνια. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, μερικά φωτόνια εμποδίζονται από το

πλέγμα, το οποίο δε γίνεται να είναι πολύ μικρό επειδή διαφορετικά η αντίστασή του θα ήταν πολύ μεγάλη.

4.Κατασκευαστικά στοιχεία φ/β γεννητριών

Το πάχος του φωτοβολταϊκού στοιχείου, περιορίζεται στην ενεργή περιοχή του, στην οποία δηλαδή η αναρροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία αποδίδει το φ/β φαινόμενο. Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συλλογής των φορέων πρέπει να βρίσκονται κοντά στην ενεργή περιοχή. Το πίσω ηλεκτρόδιο καλύπτει όλη την έκταση του φ/β και αποτελείται από σχετικά πυκνό λεπτό δικτυωτό μεταλλικό πλέγμα.

Το πλέγμα, που τοποθετείται στην όψη πρόσπτωσης του φωτός, πρέπει να έχει το σχήμα αραιής μεταλλικής σχάρας (σχήμα 29) έτσι ώστε οι ελεύθεροι ηλεκτρικοί φορείς να συλλέγονται από όλη την έκταση της επιφάνειας όψεως του φ/β στοιχείου, προκαλώντας ταυτόχρονα την ελάχιστη δυνατή μείωση στη διέλευση του φωτός. Η διατομή των τελικών μεταλλικών απολήξεων αυξάνει προς τη κατεύθυνση του κεντρικού ηλεκτροδίου, επειδή προς αυτή τη κατεύθυνση αυξάνει το συλλεγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.



Σχήμα 4: Δομικά στοιχεία PV – κυψελίδας. Δημιουργία e και οπών. Κίνηση των φορέων μειονότητας στο κλειστό κύκλωμα και εμφάνιση του (φωτο)ρεύματος.

Τα φωτοβολταϊκά διατίθενται σε ποικιλία μεγεθών και σχημάτων. Οι πιο διαδεδομένες είναι οι ορθογώνιες, οι κυκλικές και αυτές που αποτελούν μέρη κύκλου.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις ενέργειας, διαμορφώνουμε και τη διάταξη της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, η οποία μπορεί να αποτελείται από μία κυψέλη μέχρι μια συστοιχία (array) από πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια (modules) τα οποία μπορεί να είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή και παράλληλα, ώστε να επιτυγχάνονται οι επιθυμητές, σε κάθε εφαρμογή τιμές της τάσεως και της ισχύος. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια διατίθενται στο εμπόριο τυποποιημένα, με ευρεία κλίμακα σε τάση και ένταση, για να καλύπτουν όλες τις απαιτήσεις ενέργειας. Το κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από έναν αριθμό φωτοβολταϊκών στοιχείων (συνήθως 33 ή 36) συνδεδεμένα σε σειρά.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η αποδοτικότητα του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ιδιαίτερα των κρυσταλλικών τύπων, δεν είναι η ίδια με τα κύτταρα που χρησιμοποιούνε καθώς σημαντικό μέρος της επιφάνειας του πλαισίου μένει ανεκμετάλλευτο λόγω του σχήματος των κυττάρων και του χώρου που χρειάζεται για τη συνδεσμολογία μεταξύ τους.

Φωτοβολταϊκά πλαίσια

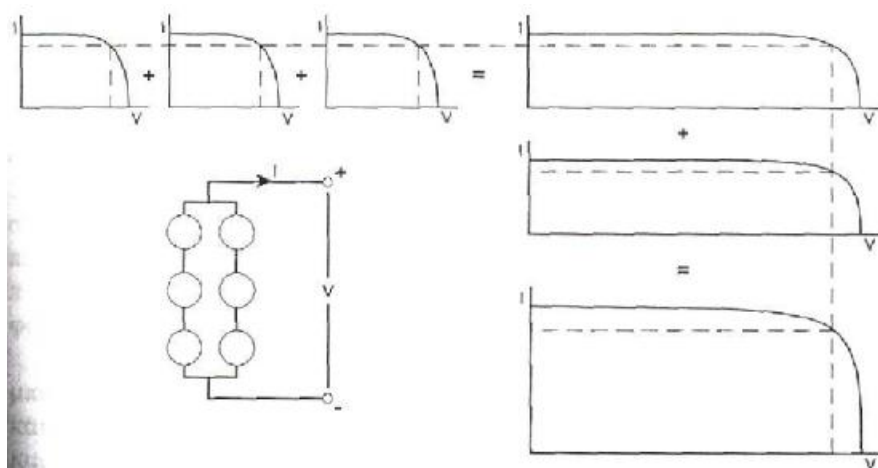
Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι φωτοηλεκτρικά κύτταρα που παράγουν ηλεκτρισμό απευθείας, μετατρέποντας το ηλιακό φως. Είναι συνήθως κατασκευασμένα από πυρίτιο μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό ή άμορφο λεπτού υμένα.

Οι φωτοβολταϊκές κυψελίδες είναι δίσκοι πυριτίου κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 3 έως 4 ιντσών (10cm²). Οι ηλιακές κυψελίδες λειτουργούν σύμφωνα με το καλούμενο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο φωτόνια - φως αλληλεπιδρούν από τα άτομα του υλικού. Λόγω του φωτοβολταϊκού φαινομένου μία φωτοβολταϊκή κυψελίδα από πυρίτιο Si, διαστάσεων 4 ιντσών παράγει περίπου 1 watt ηλεκτρικού ρεύματος υπό τάση DC. Το πυρίτιο έχει έντονη μεταλλική λάμψη, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα να είναι πολύ ανακλαστικό. Τα φωτόνια που ανακλώνται, δε μπορούν προφανώς να χρησιμοποιηθούν από το κελί. Για αυτό στην επιφάνεια του κελιού τοποθετείται μία ανακλαστική επικάλυψη για να μειώνονται οι ανακλαστικές απώλειες σε λιγότερο από το 5%.

Στο πάνω μέρος τοποθετούμε μία γυάλινη επιφάνεια, η οποία προστατεύει το κελί από τα διάφορα στοιχεία της φύσης. Τα PV

συστήματα δημιουργούνται από την ένωση πολλών κελιών (συνήθως 36) σε σειρά, αλλά και παράλληλα, για να φτάσουμε στα επιθυμητά επίπεδα τάσης και ρεύματος. Έπειτα τα τοποθετούμε σε ένα σταθερό σκελετό, τα καλύπτουμε με μία γυάλινη επιφάνεια και τέλος τοποθετούμε θετικούς και αρνητικούς ακροδέκτες στη κάτω πλευρά.

Η τάση και η ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ειδικότερα, η τάση που εκδηλώνει ένα συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου του εμπορίου, σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία, είναι μόλις 0.5V περίπου και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι μέχρι μόλις 0.4W περίπου. Επίσης, είναι γνωστό ότι υπό ιδανικές συνθήκες δύο ή περισσότερες ίδιες πηγές τάσης σε σειρά προστίθενται όπως προστίθενται και δύο ή περισσότερες πηγές ρεύματος που συνδέονται παράλληλα. Για τον λόγο αυτό τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που προορίζονται για τη συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα και τοποθετούνται σε ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο ώστε να τροφοδοτούν στην έξοδο τους με την επιθυμητή από τον κατασκευαστή τάση και ισχύ.



Σχήμα 4.1: I - V χαρακτηριστική φωτοβολταϊκού πλαισίου με στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά και παράλληλα

Όταν τα ηλιακά κύτταρα έχουν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, η μέγιστη ισχύς που παίρνουμε από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο ισούται με το γινόμενο της μέγιστης ισχύος που μπορεί να τροφοδοτήσει κάθε στοιχείο ξεχωριστά, επί τον αριθμό των στοιχείων. Η μέγιστη τάση εξόδου του φωτοβολταϊκού πλαισίου προσδιορίζεται από τον αριθμό συγκεκριμένων ηλιακών στοιχείων που συνδέονται σε σειρά και το μέγιστο ρεύμα στην έξοδο (για κανονικά επίπεδα ηλιοφάνειας) προσδιορίζεται από τον αριθμό των στοιχείων (ή ομάδα εν σειρά στοιχείων) που συνδέονται παράλληλα. Η χαρακτηριστική $I - V$ καμπύλη ενός συνόλου ίδιων ηλιακών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά ή και παράλληλα, προκύπτει με αντίστοιχο συνδυασμό των χαρακτηριστικών των επιμέρους στοιχείων όπως φαίνεται στο σχήμα 30.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στο εμπόριο, αποτελούνται από τα στοιχεία τα οποία προστατεύονται από πάνω με φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού και από κάτω με φύλλο ανθεκτικού υλικού, συνήθως μετάλλου ή ενισχυμένου πλαστικού. Το πάνω και κάτω προστατευτικό φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους στεγανά και μόνιμα. Διαμορφώνεται έτσι η βιομηχανική μονάδα η οποία χρησιμοποιείται ως συλλέκτης στη συγκρότηση των φωτοβολταϊκών γεννητριών. Στο εμπόριο συνήθως τα πλαίσια παρουσιάζουν τάσεις από 4V ως 24V, ρεύμα 0.5A ως 9.5A, ισχύς αιχμής (παραγόμενη μέγιστη ισχύς όταν το πλαίσιο δεχτεί ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος 1kW/m^2) 2W ως 230W και συντελεστή απόδοσης 6% ως 12%. Επίσης, συχνά χρησιμοποιούνται στα πλαίσια δίοδοι για την προστασία (δίοδοι απομόνωσης, blocking diodes) και την βελτίωση της απόδοσης τους (δίοδοι παράκαμψης, bypass diodes).

Πολύ σημαντικός είναι ο προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων της συστοιχίας σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας και περιγράφεται με την κλίση και την αζιμούθια γωνία των πλαισίων. Προφανώς η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε ένα συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς την κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Στις συνηθισμένες περιπτώσεις τα πλαίσια τοποθετούνται σε σταθερή κλίση και αζιμούθια γωνία, που επιλέγονται ώστε η γωνία πρόσπτωσης να είναι όσο το δυνατό μικρότερη κατά τη διάρκεια του έτους. Στο βόρειο ημισφαίριο η

βέλτιστη κλίση του συλλέκτη για τη διάρκεια ολόκληρου του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι 0° (προς νότο). Βέβαια, η βέλτιστη κλίση, λόγω της μεταβολής της απόκλισης του ήλιου στη διάρκεια του έτους, είναι διαφορετική για κάθε εποχή οπότε και επιλέγεται ανάλογα την εφαρμογή, κάποια διαφοροποίηση στην κλίση από την παράλληλο.

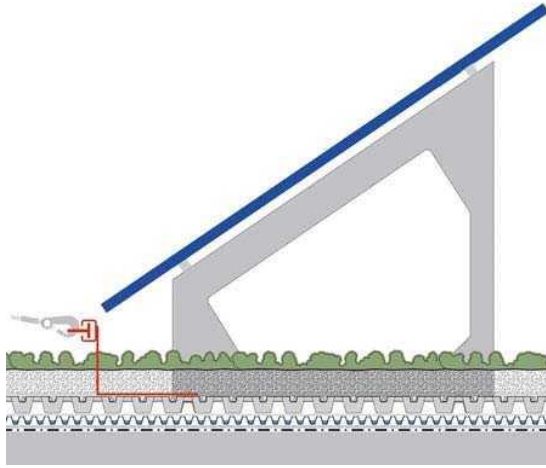
Όσον αφορά τη μόνωση της οροφής δεν την πειράζουμε. Ακόμη όμως και αν χρειαστεί να τραυματιστεί η θερμομόνωση ή η υγραμόνωση της ταράτσας για να στηθούν οι βάσεις στήριξης του φωτοβολταϊκού, γίνονται πάντα εργασίες αποκατάστασης, οπότε δεν υπάρχει πρόβλημα. Αυτό γίνεται στην περίπτωση που έχουμε ταράτσα, εμείς που έχουμε κεραμίδια δεν μας πειράζει καθόλου αφού η τεχνολογία σήμερα μας επιτρέπει να τοποθετηθούν σωστά οι βάσεις πρώτα και ύστερα τα πάνελ.

Στην αντίθετη περίπτωση που έχουμε πράσινη στέγη (πλάκα με κάποια βλάστηση) τότε η μεν πράσινη στέγη δροσίζει το φωτοβολταϊκό και αυξάνει την απόδοσή του, το δε φωτοβολταϊκό εμποδίζει τη γρήγορη εξάτμιση και απαιτείται λιγότερο νερό για την πράσινη στέγη. Επιπλέον, μετρήσεις έδειξαν ότι αυξάνει και η βιοποικιλότητα της πράσινης στέγης στα σημεία που σκιάζεται από τα φωτοβολταϊκά.

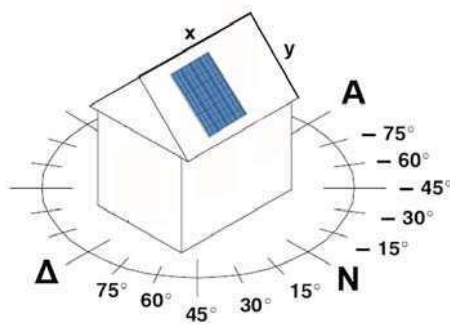


Σχήμα 4.2: Βλάστηση για καλύτερη απόδοση

Ο χώρος μας θα πρέπει να είναι ασκίαστος και τα φωτοβολταϊκά θα πρέπει να βλέπουν το νότο και να έχουν μια κλίση κοντά στις 30 μοίρες. Αν δεν συμβαίνει αυτό (αν δηλαδή η στέγη σας σκιάζεται ή ο προσανατολισμός της δεν είναι νότιος), το φωτοβολταϊκό μας θα έχει μειωμένη απόδοση, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι δεν είναι βιώσιμη οικολογική η επένδυσή μας.



Σχήμα 4.3: Βλάστηση και εξαερισμός για ακόμη καλύτερη απόδοση πάνελ



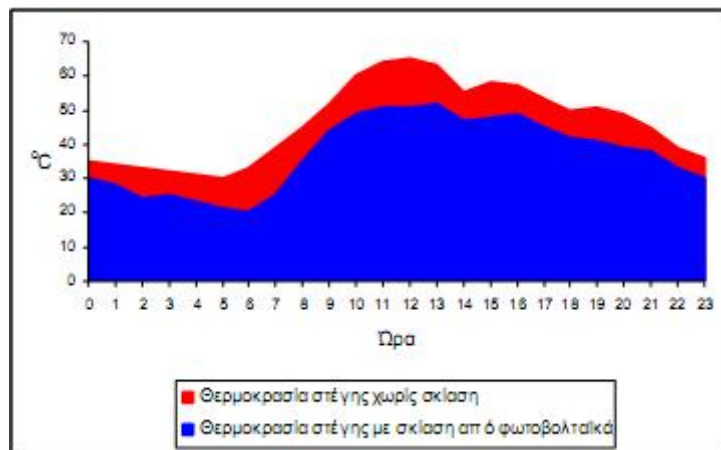
Σχήμα 4.4: Ενδεικτική απόδοση φωτοβολταϊκών σε διάφορες κλίσεις και προσανατολισμούς. Με νότιο προσανατολισμό και στη βέλτιστη κλίση, παίρνουμε το 100% της απόδοσης

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0 °	30 °	90 °
Ανατολικός - Δυτικός	90%	85%	50%
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90%	95%	60%
Νότιος	90%	100%	60%
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90%	67%	30%
Βόρειος	90%	60%	20%

Σχήμα 4.5: Απεικόνιση της βέλτιστης απόδοσης φωτοβολταϊκών

Το μέσο βάρος των φωτοβολταϊκών μαζί με τη βάση στήριξης είναι περί τα 20 κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο. Συνεπώς, κατά τεκμήριο δεν υπάρχει πρόβλημα, ιδιαίτερα σε νεόδμητα κτίρια, αφού η στέγη σχεδιάζεται για να αντέχει πολύ μεγαλύτερα βάρη. Τα φωτοβολταϊκά δεν “ρουφάνε” την γύρω ακτινοβολία, αλλά αξιοποιούν την ακτινοβολία που ούτως ή άλλως θα έπεφτε στη συγκεκριμένη επιφάνεια. Προκειμένου να απορροφήσουν τη μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν σκουρόχρωμη επιφάνεια η οποία μάλιστα καλύπτεται από μία αντανάκλαστική στρώση για να παγιδεύεται η ηλιακή ακτινοβολία. Χάρη σ’ αυτή την αντανάκλαστική επιφάνεια άλλωστε, τα φωτοβολταϊκά δεν “γυαλίζουν” και έχουμε μειωμένα φαινόμενα αντανάκλασης που ορισμένες φορές θα μπορούσαν να είναι ενοχλητικά. Όπως έδειξαν σχετικές μετρήσεις, τα φωτοβολταϊκά “γυαλίζουν” λιγότερο από τα αυτοκίνητα όταν πέσει

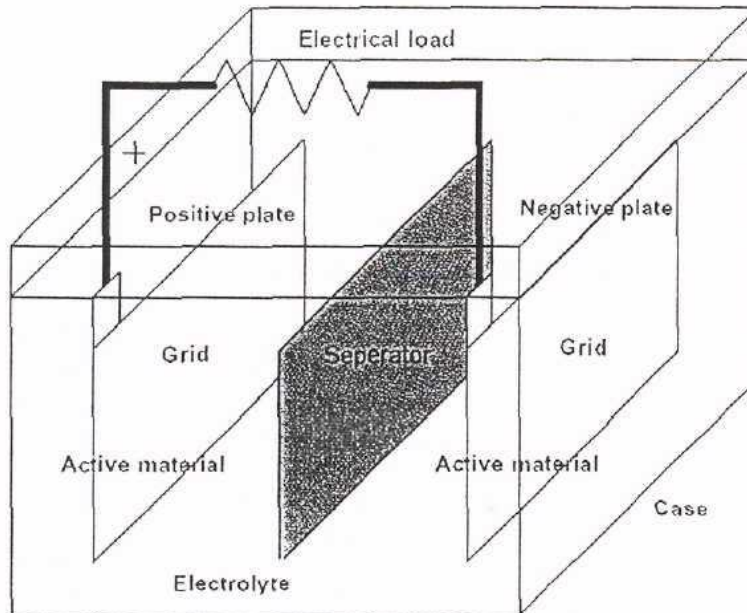
πάνω τους η ηλιακή ακτινοβολία. Συνέπεια της σκουρόχρωμης επιφάνειας είναι βέβαια ότι αυξάνεται η θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού πλαισίου σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα. Τι γίνεται λοιπόν αυτή η θερμότητα; Προφανώς διαχέεται στο περιβάλλον. Το αμέσως επόμενο ερώτημα είναι αν αυτή η θερμότητα που φεύγει από τα πλαίσια μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ιδιαίτερα σε μία στέγη. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει, για τον απλό λόγο ότι η μάζα του αέρα είναι πρακτικά άπειρη σε σχέση με τη μάζα των φωτοβολταϊκών και είναι αδύνατο να αυξηθεί η θερμοκρασία του αέρα σε κάποια απόσταση από τα πλαίσια. Για την ακρίβεια, μόλις 1-2 εκατοστά από την επιφάνεια των πλαισίων, η θερμοκρασία είναι αυτή του περιβάλλοντος. Άλλωστε, μεταξύ φωτοβολταϊκού και στέγης υπάρχει ένα κενό για να περνάει ο αέρας δροσίζοντας το φωτοβολταϊκό (κάτι που, συν τοις άλλοις, αυξάνει και την απόδοσή του). Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η θερμοκρασία του δώματος κάτω ακριβώς από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι χαμηλότερη απ' ό,τι η θερμοκρασία του ακάλυπτου δώματος. Σε μια ζεστή καλοκαιρινή μέρα με άπνοια, η θερμοκρασία του δώματος κάτω από τα φωτοβολταϊκά μπορεί να είναι και 13 βαθμούς χαμηλότερη απ' ό,τι αν ο ήλιος χτυπούσε κατ' ευθείαν το δώμα, όπως φαίνεται και στο παρακάτω ενδεικτικό διάγραμμα. Με άλλα λόγια, ο τελευταίος όροφος ενός κτιρίου υποφέρει λιγότερο από τη ζέστη.



Σχήμα 4.6: Τα πάνελ μας θα παρέχουν και σκίαση

Αρχή λειτουργίας και είδη συσσωρευτών

Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές είναι ουσιαστικά μετατροπείς χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική και συνήθως, έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν αυτή τη μετατροπή και προς την αντίθετη κατεύθυνση παρέχοντας με άμεσο τρόπο τη δυνατότητα συσσώρευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα να αποταμιεύουν ενέργεια ανά πάσα στιγμή ή όχι είναι αυτή που χωρίζει τους συσσωρευτές στις δύο κυριότερες κατηγορίες. Στην κατηγορία των πρωτεύοντων (primary) συσσωρευτών ανήκουν αυτοί που έχουν αποθηκευμένη χημική ενέργεια την οποία και μπορούν να την αποδώσουν ως ηλεκτρική, δεν μπορούν όμως να επαναφορτιστούν. Οι τυπικές μπαταρίες λιθίου που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία και επειδή δεν μπορούν να επαναφορτιστούν δεν είναι λειτουργικές στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοια συστήματα ανήκουν στην κατηγορία των δευτερευόντων (secondary) συσσωρευτών. Η δυνατότητά τους να επαναφορτίζονται είναι αυτή που τους κάνει κατάλληλους για φωτοβολταϊκά συστήματα και ο πιο συνηθισμένος τύπος τους είναι οι μπαταρίες μολύβδου-οξειδίου. Σχεδιαστική δομή και αρχή λειτουργίας συσσωρευτών. Η κατασκευή των δευτερευόντων συσσωρευτών είναι μία βαριά βιομηχανική διαδικασία που περιλαμβάνει τη χρήση επικίνδυνων και τοξικών ουσιών. Η διαδικασία αυτή είναι συνήθως μαζική και συνδυάζει πλήθος σειριακών και παραλλήλων επεξεργασιών. Αν και η διαδικασία κατασκευής ποικίλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, ωστόσο ορισμένα χαρακτηριστικά είναι κοινά σε όλες σχεδόν τις μπαταρίες.



Σχήμα 4.7: Κυψελίδα συσσωρευτή

Δομική μονάδα του συσσωρευτή είναι η κυψελίδα (cell) και μία εποπτική παρουσίαση της μονάδας αυτής δίνεται στο σχήμα 36.

Η κυψελίδα είναι η βασική ηλεκτροχημική μονάδα της μπαταρίας, συνίσταται από μία θετική και μία αρνητική πλάκα που είναι βυθισμένες σε ένα διάλυμα ηλεκτρολύτη και περικλείονται σε ένα δοχείο. Με τη βοήθεια του παραπάνω σχήματος θα γίνει μία περιγραφή των συστατικών μερών της κυψελίδας ώστε να γίνεται στη συνέχεια, πιο εύκολα και κατανοητά η αναφορά σε σχετικά θέματα.

Ενεργό Υλικό (Active Material): Το ενεργό υλικό είναι ένας συνδυασμός υλικών τα οποία από τη θετική και την αρνητική πλάκα, είναι οι βασικοί συντελεστές της ηλεκτροχημικής αντίδρασης μέσα στην κυψελίδα. Η ποσότητα του ενεργού υλικού σε μία μπαταρία είναι ανάλογη της χωρητικότητάς της. Σε μία τυπική μπαταρία μολύβδου, όπως είναι και η περίπτωση της μπαταρίας που χρησιμοποιούμε, το ενεργό υλικό είναι συνδυασμός διοξειδίου του μολύβδου (PbO_2) στη θετική πλάκα με μεταλλικό πορώδη μόλυβδο (Pb) στην αρνητική, που

αντιδρούν σε διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_2) κατά τη λειτουργία της μπαταρίας.

Ηλεκτρολύτης: Ο ηλεκτρολύτης είναι το αγωγίμο μέσο που επιτρέπει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της ιοντικής ανταλλαγής ή της ανταλλαγής ηλεκτρονίων, επάνω στις πλάκες της κυψελίδας. Στις μπαταρίες μολύβδου είναι διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) σε υγρή μορφή ή σε μορφή gel, ενώ στις μπαταρίες νικελίου (Ni) είναι διάλυμα υδροξειδίου του καλίου (KOH). Σε περιπτώσεις σαν τη δική μας, που ο ηλεκτρολύτης είναι υγρό διάλυμα, συχνά, απαιτείται η αναπλήρωση νερού λόγω του φαινομένου της εξαέρωσης.

Πλέγμα (Grid): Σε μία μπαταρία μολύβδου, το πλέγμα συνήθως είναι ένα πλαίσιο από κράμα μολύβδου το οποίο υποστηρίζει το ενεργό υλικό επάνω στις πλάκες και είναι αγωγός ηλεκτρικού ρεύματος. Υλικά κράματος όπως το αντιμόνιο (Sb) ή το ασβέστιο (Ca) συχνά χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη μηχανική αντοχή των πλακών και έχουν χαρακτηριστική επίδραση στις επιδόσεις της μπαταρίας. Οι συσσωρευτές του συστήματος έχουν μικρή πρόσμιξη αντιμονίου ($Sb < 3\%$) στα θετικά ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα να μπορούν να λειτουργούν διατηρούμενοι σε άριστη κατάσταση συνεχώς για 3 χρόνια σε παράλληλη, standby λειτουργία όταν τις διαπερνάει ρεύμα 2,23 V/cell και βρίσκονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C.

Πλάκες (Plates): Οι πλάκες, που συνίστανται από το πλέγμα και από το ενεργό υλικό, είναι το βασικό στοιχείο της μπαταρίας και συνήθως αναφέρονται ως ηλεκτρόδια. Γενικά, υπάρχει ένα πλήθος αρνητικών και θετικών πλακών, συνδεδεμένων παράλληλα, μέσα σε μία κυψελίδα. Το πάχος τους και οι σχέσεις των επιφανειών μεταξύ των αρνητικών και των θετικών πλακών, έχουν καθοριστική επίδραση στα χαρακτηριστικά της μπαταρίας.

Διαχωριστής (Separator): Ο διαχωριστής είναι ένα πορώδες απομονωτικό μέσο μεταξύ των πλακών της μπαταρίας που εμποδίζει την αγωγή επαφή μεταξύ θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου. Σε πολλές περιπτώσεις ο διαχωριστής εφαρμόζεται σαν φάκελος και περικλείει ολόκληρο το ηλεκτρόδιο, εμποδίζοντας τη δημιουργία βραχυκυκλώματος, λόγω των διαχεόμενων υλικών στο κάτω μέρος των πλακών.

Τύποι συσσωρευτών

Έχει ήδη αναφερθεί ότι τα υλικά του κράματος στο πλέγμα των πλακών κατηγοριοποιούν τους συσσωρευτές μολύβδου και

νικελίου σε υποκατηγορίες. Αυτοί οι συνδυασμοί, μαζί με άλλα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των συσσωρευτών, καθορίζουν τις ιδιαιτερότητες των επιδόσεών τους και τις εφαρμογές για τις οποίες είναι περισσότερο κατάλληλοι. Γνωστοί και ευρέως χρησιμοποιούμενοι τύποι συσσωρευτών μολύβδου είναι:

Οι συσσωρευτές μολύβδου - αντιμονίου (Pb-Sb), οι συσσωρευτές μολύβδου ασβεστίου (Pb - Ca) οι οποίοι χωρίζονται σε υγρού καταλύτη με ανοικτή ή με σφραγισμένη βαλβίδα εξαέρωσης, οι υβριδικοί συσσωρευτές μολύβδου αντιμονίου/μολύβδου - ασβεστίου, οι μολύβδου με δεσμευμένο καταλύτη που μπορεί να είναι gelled ή absorbed glass material (AGM).

Για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων, όπου οι ανάγκες κατανάλωσης πολύ σπάνια συμβαδίζουν με τις ώρες παραγωγής και την παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, περισσότερο κατάλληλοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν τη δυνατότητα να υποστούν βαθιά εκφόρτιση χωρίς να αλλοιώνεται η χωρητικότητά τους και να μειώνεται η διάρκεια ζωής. Αναλόγως του φορτίου, άλλοτε είναι απαραίτητη η δυνατότητα παροχής εντόνου ρεύματος για μικρά χρονικά διαστήματα και άλλοτε η παροχή μίας κανονικής τιμής ρεύματος για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Συχνά, οι απαιτήσεις του φορτίου σε κατανάλωση δεν είναι τόσο μεγάλες όσο η ανάγκη η κατανάλωση να παρέχεται με αξιοπιστία και για μεγάλες χρονικές περιόδους και άλλες φορές ο τόπος της εγκατάστασης είναι τόσο δυσπρόσιτος που προτιμώνται συσσωρευτές με μικρές ανάγκες συντήρησης και επίβλεψης. Ιδιαίτερα για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και όπου οι μεταβολές της ηλιοφάνειας μπορούν να είναι έντονες και μακρόχρονες, απαραίτητοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν μεγάλη χωρητικότητα, μπορούν να υποστούν βαθιά εκφόρτιση και συχνά απαιτείται μία καλή σχέση κόστους και διάρκειας ζωής.

Για ένα τέτοιο σύστημα, καλή επιλογή θα αποτελούσε ένας συσσωρευτής μολύβδου-αντιμονίου (Pb-Sd). Αυτοί είναι συσσωρευτές με εξαιρετικά χαρακτηριστικά, όσο αφορά τις δυνατότητες βαθιάς εκφόρτισης και υψηλού ρυθμού εκφόρτισης. Έχουν, επίσης, μεγάλη διάρκεια ζωής και υφίστανται μικρή διάχυση των ενεργών υλικών τους. Μειονέκτημά τους είναι ο μεγάλος βαθμός αυτοεκφόρτισης που υφίστανται και που οδηγεί στην ανάγκη να υπερφορτίζονται με αποτέλεσμα τη μεγάλη απώλεια υγρών που εξαρτάται και από τις θερμοκρασίες λειτουργίας. Είναι συνήθως συσσωρευτές υγρού ηλεκτρολύτη, με ανοικτή βαλβίδα εξαερισμού και για τον λόγο αυτό απαιτείται συχνή αναπλήρωση των υγρών. Η

κατάστασή τους μπορεί εύκολα να ελεγχθεί μετρώντας την ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη.

Πολύ δημοφιλής επιλογή για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι οι συσσωρευτές μολύβδου δεσμευμένου ηλεκτρολύτη (Captive Electrolyte LeadAcid Batteries), λόγω της στεγανότητας τους και της ευκολίας μετακίνησης που παρουσιάζουν. Έχουν βαλβίδα εξαέρωσης, που ανοίγει σε ορισμένη πίεση όταν υπερφορτιστούν, για να απελευθερωθούν τα αέρια που δημιουργήθηκαν όμως, δεν υπάρχει δυνατότητα αναπλήρωσης του ηλεκτρολύτη. Το γεγονός ότι δεν έχουν απαιτήσεις συντήρησης (ούτε και δυνατότητα), σε συνδυασμό με την ευκολία στη μετακίνηση, τις καθιστά ιδανικές για συστήματα σε απομακρυσμένα ή δυσπρόσιτα μέρη. Εκτός από το πρόβλημα της υπερφόρτισης, η απώλεια ηλεκτρολύτη μπορεί να επιταχυνθεί λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και καθώς δεν υπάρχει η δυνατότητα της αναπλήρωσης του, ειδικά μέτρα πρέπει να ληφθούν. Είναι δυνατόν να γίνει θερμοκρασιακή αντιστάθμιση και ρύθμιση ακριβείας ώστε να αποφεύγεται η υπερφόρτιση και η υπερβολική εκφόρτιση και μέσω του περιορισμού του φορτίου να αποφευχθεί ο μεγάλος ρυθμός εκφόρτισης. Έτσι μειώνεται σημαντικά η απώλεια ηλεκτρολύτη και αυξάνεται αντιστοίχως η διάρκεια ζωής. Μέσω του αλγορίθμου φόρτισης αντιμετωπίζεται η ευαισθησία που παρουσιάζουν οι συσσωρευτές αυτοί στη διαδικασία φόρτισης. Οι συσσωρευτές μολύβδου δεσμευμένου ηλεκτρολύτη δεν αντιμετωπίζουν τόσο μεγάλο πρόβλημα μείωσης χωρητικότητας σε ψυχρότερο περιβάλλον όσο αυτοί του υγρού ηλεκτρολύτη, παρέχονται σε δύο τύπους (gelled electrolyte, AGM) και πάνω από τα μισά απομακρυσμένα μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα τους χρησιμοποιούν. Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι εκτός από τα υλικά του κράματος στο πλέγμα των ηλεκτροδίων, άλλα χαρακτηριστικά των συσσωρευτών, όπως ο τρόπος κατασκευής τους ή οι σχετικές διαστάσεις, ο αριθμός και η γεωμετρία των πλακών τους, μπορούν να τους κατατάξουν σε ειδικότερες κατηγορίες. Για παράδειγμα, συσσωρευτές μολύβδου με θετικές πλάκες μεγαλύτερης επιφάνειας από αυτή των αρνητικών, αναφέρονται με το συνοδευτικό σύμβολο GroEH, ενώ για οπλισμένα θετικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται το συνοδευτικό OrzS, το οποίο είναι και η περίπτωση του φωτοβολταϊκού που χρησιμοποιούμε. Έτσι, το συνοδευτικό 5OrzS, υποδεικνύει κυψελίδα με 5 θετικές πλάκες, τύπου OrzS.

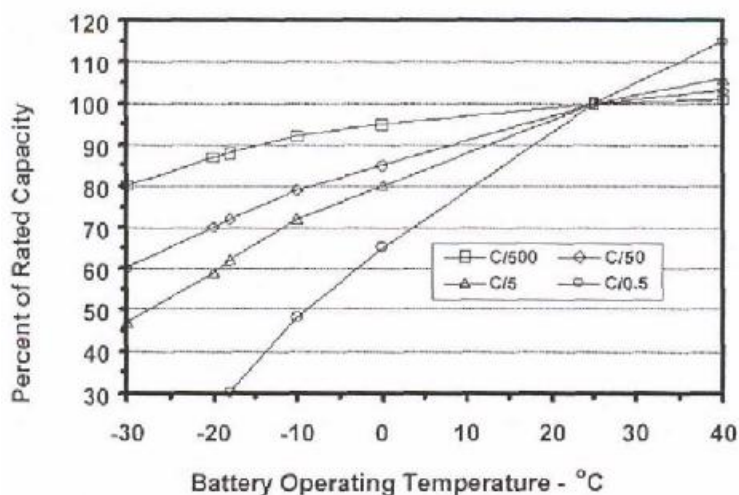
Χαρακτηριστικά μεγέθη, όρια λειτουργίας και προστασία των συσσωρευτών

Η δυνατότητα αποταμίευσης ενέργειας, οι περιορισμοί στο ρεύμα που μπορεί να παρασχεθεί προς κατανάλωση από έναν συσσωρευτή, η συμπεριφορά του σε σχέση με τη θερμοκρασία και τα όρια γενικότερα της λειτουργίας του, θα είναι το θέμα των επόμενων παραγράφων.

Χωρητικότητα

Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί σε ένα συσσωρευτή ή που μπορεί να αποδοθεί από αυτόν, είναι η χωρητικότητα C του συσσωρευτή. Η χωρητικότητα συνήθως καθορίζεται για ένα συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης ή περίοδο εκφόρτισης. Εξαρτάται από αρκετούς σχεδιαστικούς παράγοντες, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται η ειδική πυκνότητα του ηλεκτρολύτη, η ποσότητα του ενεργού υλικού, ο αριθμός, ο σχεδιασμός και οι φυσικές διαστάσεις των πλακών (ηλεκτροδίων). Λειτουργικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη χωρητικότητα είναι ο ρυθμός εκφόρτισης, το βάθος της εκφόρτισης (ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας που αποδόθηκε από τη μπαταρία), η τάση της μπαταρίας στο τέλος της εκφόρτισης (τάση αποκοπής), η θερμοκρασία, η ηλικία της μπαταρίας και το ιστορικό της χρήσης της (κακή χρήση κτλ). Η συνήθης μονάδα έκφρασης της χωρητικότητας του συσσωρευτή είναι το Amber-hour (Ah) και ο ρυθμός εκφόρτισης εκφράζεται ως το κλάσμα της χωρητικότητας C προς τη διάρκεια της περιόδου εκφόρτισης σε ώρες (π.χ. εκφόρτιση σε 120 ώρες ισοδυναμεί με ρυθμό εκφόρτισης C/120). Φυσικά, η μονάδα του ρυθμού εκφόρτισης είναι το Amber. Έτσι, μία μπαταρία με χωρητικότητα C=375 Ah ορισμένη σε ρυθμό εκφόρτισης C/120, δηλαδή 375A, μπορεί να αποδίδει 375A για χρονικό διάστημα 120 ωρών (η χωρητικότητα ορισμένη για ρεύμα εκφόρτισης 375A μπορεί να αναφέρεται και ως K). Μερικές φορές η χωρητικότητα σε αποθηκευμένη ενέργεια του συσσωρευτή, εκφράζεται σε Kilowatt-hour (KWh) και υπολογίζεται προσεγγιστικά πολλαπλασιάζοντας τη χωρητικότητα σε Ah με την ονομαστική τάση του συσσωρευτή και διαιρώντας με 1000. Για παράδειγμα, συσσωρευτής 12V, 100Ah, έχει χωρητικότητα σε αποθηκευμένη ενέργεια $12 \cdot 100 / 1000 = 1.2 \text{KWh}$. Ο υπολογισμός της απαιτούμενης χωρητικότητας, είναι ένας καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή του αριθμού των κυψελίδων και του τύπου του συσσωρευτή. Δεδομένου του μέγιστου ρεύματος

που μπορεί ένα φορτίο να καταναλώσει και του χρονικού διαστήματος που το φορτίο μπορεί να εξαρτάται αποκλειστικά από τον συσσωρευτή (δηλαδή την αυτονομία του), η χωρητικότητα που απαιτείται πρέπει να είναι ορισμένη για ρυθμό εκφόρτισης τουλάχιστον ίσο με το μέγιστο ρεύμα κατανάλωσης ή για χρόνο εκφόρτισης τουλάχιστον ίσο με τον χρόνο που το φορτίο θα καταναλώνει αποκλειστικά από τον συσσωρευτή. Σημαντικός παράγοντας επιλογής της χωρητικότητας είναι η θερμοκρασία λειτουργίας του συσσωρευτή καθώς οι επιδράσεις της μπορεί να είναι σημαντικές. Ειδικότερα για συσσωρευτές μολύβδου, η θερμοκρασία λειτουργίας μεταβάλλει έντονα τη χωρητικότητά τους. Η αύξηση της θερμοκρασίας, έχει αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητας, ενώ για λειτουργία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες μειώνεται η χωρητικότητα. Όταν η θερμοκρασία λειτουργίας πέσει σημαντικά, η ιδέα της προσέγγισης της αρχικής χωρητικότητας μέσω εσκεμμένης υπερφόρτισης πρέπει να εγκαταλειφθεί, αφού υπάρχει κίνδυνος εξαέρωσης. Η ποσοστιαία μεταβολή της χωρητικότητας ορισμένης για χρόνους εκφόρτισης 500, 50, 5 και 0.5 ώρες σε σχέση με την θερμοκρασία λειτουργίας για συσσωρευτές μολύβδου φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.



Σχήμα 4.8: Επί τις εκατό ποσοστιαία μεταβολή της χωρητικότητας για συσσωρευτές μολύβδου

Σε χαμηλές θερμοκρασίες, μέτρα πρέπει να λαμβάνονται για τη φόρτιση ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα εξαέρωσης του ηλεκτρολύτη και για την εκφόρτιση που πρέπει να είναι περιορισμένη. Άλλο μέτρο της χωρητικότητας του συσσωρευτή είναι η κατάσταση φόρτισης (state of charge ή SOC), που ορίζεται σαν το ποσό της αποθηκευμένης ενέργειας και εκφράζεται ως το ποσοστό της ενέργειας ενός πλήρως φορτισμένου συσσωρευτή. Έτσι, ένας συσσωρευτής του οποίου τα 3/4 της ενέργειας του έχουν αφαιρεθεί, δηλαδή έχει εκφορτιστεί κατά 75%, λέγεται ότι βρίσκεται στο 25% SOC. Μία μέθοδος μέσω της οποίας μπορεί να εκτιμηθεί το SOC του συσσωρευτή είναι η μέτρηση του ειδικού βάρους του ηλεκτρολύτη. Αυτή ορίζεται ως το κλάσμα της πυκνότητας του διαλύματος του ηλεκτρολύτη προς την πυκνότητα του καθαρού νερού. Σε έναν πλήρως φορτισμένο συσσωρευτή μολύβδου, η περιεκτικότητα σε θειικό οξύ (H_2SO_4) είναι 36% κατά βάρος ή 25% κατ' όγκο και το ειδικό βάρος του διαλύματος είναι περίπου 1.25 στους 27°C. Καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται το ειδικό βάρος του διαλύματος του μειώνεται και επανέρχεται όταν επαναφορτίζεται.

Εκφόρτιση και επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης

Το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης (depth of discharge ή DOD) είναι το μέγιστο ποσοστό της χωρητικότητας το οποίο μπορεί να αποδοθεί από τη μπαταρία. Συνήθως, καταδεικνύεται από την τάση αποκοπής ή τάση βάθους εκφόρτισης και από τον ρυθμό εκφόρτισης. Στα τυπικά φωτοβολταϊκά συστήματα, προβλέπεται μία τάση αποκοπής του φορτίου από τη συσκευή του ρυθμιστή φόρτισης συσσωρευτών και έτσι καθορίζεται το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης για δεδομένο ρυθμό εκφόρτισης. Οι τιμές του επιτρεπόμενου DOD μπορούν να είναι από 80% έως και 15% της χωρητικότητας ανάλογα με τον τύπο της μπαταρίας.

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, κατά την εκφόρτιση της μπαταρίας μειώνεται η πυκνότητα του διαλύματος του ηλεκτρολύτη, δηλαδή μειώνεται το ειδικό του βάρος. Το φαινόμενο της μείωσης του ειδικού βάρους του ηλεκτρολύτη πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για λειτουργία του συσσωρευτή σε θερμοκρασίες που πλησιάζουν τη θερμοκρασία στερεοποίησης του νερού (0°C). Σε έναν πλήρως φορτισμένο συσσωρευτή μολύβδου, η συγκέντρωση ηλεκτρολύτη στο διάλυμα είναι περίπου 35% κατά βάρος και το σημείο στερεοποίησης του διαλύματος είναι πολύ χαμηλό (περίπου -60°C).

Καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται, το διάλυμα του ηλεκτρολύτη αραιώνεται και το σημείο στερεοποίησης του διαλύματος

πλησιάζει το σημείο στερεοποίησης του νερού (0°C). Υπάρχει λοιπόν το ενδεχόμενο της στερεοποίησής του με αποτέλεσμα τη διαστολή και την πιθανή διάρρηξη των τοιχωμάτων του δοχείου της κυψελίδας. Για να αποφευχθεί αυτή η εξέλιξη, το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης πρέπει να μειώνεται θέτοντας την τάση αποκοπής του φορτίου στην συσκευή ρυθμιστή φόρτισης σε κατάλληλο σημείο. Το αποτέλεσμα θα είναι ο συσσωρευτής να μην εκφορτίζεται πλήρως και η θερμοκρασία στερεοποίησης να διατηρείται χαμηλά. Το κόστος θα είναι η μείωση της αυτονομίας του συστήματος μπαταρίας συσσωρευτή. Για να διατηρείται η αυτονομία, η χωρητικότητα του συσσωρευτή πρέπει να επιλέγεται λαμβάνοντας υπόψη, τόσο τη μείωση της σε χαμηλές θερμοκρασίες όσο και το DOD στις θερμοκρασίες αυτές. Η τάση του βάθους εκφόρτισης σχετίζεται με τον ρυθμό εκφόρτισης για τον οποίο είναι καθορισμένη η χωρητικότητα.

Ρυθμιστές φόρτισης συσσωρευτών

Η πρωταρχική λειτουργία ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι να διατηρεί την μπαταρία σε μια όσο το δυνατό μέγιστη κατάσταση φόρτισης προστατεύοντας την ταυτόχρονα από υπερφόρτιση από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια και από υπερβολική εκφόρτιση από το φορτίο. Αν και μερικά φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν χωρίς ρύθμιση φόρτισης, κάποιο σύστημα που περιλαμβάνει μη προβλέψιμο φορτίο, επέμβαση από τον χρήστη και βελτιστοποιημένη ως προς το κόστος μπαταρία, τυπικά χρειάζεται έναν ρυθμιστή φόρτισης μπαταρίας ώστε να υποβοηθείται η καλή λειτουργία και η αυξημένη απόδοση του. Ο αλγόριθμος ή η στρατηγική ελέγχου του ρυθμιστή καθορίζει την αποτελεσματικότητα φόρτισης της μπαταρίας και την ωφέλιμη λειτουργικότητα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και εναλλακτικά την ικανότητα του συστήματος να συμβαδίσει με τις απαιτήσεις του φορτίου. Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, όπως θερμοκρασιακή αντιστάθμιση, μετρητές και ειδικοί αλγόριθμοι μπορούν να βελτιώσουν την ικανότητα ενός ρυθμιστή φόρτισης να διατηρούν την καλή λειτουργία και να επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας, όπως ακόμα να παρέχουν ενδείξεις της λειτουργικής κατάστασης στον συντηρητή του συστήματος.

Υπάρχουν ακόμα υλοποιήσεις οι οποίες έχουν βασικό στόχο να ανεξαρτητοποιήσουν εντελώς την τάση φόρτισης των συσσωρευτών από την τάση εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Αυτό επιτυγχάνεται με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος (DC-DC converter). Ο μετατροπέας αυτός παραλαμβάνει

την τάση που δίνει η γεννήτρια, που είναι αναγκαστικά ασταθής λόγω των διακυμάνσεων της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας, τη μετατρέπει στην ευνοϊκή τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών και τη σταθεροποιεί ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης.

Προστασία από υπερφόρτιση

Σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια λειτουργεί κάτω από ιδανικές συνθήκες ηλιοφάνειας, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πολλές φορές ξεπερνάει τις απαιτήσεις κατανάλωσης του φορτίου. Για να αποφευχθεί κάποια ζημιά στην μπαταρία από υπερφόρτιση, χρησιμοποιείται ο ρυθμιστής φόρτισης ο οποίος παράγει κατάλληλα σήματα και διακόπτει τη φόρτισή της αποσυνδέοντας τη συστοιχία από αυτήν και το φορτίο. Ένας ρυθμιστής φόρτισης θα πρέπει να αποτρέπει την υπερφόρτιση της μπαταρίας ανεξάρτητα από το μέγεθος σχεδίασης του συστήματος, τις μεταβολές στο προφίλ του φορτίου, τις μεταβολές στην θερμοκρασία λειτουργίας και τις μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία.

Ο έλεγχος φόρτισης είναι η πρωταρχική λειτουργία του ρυθμιστή και το πιο σημαντικό μέλημα που σχετίζεται με την απόδοση και διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Χωρίς έλεγχο φόρτισης, το ρεύμα από τη συστοιχία θα φόρτιζε ανάλογα την ένταση της ακτινοβολίας την μπαταρία ανεξάρτητα αν αυτή χρειάζεται φόρτιση ή όχι. Αν η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη, μια χωρίς έλεγχο φόρτιση θα προκαλούσε υπερβολική στάθμη της τάσης της μπαταρίας, προκαλώντας βαριές αναθυμιάσεις, απώλεια ηλεκτρολύτη, εσωτερική υπερθέρμανση και επιτάχυνση στη διάβρωση του πλέγματος της μπαταρίας, οπότε και σταδιακά την καταστροφή της μπαταρίας όπως και τη βλάβη στο φορτίο. Η ρύθμιση φόρτισης πραγματοποιείται συνήθως με την οριοθέτηση της μέγιστης τιμής τάσης της μπαταρίας, διακόπτοντας με την υπέρβαση του ορίου αυτού την τροφοδότηση της με ρεύμα από τη γεννήτρια. Ανάλογα με τη μέθοδο ρύθμισης, το ρεύμα είναι δυνατό να περιορίζεται σταδιακά όσο πλησιέστερα στην ανώτατη τιμή της βρίσκεται η τάση της μπαταρίας, όπως ακόμα υπάρχει η δυνατότητα να υπάρχει κάποιο όριο τάσης, μικρότερο από την τάση προστασίας από υπερφόρτιση, για το οποίο θα επανασυνδεθεί η φωτοβολταϊκή γεννήτρια στην μπαταρία όταν αυτή έχει πάψει να είναι πλήρως φορτισμένη, ξεκινώντας έναν νέο κύκλο φόρτισης. Η κατάλληλη επιλογή της τάσης πλήρους φόρτισης εξαρτάται κυρίως από τη συγκεκριμένη χημεία της μπαταρίας, από το μέγεθος του φορτίου και

της συστοιχίας με πρόληψη για την προστασία της, από τη θερμοκρασία λειτουργίας και από τις επιθυμητές ποσότητες ηλεκτρολύτη που χάνεται.

Μετατροπείς τάσης - inverter

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ένα Φ/Β πλαίσιο είναι υπό μορφή συνεχούς ρεύματος (DC). Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (AC) είναι απαραίτητη για τη χρήση πολλών κοινών συσκευών όπως και για την σύνδεση στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο και επιτυγχάνεται με έναν μετατροπέα τάσης συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα ή αλλιώς μετατροπέας DC-AC. Η αποδοτικότητα των μετατροπέων είναι γενικά μεγαλύτερη από 90%, όταν λειτουργούν πάνω από το 10% της μέγιστης παραγωγής τους και μπορεί να φτάσει έως και 96%. Οι μετατροπείς που συνδέονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά ενσωματώνουν μια ηλεκτρονική διάταξη ανίχνευσης του μέγιστου σημείου ισχύος (Maximum Power Point Tracker - MPPT), ο οποίος ρυθμίζει συνεχώς τη σύνθετη αντίσταση φορτίων έτσι ώστε ο μετατροπέας να εξάγει πάντα τη μέγιστη ενέργεια από το σύστημα.

Οι μετατροπείς υπάγονται σε δύο κύριες κατηγορίες: αυτό-συνχρονιζόμενος και συγχρονισμένος βάση μίας σύνδεσης. Ο πρώτος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα, ενεργοποιούμενος από την πηγή ενέργειας, δηλαδή μόλις υπάρχει ρεύμα από τα Φ/Β τότε ενεργοποιείται για να μην σπαταλάει ρεύμα από τους συσσωρευτές. Αυτοί που υπάγονται στη δεύτερη κατηγορία ενεργοποιούνται και ελέγχονται από το δίκτυο. Αυτό είναι απαραίτητο για να διατηρεί το δίκτυο σταθερή ποιότητα ρεύματος και για να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα. Αυτής της κατηγορίας οι μετατροπείς σταματάνε όταν υπάρχει βλάβη στο δίκτυο για πρόληψη ηλεκτροπληξίας στα συνεργία της ΔΕΗ. Παραδοσιακά, ένας μετατροπέας χρησιμοποιείται για ολόκληρη τη συστοιχία. Ξεχωριστοί μετατροπείς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφορετικές συστοιχίες Φ/Β σε περίπτωση που η εγκατεστημένη ισχύς είναι μεγάλη. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται καλύτερη αξιοπιστία καθώς εάν προκύψει κάποιο πρόβλημα σε μια μονάδα, απομονώνεται χωρίς να σταματήσει την παραγωγή το υπόλοιπο σύστημα.

Μετατροπέας συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο οποιουδήποτε πλάτους (DC/AC inverter)

Τα φορτία που εξυπηρετεί ένα φ/β σύστημα είναι δυνατό να λειτουργήσουν είτε με συνεχές ρεύμα, είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα.

Αυτή τη στιγμή οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα. Το ίδιο συμβαίνει και με τους κινητήρες, όπου προτιμούνται αυτοί που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα, διότι έχουν μεγαλύτερη αξιοπιστία, μικρότερο κόστος και λιγότερα έξοδα συντήρησης. Άλλωστε το εναλλασσόμενο ρεύμα προσφέρει ασφαλή εγκατάσταση, εύκολο μετασχηματισμό και απλούς διακόπτες.

Έτσι όταν το δίκτυο διανομής λειτουργεί με εναλλασσόμενο ρεύμα είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός μετατροπέα DC/AC πριν το φορτίο. Ο μετατροπέας κάνει πιο πολύπλοκο το σύστημα και αυξάνει το κόστος του, ενώ μειώνει την αξιοπιστία του και αυξάνει τις απώλειες. Ο βαθμός απόδοσής του κυμαίνεται περίπου στο 90%-95% όταν λειτουργεί στο 100% της διατιμημένης ισχύος του και μειώνεται δραματικά όταν λειτουργεί σε πολύ μικρότερη ισχύ. Ο μόνος τρόπος για να καλυφθούν αυτές οι απώλειες είναι η αύξηση του μεγέθους της φ/β συστοιχίας και της μπαταρίας, γεγονός βέβαια που αυξάνει το κόστος του συστήματος.

Όταν το φ/β σύστημα είναι μικρό και οι συσκευές που θα τροφοδοτηθούν από αυτό λίγες, τότε είναι βολικότερη η χρήση του συνεχούς ρεύματος. Αυτό όμως δεν ισχύει για φ/β συστήματα μεγάλου ή μεσαίου μεγέθους, όπου ακόμα και αν λάβουμε υπό οικονομικότερο να μετατρέψουμε το ρεύμα της φ/β συστοιχίας από συνεχές σε εναλλασσόμενο, παρά να τροποποιήσουμε όλες τις συσκευές, ώστε να λειτουργήσουν με συνεχές ρεύμα.

Ανάλογα με το είδος του φ/β συστήματος χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος μετατροπέας. Σε ένα αυτοτελές φ/β σύστημα συνδέεται μετατροπέας που έχει τέτοια κατασκευή ώστε να λειτουργεί με την ηλεκτρική ενέργεια που δίνουν τα φ/β πλαίσια και να μετατρέπει τη συνεχή μορφή αυτής σε εναλλασσόμενη. Σε ένα φ/β σύστημα ενωμένο με το κεντρικό δίκτυο, συνδέεται μετατροπέας που λειτουργεί με την τάση του κεντρικού δικτύου και καθίσταται ικανός να μετατρέπει τη συνεχή τάση των φ/β πλαισίων σε εναλλασσόμενη ώστε να τροφοδοτούνται οι ηλεκτρικές συσκευές ή ακόμη και το ηλεκτρικό δίκτυο.

Μετατροπέας αυτοτελούς συστήματος

Τα κύρια χαρακτηριστικά του μετατροπέα αυτοτελούς φωτοβολταϊκού συστήματος είναι τα εξής: Η τάση εισόδου, είναι η τάση των φ/β πλαισίων. Η ισχύς του που καθορίζεται από το μέγεθος του φ/β συστήματος. Η απόδοση του που κυμαίνεται μεταξύ του 80 και 90%. Η ικανότητα του να μετατρέπει όσο το δυνατό καλύτερα τη συνεχή τάση εισόδου σε εναλλασσόμενη, χωρίς να εμφανίζονται

σήματα παραμόρφωσης και να διατηρεί μια σχετική σταθερότητα στη συχνότητα. Βασικό κριτήριο στην εκλογή κατάλληλου μετατροπέα που θα τοποθετηθεί σε ένα αυτοτελές φ/β σύστημα είναι το είδος της εναλλασσόμενης τάσης που χρειάζεται για να λειτουργήσει ο καταναλωτής.

Ένα πλεονέκτημα που πρέπει να έχει ένας μετατροπέας είναι η αυτόματη διακοπή της λειτουργίας του όταν δεν είναι συνδεδεμένος με καταναλωτή σε λειτουργία. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται ενέργεια γιατί δεν θα υπάρχουν απώλειες στον ίδιο τον μετατροπέα όταν δεν περνά ρεύμα από αυτόν. Επίσης, σε περίπτωση που ο μετατροπέας χρειαστεί να τροφοδοτήσει μεγάλο κινητήρα σαν αυτόν που βρίσκεται σε ηλεκτρική αντλία νερού ή σε συμπιεστή ψυγείου, πρέπει να είναι σε θέση να δώσει στην αρχή την απαραίτητη ισχύ που χρειάζεται ο κινητήρας για να ξεκινήσει, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Άλλο ένα χαρακτηριστικό του μετατροπέα είναι η σταθερότητα τάσης που δίνει στον καταναλωτή. Επειδή η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας δεν είναι πάντοτε η ίδια, υπάρχουν αυξομειώσεις στη τάση που δέχεται ο μετατροπέας. Σήμερα έχουν κατασκευασθεί εξαιρετικοί από πλευράς ποιότητας μετατροπείς που έχουν τη δυνατότητα να δίνουν ημιτονοειδή εναλλασσόμενη τάση με 1-2% αυξομείωση στην τάση εξόδου. Ο συντελεστής ισχύος είναι ο λόγος της ωφέλιμης ισχύος που χρησιμοποιεί ο καταναλωτής προς την ισχύ που του δίνεται στον καταναλωτή. Η τιμή του συντελεστή ισχύος εξαρτάται από την εκλογή του μετατροπέα και το είδος του καταναλωτή. Ένας καλής ποιότητας μετατροπέας παρουσιάζει συντελεστή ισχύος 0,7 κατά τη σύνδεση του με τους διάφορους καταναλωτές. Πολλοί μετατροπείς παρουσιάζουν προβλήματα στη διατήρηση σταθερότητας μιας αποδεκτής τιμής του συντελεστή ισχύος κάτω από διαφορετικές συνθήκες φόρτισης. Για παράδειγμα αν στο κύκλωμα του καταναλωτή υπάρχουν φώτα και πλυντήριο, είναι δυνατό να χαμηλώσουν τα φώτα λόγω μικρότερης ισχύος που δέχονται αν λειτουργήσει συγχρόνως και το πλυντήριο.

Κατά τη λειτουργία τους, πολλοί μετατροπείς, προκαλούν ηλεκτρομαγνητική ενόχληση σε ηλεκτρονικές συσκευές. Για να αποφευχθεί το άσχημο αυτό επακόλουθο πρέπει να γίνει καλή εκλογή του μετατροπέα ώστε το βασικό εσωτερικό κύκλωμα να μην προκαλεί ηλεκτρομαγνητική εκπομπή. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχει ένας μετατροπέας, είναι να μην προκαλεί θόρυβο κατά τη λειτουργία του. Στην περίπτωση που προκαλεί κάποιο μικρό θόρυβο, πρέπει να τοποθετείται μακριά από χώρους στους οποίους ο

θόρυβος είναι ενοχλητικός. Είναι πολύ σημαντικό επίσης για το μετατροπέα να λειτουργήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να υποστεί βλάβη αλλά και σε περίπτωση βλάβης ο αντιπρόσωπος να είναι σε θέση να τον επιδιορθώσει. Μετατροπέας Φ/Β συστήματος συνδεδεμένου με το δίκτυο. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μετατροπέα αυτού είναι δύο. Πρώτον έχει απόδοση που είναι γύρω στο 90-95% και δεύτερο μπορεί να μετατρέψει πλήρως τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη, γιατί λειτουργεί με βάση το σήμα που παίρνει από το ηλεκτρικό δίκτυο. Θα πρέπει να έχει μεγάλη ισχύ για να μπορεί να μετατρέψει σε εναλλασσόμενη όλη την ισχύ που παράγουν τα φ/β πλαίσια. Θα πρέπει ακόμη να είναι σε θέση να ανταπεξέλθει και σε περιπτώσεις που μεγαλύτερων τιμών ισχύος που μπορεί να εμφανισθούν κατά τη διάρκεια ειδικών καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα, μεγάλη ισχύς μπορεί να δημιουργηθεί όταν ορισμένα σύννεφα που, λειτουργώντας σαν φακός, προκαλούν μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας στα φ/β πλαίσια από τη κανονική. Ένα πλεονέκτημα του μετατροπέα που συνδέεται με το κεντρικό δίκτυο είναι ότι δε χρειάζεται να αντιμετωπίσει τις μεγάλες τιμές ρεύματος που απαιτούνται για το ξεκίνημα ενός κινητήρα. Σε τέτοιες περιπτώσεις υπάρχει η δυνατότητα τα υψηλά ρεύματα να παρέχονται από το δίκτυο. Και σε αυτήν όμως την περίπτωση ο μετατροπέας πρέπει να έχει σταθερή απόδοση σε πολύ μεγάλη περιοχή τιμών ισχύος. Άλλο χαρακτηριστικό που πρέπει να έχει ένας τέτοιος μετατροπέας είναι η ικανότητα να προσαρμόζει τη λειτουργία του υπό τέτοια τάση, ώστε με οποιοσδήποτε συνθήκες, η ισχύς εξόδου να είναι πάντα μέγιστη. Γενικά, η καλή απόδοση και η ικανότητα του μετατροπέα να χρησιμοποιεί τη μέγιστη ισχύ που παράγουν τα φ/β πλαίσια έχει πολύ μεγάλη σημασία γιατί έχει σχέση με το οικονομικό όφελος του ιδιοκτήτη του φ/β συστήματος. Επειδή η ηλεκτρική ενέργεια είναι δυνατό να διατεθεί δια μέσου του ηλεκτρικού δικτύου, η μορφή του ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει ο μετατροπέας πρέπει να είναι ημιτονοειδής όπως ακριβώς το ρεύμα που κυκλοφορεί στο ηλεκτρικό δίκτυο. Πραγματικά, με την αλματώδη ανάπτυξη της φυσικής στερεάς κατάστασης της ύλης, έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που δίνουν σχεδόν τέλεια ημιτονοειδή τάση με ελάχιστα αρμονικά σήματα που την παραμορφώνουν. Το αποτέλεσμα είναι ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με αυτόν τον τρόπο δεν προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία των κινητήρων και είναι πλήρως δεκτή από το ηλεκτρικό δίκτυο. Ένας άλλος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι ο συντελεστής ισχύος. Στην ιδανική περίπτωση ο συντελεστής αυτός πρέπει να είναι ίσος με τη μονάδα.

Αυτό σημαίνει ότι η τάση και το ρεύμα παίρνουν συγχρόνως τη μέγιστη τους τιμή και ότι όλη η ισχύς εξόδου του μετατροπέα είναι ίση με την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο. Τελευταία έχουν κατασκευασθεί μετατροπείς που έχουν συντελεστή ισχύος 0,95 που είναι ίσος με αυτόν που έχει το ηλεκτρικό δίκτυο. Για την εκλογή του μετατροπέα όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως θα πρέπει να προσεχθεί ώστε κατά τη λειτουργία του να μην προκαλεί εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτά είναι δυνατό να επηρεάσουν τη λειτουργία συσκευών όπως είναι οι τηλεοράσεις, τα ραδιόφωνα, τα τηλέφωνα και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Υπάρχει ακόμα η περίπτωση ο μετατροπέας κατά τη λειτουργία του να προκαλεί θόρυβο που αυξάνεται μάλιστα με το φορτίο. Γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε ο τύπος του μετατροπέα που θα χρησιμοποιηθεί να είναι όσο το δυνατό πιο αθόρυβος. Σοβαρό κριτήριο για την εκλογή του μετατροπέα είναι η ασφάλεια που πρέπει να παρέχει προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Δηλαδή σε περίπτωση βλάβης στον κεντρικό ηλεκτροπαραγωγό σταθμό ή σε κάποιο σημείο του δικτύου με συνέπεια τη διακοπή παροχής ρεύματος θα πρέπει οι γραμμές του ηλεκτρικού δικτύου να διατηρούνται ηλεκτρικά νεκρές μέχρι να διορθωθεί η βλάβη από το προσωπικό της αρχής ηλεκτρισμού. Η παρουσία όμως του φ/β συστήματος που βρίσκεται σε λειτουργία και είναι ενωμένο με το δίκτυο, θέτει τις γραμμές υπό τάση και μάλιστα υψηλή σε περίπτωση που μεταξύ φ/β συστήματος και δικτύου παρεμβάλλεται μετασχηματιστής υψηλής τάσης. Γι' αυτό ο μετατροπέας θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε μόλις συμβεί βλάβη στο ηλεκτρικό δίκτυο, να σταματά τη λειτουργία του και να διακόπτει τη παροχή ρεύματος προς το δίκτυο. Στην κατάσταση αυτή θα πρέπει να παραμείνει για όλη τη διάρκεια που οι γραμμές του δικτύου είναι ηλεκτρικά νεκρές. Επίσης για λόγους ασφαλείας θα πρέπει η εναλλασσόμενη τάση εξόδου του μετατροπέα να τροφοδοτείται στο ηλεκτρικό δίκτυο δια μέσου ενός μετασχηματιστή. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η ηλεκτρική επαφή μεταξύ της συνεχούς τάσης και του ηλεκτρικού δικτύου ώστε σε περίπτωση βλάβης να μπορεί να απομονωθεί η πλευρά της συνεχούς τάσης. Σήμερα οι περισσότεροι μετατροπείς του είδους αυτού περιέχουν τέτοιο μετασχηματιστή απομόνωσης και οι σχεδιαστές φωτοβολταϊκών συστημάτων πρέπει να διαλέγουν μετατροπέα που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του συστήματος. Όσον αφορά τον τρόπο σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων έχουμε δύο τρόπους, σε σειρά, και παράλληλα. Όταν συνδέουμε φ/β σε σειρά ενώνουμε το θετικό (+) πόλο του ενός με τον αρνητικό (-)

του άλλου πλαισίου. Με τον τρόπο αυτό προσθέτονται οι τάσεις των πλαισίων ενώ παραμένει σταθερό το ρεύμα του κυκλώματος. Για παράδειγμα, αν έχουμε δύο φ/β πλαίσια τάσεως 12VDC και ρεύματος 3A και τα συνδέσουμε σε σειρά, τότε μπορούμε να πάρουμε από το σύστημα αυτό 24VDC και 3A. Κατά τη σύνδεση φ/β παράλληλα ενώνουμε το θετικό (+) πόλο τους ενός πλαισίου με τον θετικό (+) πόλο του άλλου πλαισίου, και αντίστοιχα ενώνουμε μεταξύ τους αρνητικούς πόλους (-) των πλαισίων. Με τον τρόπο αυτό οι τάσεις των πλαισίων παραμένουν ίδιες ενώ τα ρεύματα των πλαισίων προστίθενται. Για παράδειγμα, αν έχουμε δύο φ/β πλαίσια τάσεως 12VDC και ρεύματος 3A και τα συνδέσουμε παράλληλα, τότε το σύστημα αυτό δίνει τάση 12VDC και ρεύμα 6A. Παρατηρούμε ότι με την σωστή επιλογή του τρόπου σύνδεσης των φωτοβολταϊκών, κάνοντας ένα συνδυασμό παραλλήλων και σε σειρά συνδέσεων, μπορούμε να επιτύχουμε την απαιτούμενη ισχύ που θέλουμε να προσφέρει το σύστημα, κάνοντας οικονομία στην αγορά των φωτοβολταϊκών.

Συνοπτικά με λίγα λόγια θα λέγαμε ότι:

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Τα πλαίσια κατασκευάζονται, να παρέχουν συνεχή ηλεκτρική τάση περίπου 17V, ικανή να φορτίζει συσσωρευτές 12V. Ο αριθμός των πλαισίων που χρησιμοποιείται σε μια εγκατάσταση εξαρτάται από το συνολικό φορτίο εγκατάστασης.

Συσσωρευτές

Αποθηκεύουν την παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ηλεκτρική ενέργεια και την παρέχουν στο φορτίο, όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία. Συνήθως χρησιμοποιούνται συσσωρευτές μολυβδού (Pb), με βαθμό εκφόρτισης 10 -20 %, ή συσσωρευτές νικελίου καδμίου (Ni Cd, με δυνατότητα εκφόρτισης μέχρι 100% χωρίς πρόβλημα.

Ρυθμιστής συνεχούς τάσης (voltage regulator or controller)

Ο ρυθμιστής φόρτισης αποτελεί το σύνδεσμο μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων, των συσσωρευτών και του φορτίου. Προστατεύει τους συσσωρευτές από υπερφόρτιση ή ολική αποφόρτιση. Ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια προς τους συσσωρευτές και διατηρεί την κανονική τάση φόρτισης των συσσωρευτών. Όταν η μπαταρίες είναι γεμάτες από

ενέργεια τότε σταματά να τις τροφοδοτεί. Επίσης σταμάτα να τροφοδοτεί την εγκατάστασή μας σε περίπτωση που το συνολικό μας φορτίο των μπαταριών μας είναι στο 20%.

Μετατροπέας(inverter)

Ο μετατροπέας μετατρέπει τη συνεχή τάση είτε των πλαισίων είτε των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενη τάση, για την κάλυψη των περισσότερων εφαρμογών.

Φορτίο

Με τον ορό φορτίο χαρακτηρίζεται κάθε ηλεκτρική κατανάλωση την οποία πρόκειται να καλύψουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ιδιαίτερα, σε μια συσκευή ενδιαφέρουν το είδος, η τάση λειτουργίας και η ισχύς που καταναλώνεται υπό την κανονική τάση λειτουργίας.

Εγκατάσταση

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πρέπει να τοποθετούνται σε ανοιχτό χώρο, να μη σκιάζονται και να λαμβάνουν όσο γίνεται απευθείας την προσπίπτουσα σε αυτά ηλιακή ακτινοβολία.

Συναρμολογούμενος εξοπλισμός στερέωσης

Χρησιμοποιείται για να συγκρατεί και να ομαδοποιεί τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Υπάρχει ο τύπος δαπέδου και ο τύπος οροφής. Υπάρχουν επίσης και εφαρμογές όπου τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν και στις μετώπες κτιρίων ή να αποτελέσουν μέρος της στέγης μιας κατοικίας.

Καλωδίωση

Χρησιμοποιούνται χάλκινα καλώδια κατάλληλης διατομής, για τη σύνδεση των πλαισίων μεταξύ τους και για τη σύνδεση τους με συσσωρευτές ή το φορτίο.

Συντήρηση

Τα ηλιακά συστήματα είναι τα λιγότερα απαιτητικά σε συντήρηση από οποιοδήποτε άλλο σύστημα παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο έλεγχος της καλωδίωσης, των συνδέσεων και των συσσωρευτών εξασφαλίζουν μεγάλη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος, χωρίς προβλήματα.

Ισχύς αιχμής Wp

Η ισχύς αιχμής W_p ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου εκφράζει την απόδοση του σε ιδανικές συνθήκες (πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένη κλίση για κάθε τόπο), με θερμοκρασία 25°C. Η ισχύς αιχμής όμως που δίνουν οι διαφορές κατασκευάστριες εταιρείες είναι μάλλον ιδανικός αριθμός, ενώ για την εύρεση της πραγματικής ισχύος χρησιμοποιούμε ένα βαθμό απόδοσης 10 - 13%. Π.χ. όταν δίνεται ισχύς αιχμής $W_p = 1000/m^2$, σημαίνει ότι πλαίσιο με εμβαδόν 1m² αποδίδει ισχύ 110 - 130 Watt.

Κατηγορίες φ/β συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα γενικά κατηγοριοποιούνται με τις λειτουργικές απαιτήσεις τους, τη διαμόρφωση των συστατικών τους μονάδων και τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται σε άλλες πηγές ενέργειας και ηλεκτρικά φορτία. Οι δύο βασικές κατηγορίες είναι τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ρεύματος της ΔΕΗ και τα ανεξάρτητα συστήματα. Τα συστήματα PV μπορούν να παρέχουν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα, να λειτουργούν διασυνδεδεμένα ή ανεξάρτητα από το δίκτυο παροχής ρεύματος της ΔΕΗ και να συνδέονται με άλλες ενεργειακές πηγές και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας.

Συνδεδεμένα με το δίκτυο

Τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα έχουν ως βασικό χαρακτηριστικό το γεγονός ότι υπάρχει φυσική ένωση με το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η σχέση μιας εγκατεστημένης μονάδας με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να απορροφά ενέργεια αλλά και να διαχέει ενέργεια προς το δίκτυο. Ποιο συγκεκριμένα οι πιθανές περιπτώσεις που μπορεί να συναντήσουμε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα είναι οι ακόλουθες:

1. Όταν μια εγκατάσταση έχει ως αποκλειστικό στόχο την έγχυση ενέργειας προς το δίκτυο. Σε αυτές τις περιπτώσεις στόχος είναι η μέγιστη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η πώλησή της σε κάποιον προμηθευτή (καταναλωτή). Τέτοιου είδους μονάδες ονομάζονται και φωτοβολταϊκοί σταθμοί, φωτοβολταϊκά πάρκα κλπ. Η ισχύς σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να είναι από μερικά KW έως αρκετά MW. Στην Ελλάδα η πιο γνωστή επένδυση σε αυτά τα επίπεδα είναι αυτή των 100KW (γιατί συνδυάζει τα πλεονεκτήματα της υψηλής επιδότησης της KWh και της ευκολότερης αδειοδότησης του φωτοβολταϊκού σταθμού).

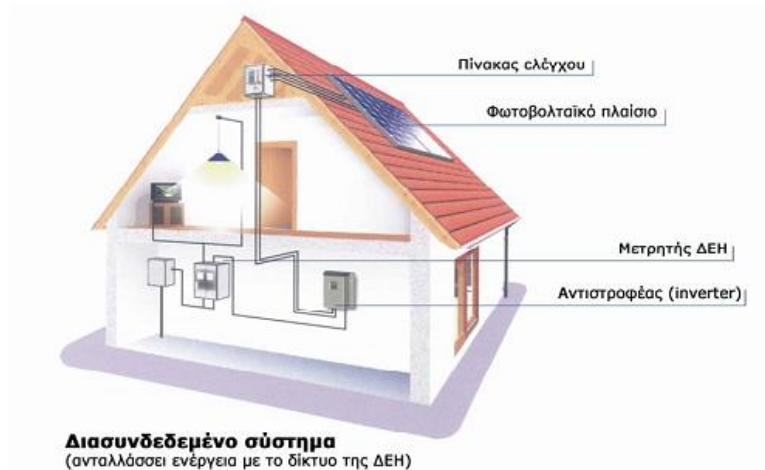
2. Όταν μια εγκατάσταση χρησιμοποιεί το δίκτυο ως εναλλακτική πηγή τροφοδότησης ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση

που η παραγωγή του τοπικού φωτοβολταϊκού σταθμού δεν επαρκεί κάποιες ώρες της ημέρας (ή γενικότερα δεν επαρκεί) για να τροφοδοτήσει τις ενεργειακές ανάγκες της εγκατάστασης. Στις πιο πάνω περιπτώσεις η εγκατάσταση μπορεί να απορροφά ενέργεια από το δίκτυο για να πληρώσει τις ενεργειακές τις ανάγκες. Επίσης, μπορεί να συμβαίνει και το αντίστροφο. Δηλαδή όταν η ενέργεια που παράγεται από τη μονάδα είναι περισσότερη από αυτήν που καταναλώνεται, η περίσσεια της ενέργειας μπορεί να διοχετεύεται (πωλείται) στο δίκτυο. Ένα τέτοιο σύστημα θα πρέπει να διαθέτει δύο μετρητικά συστήματα, το ένα από τα οποία θα μετρά την εξερχόμενη ενέργεια και το άλλο την εισερχόμενη. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται και grid interactive.

3. Όταν μία μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει ως αποκλειστικό στόχο την απορρόφηση ενέργειας προς το δίκτυο γιατί η ποσότητα ενέργειας που παράγει εξ ορισμού δεν καλύπτει τις ενεργειακές τις ανάγκες. Αυτά τα συστήματα ονομάζονται και grid back up. Ουσιαστικά σε αυτή τη περίπτωση ο σχεδιασμός του συστήματος γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εξασφαλισμένο ότι το σύνολο της ενέργειας που παράγεται θα απορροφάτε από τα φορτία της εγκατάστασης που τροφοδοτεί.



Σχήμα 4.9: Αναπαράσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και πώληση αυτής

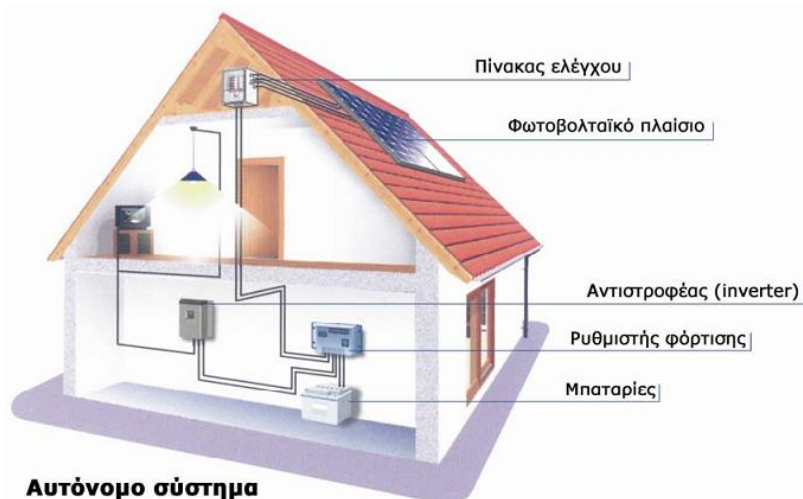


Σχήμα 4.1.1: Αυτόνομο σύστημα

Αυτόνομο σύστημα

Στο σχήμα 46 φαίνεται μια υλοποίηση ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος. Βασικό συστατικό αποτελεί η φωτοβολταϊκή γεννήτρια στους ηλιακούς συλλέκτες της οποίας γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Περιλαμβάνεται ακόμα, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης και τον βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας, συσσωρευτές για την αποθήκευση της περίσσειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη. Επίσης εγκαθίσταται διάταξη για τη ρύθμιση, τη παρακολούθηση και τη μετατροπή της τάσης και τη ρύθμιση της ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος και να ελεγχθεί και προστατευτεί ο συσσωρευτής. Στον σχεδιασμό ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να έχουν γίνει από πριν ορισμένες επιλογές. Ανάλογα με την ένταση και τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας, και ανάλογα την επιθυμητή ηλεκτρική κατανάλωση, θα πρέπει να είναι γνωστό αν το ρεύμα που θα παρέχει το σύστημα θα είναι συνεχές ή εναλλασσόμενο, ποια θα είναι η μέγιστη τιμή του και σε ποια τάση, όπως και αν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια και οι συσσωρευτές θα πρέπει να καλύπτουν πλήρως τις αιχμές ζήτησης ισχύος. Δηλαδή, στο εμβαδόν της συνολικής επιφάνειας των ηλιακών πλαισίων και στα μεγέθη των άλλων συστατικών και διατάξεων του συστήματος, κυρίως στην χωρητικότητα των συσσωρευτών, δίνονται κατάλληλες τιμές ώστε σε

συνδυασμό με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στον συγκεκριμένο τόπο και στην συγκεκριμένη εποχή, να καλύπτονται ικανοποιητικά οι αντίστοιχες ηλεκτρικές καταναλώσεις. Έχοντας λοιπόν καταλήξει στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του φορτίου κατανάλωσης (τάση λειτουργίας, απαιτούμενη ισχύς, μέγιστο ρεύμα τροφοδότησης), έχοντας προσδιορίσει τις ανάγκες του για αδιάλειπτη λειτουργία και ροή ισχύος σε ικανοποιητικά πλαίσια και έχοντας κάνει διερεύνηση των επιπέδων της πυκνότητας της ηλιακής ακτινοβολίας στον τόπο που θα εγκατασταθεί το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα κατά τη διάρκεια του έτους, επιλέγεται η φωτοβολταϊκή συστοιχία και η κατάλληλη εσωτερική συνδεσμολογία των πλαισίων, ο τύπος, η τάση λειτουργίας και η χωρητικότητα του συσσωρευτή ρυθμιστής φόρτισης του συσσωρευτή και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της βοηθητικής γεννήτριας.



Σχήμα 4.1.2: Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

5. Εφαρμογή

Σε αυτό το και κεφάλαιο θα δούμε με ποιο τρόπο θα καλύψουμε της ανάγκες για ηλεκτρικό ρεύμα. Με βάση το δεδομένο κτήριο μπορούμε να τοποθετήσουμε 12 φωτοβολταϊκά πάνελ με κλίση προς τον νότο. Μας επιτρέπουν να έχουμε τον συγκεκριμένο αριθμό πάνελ. Η σκεπή μας με φορά προς τον νότο έχει έκταση 20 τμ. περίπου. Εμείς καλύπτουμε τα 15.36 τμ. Θα μπορούσαμε να

βάλουμε πιο πολλά πάνελ άλλα στην συγκεκριμένη σκεπή έχουμε 2 κορφάδες και μας επιτρέπει να έχουμε μικρό εμβαδόν.

Εάν είχαμε καλύτερη απόδοση και στα άλλα σημεία του ορίζοντα τότε θα βάζαμε πιο πολλά φωτοβολταϊκά πάνελ, άλλα δύστυχος μόνο με προσανατολισμό προς την νοτιά πλευρά της σκέπης έχουμε καλή απόδοση. Η εφαρμογή περιλαμβάνει 12 φωτοβολταϊκά πάνελ με της βάσεις, 12 μπαταρίες, 1 inverter και 1 ρυθμιστή φόρτισης. Τα πάνελ θα μπουν όλα σε σειρά έτσι ώστε να έχω ένα σύστημα 24V/57,72A . Όταν κάνω σύνδεση στα πάνελ παράλληλα είναι σαν να βάζω μπαταρίες παράλληλα. Όταν μπαίνουν παράλληλα τότε το ρεύμα αθροίζεται και η τάση είναι όση με την τιμή της μικρότερης ή όση με την μικρότερη της μικρότερης. Όταν τα συνδέσω και πάρω τους δυο ακροδέκτες τότε τους οδηγώ στον μετατροπέα και ο μετατροπέας είτε παρέχει ενέργεια στις καταναλώσεις είτε φορτίζει της μπαταρίες. Αυτό ελέγχεται από τον ρυθμιστή ενεργείας. Όταν το πυρίτιο φτάσει στους 60oC τότε σταματάτε να έχουν παραγωγή τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Επίσης σταματάνε να έχουν παραγωγή σε περίπτωση δώσει εντολή ο ρυθμιστής μας ότι οι μπαταρίες είναι γεμάτες ή θέλουν γέμισμα και της τροφοδοτεί ή δίνει εντολή ο inverter ότι κανένα φορτίο δεν θέλει τροφοδοσία. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε πόσα φόρτια έχουμε. Το σύνολο των φορτιών των είναι 10,586KW/h. Δηλαδή εάν ανοίξουμε όλα τα φόρτια μας τότε με μια μέση τιμή ως προς το είδος του και την χρήση του γενικά τότε θα έχουμε κατανάλωση 10,6KWh. Άρα στην περίπτωση μας πρέπει να παράγουμε 10,6KW σε μια μέρα. Για να παράγουμε αυτή την ενεργεία τότε θέλουμε 12 πάνελ με ισχύ 175 watt, 12 βάσεις με αντίστοιχες διαστάσεις, ένα inverter ισχύ 2200 watt, ένα ρυθμιστή φόρτισης 60A και 12 μπαταρίες τύπου Gel ή κλειστού τύπου των 2 volt/600Ah. Το επιθυμητού αποτέλεσμα θα πραγματοποιηθεί εάν έχω κάθε μέρα 5 ώρες ηλιοφάνεια. Άρα με 5 ώρες και 12 πάνελ με ισχύ 175 watt μας κάνει 10500Wh. Τα φόρτια μας θα ανάβουν συστηματικά και όταν κάποια μέρα θέλουμε να ανάψουμε όλα τα φωτά τότε μπορούμε, αρκεί να μην ξεπεράσουμε την συνολική ισχύ του μετατροπέα μας.

Τέλος εάν για κάποιο χρονικό διάστημα δεν έχουμε ηλιοφάνεια τότε κάνουμε συντήρηση ενεργείας έτσι ώστε να αρκεστούμε στην αποθηκευμένη ενεργεία. Εάν δεν κάνουμε συντήρηση τότε η αποθηκευμένη ενεργεία μας καλύπτει για μια μέρα.

5.1. Ηλεκτρικά φορτία σε δεδομένο κτήριο

ΧΩΡΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	ΦΟΡΤΙΑ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	ΚΛΙΜΑΚΟΣΤΑΣΙΟ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ Δ ΟΡΟΦΟΥ	ΣΥΝΟΛΟ ΦΟΡΤΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΣ (Αμπερ)
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	3 Οικονομικοί λαμπτήρες 20W 0,5h ΠΙΕΣΤΙΚΟ 1/2 HP =400W 2h ΚΥΚΛΟΦΟΡΗΤΗΣ ΓΙΑ ΤΖΑΚΙ Η ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ 100W 5h	3 Οικονομικοί λαμπτήρες 20W 0,5h	3 Οικονομικοί λαμπτήρες για εξώστη από 11 W έκαστος 1h 4 Οικονομικοί λαμπτήρες για τραπεζογάρα 11 W 3h 3 Οικονομικοί λαμπτήρες για καθιστικό 15 W 1,5h Ηλεκτρική κουζίνα 2000 W 2h	2 Πορτακι με οικονομικούς λαμπτήρες 11 W 0,5h Υπολογιστές 400 W 1h 7 Οικονομικοί λαμπτήρες από 20 W έκαστος 2h Ηλεκτρική τηλεόραση 90W 2h		
			2 Οικονομικοί λαμπτήρες για κουζίνα & WC από 15 W 3h 1 Οικονομική λάμπα 11W για αποθήκη 1h Ηλεκτρικό ψυγείο 170 W 15h Ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων 500 W 1,5h/3 Μέρες Αποροφητήρας κουζίνας 70 W 3h Ηλεκτρική τηλεόραση 60W 3h	4 Οικονομικοί λαμπτήρες για καθιστικό από 8W 1h Ηλεκτρικό σίδερο 1200 2h/3 Μέρες		
	1330W/h	30W/h	7523W/h	1703W/h	10.586KWh	46.02
Ημερησία καταναλώση σε Kw/h εάν έχουμε ανοιχτές όλες τις συσκευές						

Παρακάτω βλέπουμε τα υλικά σε φωτογραφία μαζί με τα χαρακτηριστικά:

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ BSL-SE16-175M. Ισχύς: 175W

Φωτοβολταϊκό πάνελ ισχύος 175W Μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Διαθέτει πλαίσιο αλουμινίου. Οι διαστάσεις του είναι 1,58/0,8/0,035 και το βάρος του 14,5kg



Μοντέλο	BS16-175M L-SE
Μοντέλο	BSL-SE16-175M
P_n (W)	175
V_n (V)	24
V_{pmax} (V)	36,45
I_{pmax} (A)	4,81
V_{oc} (V)	43,7
I_{sc} (A)	5,1
Διαστάσεις (m)	1.58/0.8/0.035
Βάρος (kg)	14,5

Μετατροπέας ή inverter SMA Sunny Boy 2500



- Για εξωτερική και εσωτερική τοποθέτηση
- Διευρυμένη περιοχή θεοκρασιών $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- SMA grid guard 2: Αυτόνομη διεπαφή απομόνωσης σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1
- Electronic Solar Switch ESS: Ενσωματωμένος διακόπτης απομόνωσης φορτίου DC σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0100-712 (προαιρετικά)
- Διάγνωση και επικοινωνία μέσω ασυρμάτου ή του δικτύου καθώς και μέσω καλωδίου (διεπαφή RS232 ή RS485)
- Αυτόματη αναγνώριση συχνότητας δικτύου 50 Hz/60 Hz
- Ενσωματωμένη οθόνη 2 γραμμών
- 5 χρόνια εγγύηση από την SMA

Ρυθμιστής φόρτισης xantrex60

Επιλεγώ ρυθμιστή των 60 A

xantrex C60



Επιλεγώ μπαταρίες SLB2-600

Μπαταρίες SLB2-600



Επιλεγώ μπαταρίες τον 2V/600Ah τύπου gel διότι έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερο βαθμό εκφόρτωσης.

Τα υλικά που επιλέξαμε κοστίζουν

- 12 Φ/Β στοιχεία συνολικής ισχύος 2 kwp (174wp μονοκρυσταλλικού πυριτίου ευρωπαϊκής προέλευσης), πλήρες set βάσεων στήριξης: 6930 €
- Μετατροπέας inverter Sunny Boy 2500: 1289 €
- Ρυθμιστής φόρτισης xantex C 60: 216.00 €
- 12 Μπαταρίες SLB2-600: 3600 €

Σύνολο: 12035 €

Αυτή η εύλογη τιμή είναι όσο το δυνατόν ελαχίστη διότι έγινε μια έρευνα αγοράς έτσι ώστε να υπάρχει πραγματικός ανταγωνισμός. Στην τιμή δεν περιέχεται τοποθέτηση και μεταφορά των πάνελ τα όποια θα θέλαμε 1.000 € περίπου.

Επειδή δε μου αρέσει να μένουμε στη θεωρία αλλά να προσπαθούμε να εφαρμόζουμε τη θεωρία στην πράξη, σ' αυτό το κεφάλαιο θα δούμε πως μπορούμε πολύ εύκολα, με ελάχιστο κόστος και κυρίως, χωρίς συμβιβασμούς στην καθημερινή μας πρακτική:

1. Να εξοικονομήσουμε 29,73 € από κάθε λογαριασμό ρεύματος!

2. Να μειώσουμε κατά 1.000 κιλά ατομικά, ο κάθε ένας από εμάς, την έκλυση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, πράγμα που είναι ισοδύναμο με το να φυτέψουμε 20 δέντρα έξω από το σπίτι μας! Κι αυτό με κάποιες απλές και έξυπνες κινήσεις οικονομίας.

1η κίνηση: Αλλάζουμε τα φώτα! Στην περίπτωση μας που έχουμε 32 λάμπες οικονομίας με μέση ισχύ κάθε λαμπάς 13w και ενέργεια 436,5 Wh περίπου. Εάν είχαμε λάμπες πυράκτωσης των 60 watt και τους ανάβαμε για μια ώρα τότε θα είχαμε συνολική ενέργεια 1.9Kwh, είναι το ένα τέταρτο σε σχέση με οικονομικούς λαμπτήρες.

Υπολογισμό κατανάλωσης με λάμπες πυράκτωσης:

Η κατανάλωση θα είναι 1.9 KWh συνολικά. Στον 4μηνο λογαριασμό κατανάλωσης ρεύματος της ΔΕΗ θα έχουμε καταναλώσει 288 KWh

για φωτισμό. Με μέσο κόστος 12 λεπτά ανά KWh (ανάλογα με την κλίμακα χρέωσης), ο φωτισμός μας κοστίζει 27,36 € σε κάθε 4μηνο λογαριασμό.

Υπολογισμός κατανάλωσης με λάμπες οικονομίας:

Η κατανάλωση θα είναι 0,4365 KWh συνολικά. Στον 4μηνο λογαριασμό κατανάλωσης ρεύματος της ΔΕΗ θα έχουμε καταναλώσει 288 KWh για φωτισμό. Με μέσο κόστος 12 λεπτά ανά KWh (ανάλογα με την κλίμακα χρέωσης), ο φωτισμός μας κοστίζει 6.28 € σε κάθε 4μηνο λογαριασμό. Υπάρχει μεγάλη διαφορά εάν κάνω υετό το βήμα για εξοικονόμηση ενεργείας. Εξοικονομήσαμε δηλαδή 21,08 € σε κάθε λογαριασμό ρεύματος!

2η κίνηση: Ζεσταίνουμε νερό όταν το χρειαζόμαστε!

Καλό είναι να έχουμε ηλιακό θερμοσίφωνα. Όπως και να έχει όμως, μια κακή συνήθεια που έχουμε πολλοί είναι να ανάβουμε το θερμοσίφωνα και να τον ξεχνάμε για αρκετή ώρα. Ανάλογα με το θερμοσίφωνα (και τη ρύθμιση του θερμοστάτη) ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας θα χρειαστεί κάποια συγκεκριμένη ώρα για να ζεστάνει το νερό στη θερμοκρασία που θέλουμε. Είναι το σημείο εκείνο στο οποίο θα σβήσει το πορτοκαλί λαμπάκι! Αν τον αφήσουμε ανοικτό περισσότερη ώρα, το μόνο που γίνεται είναι το εξής: Το νερό αρχίζει πάλι να κρυώνει λίγο μέχρι να πέσει κάτω από τη θερμοκρασία του θερμοστάτη, για να ανάψει ξανά το πορτοκαλί λαμπάκι και να αρχίσει πάλι η αντίσταση να τραβά ρεύμα για να ξαναζεστάνει το νερό στη θερμοκρασία που έτσι κι αλλιώς είχε φθάσει πριν! Περισσότερη κατανάλωση ρεύματος για το ίδιο αποτέλεσμα δηλαδή! Το νερό δεν πρόκειται να γίνει πιο ζεστό, ούτε θα ζεστάνουμε περισσότερα λίτρα αφού η χωρητικότητα σε λίτρα του κάθε θερμοσίφωνα είναι δεδομένη. Και μην ξεχνάμε ότι ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας έχει τη μεγαλύτερη κατανάλωση σε Watt από όλες τις συσκευές ενός σπιτιού: Συνήθως 4.000 Watt! Ανάβουμε λοιπόν το θερμοσίφωνα λίγο πριν χρειαστούμε το ζεστό νερό. Μπαίνουμε στο μπάνιο μόλις σβήσει το λαμπάκι ή λίγο μετά. Για το πλύσιμο των πιάτων κ.λπ. χρησιμοποιούμε ειδικούς μικρούς θερμαντήρες νερού: Δεν χρειάζεται να ζεστάνουμε 200 λίτρα ενώ χρειαζόμαστε μόνο 10!

Φυσικά αν μπορούμε, εγκαθιστούμε ηλιακό θερμοσίφωνα.

Αν λοιπόν αφήσουμε το πορτοκαλί λαμπάκι να ανάψει ξανά μερικές φορές για 10 λεπτά κάθε φορά, θα έχουμε καταναλώσει, χωρίς κανένα λόγο, μέχρι και 2KWh κάθε μέρα, δηλαδή 240KWh σε κάθε λογαριασμό ρεύματος, ή 28,80 €!

Αυτό γίνεται όταν έχουμε θερμοσίφωνα στην δική μας περίπτωση έχουμε ηλιακούς συλλέκτες και ενεργειακό τζάκι όποτε δεν έχουμε κατανάλωση από θερμοσίφωνα.

3η κίνηση: Η ηλεκτρική κουζίνα ισοδυναμεί σε κατανάλωση ρεύματος με 30 τηλεοράσεις!

Γι' αυτό παρακολουθούμε την πορεία ψησίματος από το τζάμι της πόρτας της και δεν την ανοιγοκλείνουμε συνεχώς για να παρακολουθήσουμε καλύτερα το έργο. Κάθε φορά που ανοίγουμε την πόρτα του φούρνου χάνεται σχεδόν το 1/3 της θερμότητας. Θα χρειαστεί λοιπόν να καταναλώσει περισσότερο ρεύμα για να ξαναφθάσει τη θερμοκρασία που είχε πριν ανοίξουμε για λίγο την πόρτα (εξοικονόμηση έως 200Wh ανά ψήσιμο)! Όταν καταλάβουμε ότι το φαγητό είναι σχεδόν έτοιμο, κλείνουμε το διακόπτη θερμοκρασίας λίγα λεπτά νωρίτερα. Η θερμοκρασία που έχει ήδη αναπτυχθεί, θα συνεχίζει να ψήνει το φαγητό για άλλα 10 - 15 λεπτά (εξοικονόμηση έως 300Wh ανά ψήσιμο). Ο φούρνος καταναλώνει περίπου 2.500W ανά ώρα, ενώ ο φούρνος μικροκυμάτων 800W. Δεν ζεσταίνουμε λοιπόν έτοιμο φαγητό στο φούρνο, αλλά στα μικροκύματα. 15 λεπτά στο φούρνο ισοδυναμούν με κατανάλωση περίπου 500Wh, ενώ το ίδιο αποτέλεσμα με το φούρνο μικροκυμάτων θα το πετυχαίναμε με 5 λεπτά ή 60Wh (εξοικονόμηση περίπου 450Wh ανά ζέσταμα). Αν λοιπόν ψήναμε στο φούρνο 4 φορές την εβδομάδα και ταυτόχρονα τον χρησιμοποιούσαμε για ζέσταμα ή ξεπάτωμα άλλες 4 - 5 φορές μπορούμε να εξοικονομήσουμε σχεδόν 4.500Wh (4,5KWh) την εβδομάδα, δηλαδή 72KWh ή 8,65 € σε κάθε λογαριασμό ρεύματος!

Συμπέρασμα:

Είδαμε ότι μόνο με τις παραπάνω τρεις κινήσεις, μειώνουμε την κατανάλωση κατά 247KWh ή 29.73 € σε κάθε λογαριασμό ρεύματος σε ένα σπίτι σαν αυτό του παραδείγματος!

Σε ένα έτος, η οικονομία είναι πάνω από 1.500KWh που συνεπάγεται αποφυγή έκλυσης περισσότερων των 1.000 κιλών διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον. Τόσο διοξείδιο του άνθρακα θα παρήγαγε η ΔΕΗ για να μας παρέχει αυτές τις παραπάνω 1.500KWh κάθε έτος. Το ισοδύναμο αποτέλεσμα που θα πετυχαίναμε φυτεύοντας πάνω από 20 δέντρα έξω από το σπίτι μας!

Κι αυτά χωρίς να έχουμε υπολογίσει καθόλου τη χρήση φωτοβολταϊκών. Αν εγκαταστήσουμε και 2.650Wr σε φωτοβολταϊκά, εξοικονομούμε άλλες 1.500KWh και είναι σα να φυτέψαμε άλλα 20 δέντρα ακόμη!

Υπάρχουν και πολλοί άλλοι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να μειώσουμε την κατανάλωση ρεύματος και έτσι να συμβάλλουμε στην προστασία του περιβάλλοντος με επιπλέον ανταμοιβή την εξοικονόμηση χρημάτων:

1. Κλείνουμε την τηλεόραση, το DVD, τον Η/Υ κ.λπ. από τον κεντρικό διακόπτη και όχι από το κόκκινο κουμπί του τηλεκοντρόλ (ή σε αναμονή).

2. Δεν ανοίγουμε συχνά και για πολύ ώρα την πόρτα του ψυγείου. Κάθε φορά που το κάνουμε αυτό, χάνεται σχεδόν το 1/3 της ψύξης και το μοτέρ του θα καταναλώσει επιπλέον ρεύμα για να φέρει ξανά τη θερμοκρασία στο προηγούμενο επίπεδο.

3. Τοποθετούμε το ψυγείο σε δροσερό σημείο του σπιτιού, μακριά από καλοριφέρ και παράθυρα ή σημεία που βλέπει ο ήλιος.

Μπορεί η εξοικονόμηση χρημάτων από κάθε τακτική να είναι μόλις λίγα ευρώ. Αυτά όμως αθροίζονται και προκύπτει ένα αξιόλογο όφελος στο τέλος.

Το κυριότερο είναι πως αυτές οι αλλαγές δεν αλλάζουν τον συνηθισμένο τρόπο που ζούμε (αν και μερικές φορές μια αλλαγή δεν βλάπτει αν το όφελος είναι σημαντικό). Έτσι είναι ευκολότερο να εφαρμοστούν, αφού δεν έχουμε τη δικαιολογία ότι μας αλλάζουν προς το χειρότερο τον τρόπο διαβίωσής μας.

Η διαδικασία που κάνουμε για να εγκαταστήσουμε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση και ταυτόχρονα να πουλάμε ενέργεια στη Δ.Ε.Η.

1. Να έρθουμε επαφή με την εταιρία που θα σας προμηθεύσει τα υλικά για την εγκατάσταση και στη συνέχεια να βρούμε τον εγκατάσταση που να μας κάνει την τοποθέτηση.

2. Με τη βοήθεια της εγκαταστάτη ή της εταιρείας κάνετε αίτηση στη ΔΕΗ για να σας δώσει μια προσφορά σύνδεσης (να μας πει δηλαδή πόσο κάνει ο νέος μετρητής και πόσο θα κοστίσει τελικά η σύνδεση).

3. Ύστερα πάμε στην Πολεοδομία για την έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας.

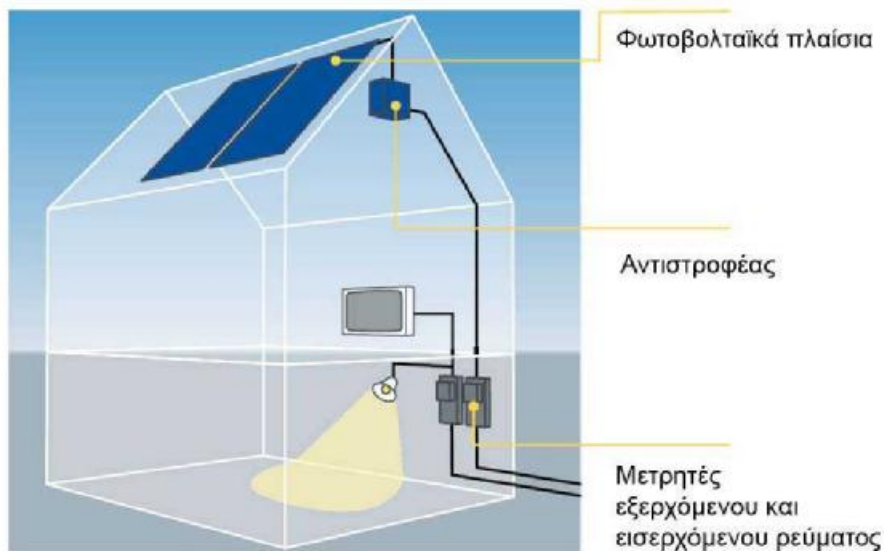
4. Ξαναπάμε στη ΔΕΗ για να υπογράψουμε την 25ετή σύμβαση βάσει της οποίας θα πουλάμε ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο και στη συνέχεια συνδεόμαστε.

Δεν χρειαζόμαστε:

- Άδεια παραγωγής
- Άδεια εγκατάστασης

- Άδεια λειτουργίας
- Έγκριση περιβαλλοντικών όρων
- Εξαίρεση της ΡΑΕ από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε μη διασυνδεδεμένα νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της ΡΑΕ.

Επίσης εάν είμαστε πτυχιούχοι ηλεκτρολόγοι τότε μπορούμε να το εγκαταστήσουμε μόνοι μας ή αν είμαστε επαγγελματίας ηλεκτρολόγος και έχουμε εκπαιδευτεί κατάλληλα. Ωστόσο, με βάση τις ισχύουσες ρυθμίσεις, απαιτείται υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση και γι' αυτό άλλωστε απευθύνεστε και σε εξειδικευμένες εταιρίες.



Σχήμα 5: Πρόσοψη κτιρίου με φορά προς το νότο

6.Σύγκριση φωτοβολταϊκών με συμβατικά

Τα φωτοβολταϊκά παράγουν ρεύμα και είναι ακριβότερο όσον αφορά την άμεση τιμή, και παράλληλα είναι οικολογικό. Η μεγάλη μείωση των εκπομπών καυσαερίων εξοικονομεί πολύ σημαντικό κέρδος από τον κρατικό και κοινωνικό προϋπολογισμό. Έξοδα που θα πήγαιναν για δαπάνες υγείας, απορρύπανσης, αγορά

δικαιωμάτων ρύπων. Το πιο σημαντικό, βελτιώνει την ποιότητα ζωής μας. Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν το ιδιαίτερο προσόν να φτάνουν στην πιο υψηλή τους απόδοση τις μεσημεριανές ώρες του καλοκαιριού, όταν παρατηρείται και η μέγιστη ζήτηση για να λειτουργήσουν τα κλιματιστικά. Η ΔΕΗ αναγκάζεται να διαθέτει πολυέξοδες μονάδες παραγωγής ρεύματος και πανάκριβα συστήματα, ακριβώς για την αποφυγή ενός μπλακ άουτ. Με την αξιοποίηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανακουφίζεται σημαντικά το δίκτυο.

Συμπέρασμα

Με τη χρήση της γεωθερμίας έχουμε εξοικονομήσει χρήματα αλλά έχουμε, επίσης, συμβάλλει και στην προστασία του περιβάλλοντος, αφού η γεωθερμία έχει εκπομπές μόνο όταν δουλεύει με τη χρήση ρεύματος. Όσον αφορά τον οικονομικό παράγοντα, όντως το αρχικό κόστος κατασκευής ενός σπιτιού, με τη χρήση των μορφών ενέργειας που αναλύσαμε παραπάνω, είναι αυξημένο. Όμως, η απόσβεση αυτού του κόστους γίνεται μέσα σε λίγα χρόνια και παράλληλα, η λειτουργία αυτού του σπιτιού είναι πιο οικονομική.

Βιβλιογραφία

1. A photovoltaic system simulation model for AC electric appliances/ Y.Sukamongkol / World Renewable Energy Congress VI
2. Modelling battery charge regulation for a stand alone photovoltaic system / J.N.Ross,T.Markvart,W.He / Solar Energy 69
3. Effects of mismatch losses in photovoltaic arrays / C.E.Chamberlin et al / Solar
4. Solar Electricity / Tomas Markvart / John Wiley & sons / ISBN 0-471-94161-1
5. Comparison between power and energy methods of analyses of photovoltaic plants / G.Ambrossone et.Al / Solar Energy 34
Directorate General XII for Science
6. Technical and economic comparison of electric generators for rural areas / R.I.Abenavoli / Solar Energy 47
7. Laboratory evaluation and system sizing charts for a 'second generation' direct PV-powered, low cost submersible solar pump / C.Protoogeropoulos,S.Pearce Solar Energy 68
8. Autonomous renewable energy conversion system / V.Valtchev et al / Renewable Energy 21
9. Load matching to photovoltaic generators / O.E.Ibrahim / Renewable Energy 6
10. Ι.Φραγκιαδάκης. / Μαθήματα Φ/Β συστημάτων / ΤΕΙ Ηρακλείου 2000
11. Σ. Καπλάνης , Τεχνολογία φωτοβολταϊκών συστημάτων , Πάτρα 2002
12. Αλεξιάκης , Αλέξανδρος Σ ., Ηλιακή ενέργεια , Αθήνα 1990
13. Κωνσταντινίδης, Σεραφείμ Νεοκλέους, Α. Μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική με φωτοβολταϊκά συστήματα

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία - Sites

1. <http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/electrical/biblia.php>
2. <http://www.sunera.gr/page.php?pid=23>
3. <http://www.tmltd.gr/underfloor/underfloorheat.htm?gclid=COzvtoXHmqACFVst3wodPT-CeQ>
4. <http://www.eshops.gr/index.php?act=viewCat&catId=19>
5. <http://www.alexakisenergy.com/default.asp?catid=1>
6. <http://www.kanetoprasino.gr/>
7. <http://www.sigma-geo.gr/products.asp>
8. http://www.sigma-geo.gr/geo_house.asp

9. <http://www.deltatechniki.gr/company.htm>
10. <http://www.deltatechniki.gr/geotherm.htm>
11. <http://www.deltatechniki.gr/pv.htm>
12. <http://www.deltatechniki.gr/ac.htm>
13. <http://www.helapco.gr>
14. <http://ecology-salonika.org/lib/>
15. <http://www.air-sun.gr/fotoboltaika.htm>
16. <http://www.selasenergy.gr/fundamentals.php>
17. <http://www.selasenergy.gr/history.php>
18. http://www.solar-systems.gr/product_5.htm