

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη εφαρμογής ενεργειακών επεμβάσεων στον
χώρο του ΑΤΕΙ Πάτρας με ενσωμάτωση
φωτοβολταϊκών στοιχείων
και αβαθούς γεωθερμίας.**



Σπουδαστές

Αναγνωστόπουλος Παναγιώτης	4026
Αντουέρα Δομίνικος	3823
Μάριζας Δημήτριος	3851

Εποπτεών Καθηγητής

Σταθάτος Ηλίας

ΠΑΤΡΑ 2013 - 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και η σταδιακή απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα αποτελεί επιτακτική ανάγκη στην εποχή μας. Δεν το επιβάλλουν μόνο η δραματική μείωση των αποθεμάτων των συμβατικών καυσίμων - με την παράλληλη αύξηση των τιμών τους - και η μόλυνση του περιβάλλοντος, αλλά και η ανάγκη για την ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας της χώρας μας (ενεργειακή ασφάλεια). Ειδικά σε μία χώρα με πλούσιο εκμεταλλεύσιμο δυναμικό ΑΠΕ όπως η Ελλάδα.

Σε αυτή την προσπάθεια πρέπει να συμβάλλουν όλοι οι φορείς, αλλά κυρίως τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, εκμεταλλεζόμενα την επιστημονική και τεχνολογική κατάρτιση του προσωπικού τους και ταυτόχρονα τους μεγάλους χώρους που διαθέτουν, δίνοντας έτσι, όχι μόνο το παράδειγμα-μήνυμα της "στροφής" στις εναλλακτικές μορφές ενέργειας αλλά προσφέροντας και κοινωνικό έργο. Το τελευταίο μπορεί να επιτευχθεί με το να προσφέρει την περίσσεια ενέργειας που θα παράγεται στις γειτονικές τοπικές κοινωνίες ή με το να συμπεριλαμβάνει τις ενεργειακές ανάγκες των τοπικών κοινωνιών στις δικές του ανάγκες, εγκαθιστώντας την αντίστοιχη ισχύ στους χώρους του. Άλλωστε αποστολή των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων είναι η παραγωγή καταρτισμένων επαγγελματιών, ενώ ταυτόχρονα να συνεισφέρουν στην οικονομική άνθιση της χώρας.

Για τον λόγο αυτό στα πλαίσια της φοιτήσεώς μας στο ΑΤΕΙ Πατρών του τμήματος Ηλεκτρολογίας και έχοντας διαλέξει την ενεργειακή κατεύθυνση αποφασίσαμε να εκπονήσουμε πτυχιακή εργασία προς αυτή την κατεύθυνση.

Έτσι στην παρούσα εργασία εξετάζεται η δυνατότητα κάλυψης ,από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ,των αναγκών σε ενέργεια του ΑΤΕΙ στο Κουκούλι Πατρών

Η εργασία αυτή, χωρίζεται σε δυο ενότητες που αφορούν την κάλυψη των ηλεκτρικών και των θερμικών αναγκών αντίστοιχα. Στο πρώτο μέρος μελετάται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο διαθέσιμο χώρο του ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ με σκοπό την μερική κάλυψη αναγκών του ηλεκτρικού ρεύματος στο εγκατεστημένο δίκτυο κάνοντας και μια οικονομική εκτίμηση του αποτελέσματος της μελέτης. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζονται εναλλακτικοί τρόποι κλιματισμού των κτιρίων του ιδρύματος. Μελετάται η εφαρμογή της αβαθούς γεωθερμίας, για την κάλυψη των αναγκών σε ψύξη και θέρμανση. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα σχετικά με την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών και της επένδυσης σε τεχνολογίες ΑΠΕ για κλιματισμό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή αυτή εργασία, θα έχει ως κύριο θέμα την μελέτη εναλλακτικών πηγών ενέργειας και την εφαρμογή τους στο χώρο του ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ.

Αναλυτικότερα στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει εισαγωγή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κάνοντας μια εκτενή ιστορική αναδρομή σε όλα της τα είδη. Επίσης θα γίνει αναφορά ξεχωριστά στο ενεργειακό πρόβλημα, την κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στην Ελλάδα, όπως επίσης και στα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτών.

Στην συνέχεια θα ασχοληθούμε με την εγκατάσταση εναλλακτικών πηγών ενέργειας στο ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ. Συγκεκριμένα στο 2ο κεφάλαιο θα γίνει αναλυτική μελέτη για την εγκατάσταση Φ/Β στοιχείων στις στέγες του ιδρύματος, στοχεύοντας στην κάλυψη περίπου του είκοσι τοις εκατό της συνολικής κατανάλωσης του. Προχωρώντας στο 3ο κεφάλαιο θα εξετάσουμε κατά πόσο η τεχνολογία της γεωθερμίας είναι αξιοποιήσιμη και σε τι ποσοστό μπορεί να εφαρμοστεί στο χώρο του ιδρύματος.

Κλείνοντας, στο τελευταίο κεφάλαιο θα εξάγουμε τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από την εκπόνηση της παραπάνω εργασίας, καθώς και τις προσωπικές μας εκτιμήσεις και παρατηρήσεις για το κατά πόσο είναι εφικτή η εφαρμογή των παραπάνω στο ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	σελ. i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	σελ. ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελ. iii
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	
1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	σελ. 1
1.1.1. Ιστορική Αναδρομή	σελ. 1
1.1.1.α <i>Ανεμογεννήτριες</i>	σελ. 1
1.1.1.β <i>Φωτοβολταϊκά</i>	σελ. 11
1.1.1.γ <i>Γεωθερμία</i>	σελ. 15
1.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	σελ. 22
1.3. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ – ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	σελ. 26
1.4. ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ	σελ. 28
1.4.1. <i>Παρούσα Κατάσταση</i>	σελ. 28
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	
2.1. Ο ΗΛΙΟΣ	σελ. 29
2.1.1. Οι ενεργειακές πηγές του ανθρώπου	σελ. 29
2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	σελ. 29
2.2.α <i>Γενικά για την ηλιακή ακτινοβολία</i>	σελ. 29
2.2.β <i>Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου</i>	σελ. 30
2.2.γ <i>Η τροχιά του ήλιου στον ουρανό</i>	σελ. 30
2.2.δ <i>Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης</i>	σελ. 33
2.2.ε <i>Εξασθένιση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη ατμόσφαιρα</i>	σελ. 35
2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	σελ. 35
2.3.α <i>Τύποι ηλιακών κελιών και καταγεγραμμένες μέγιστες αποδόσεις</i>	σελ. 37
2.3.β <i>Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών</i>	σελ. 40
2.3.γ <i>Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας</i>	σελ. 43
2.4. ΑΠΟ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΕΛΙΑ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ	σελ. 45
2.4.α <i>Παράλληλη σύνδεση κελιών</i>	σελ. 45
2.4.β <i>Σύνδεση κελιών σε σειρά</i>	σελ. 46
2.4.γ <i>Η επίδραση της σκίασης</i>	σελ. 47
2.5. ΠΡΑΚΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ –ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΝΕΛ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ	σελ. 48
2.5.α. <i>Τρόποι στήριξης Φ/Β πάνελ</i>	σελ. 52

2.5.β	Σταθερές βάσεις	σελ. 52
2.5.γ	Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου	σελ. 57
2.6.	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS)	σελ. 61
2.6.α	Η χρήση μετασχηματιστή στους αντιστροφείς.....	σελ. 63
2.6.β	Οικογένειες αντιστροφέων –Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters).....	σελ. 64
2.6.γ	Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (string inverters).....	σελ. 65
2.6.δ	Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (multi-string inverters).....	σελ. 66
2.6.ε	Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (Module integrated inverters).....	σελ. 67
2.6.στ	Σημαντικοί παράμετροι λειτουργίας	σελ. 68
	Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα	σελ. 68
2.6.ζ	Βέλτιστο σημείο λειτουργίας των Φ/Β πάνελ	σελ. 70
2.6.η	Το φαινόμενο της νησιδοποίησης	σελ. 71
2.6.θ	Αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος και συντελεστής ισχύος	σελ. 71
2.6.κ	Έγχυση DC ρεύματος	σελ. 73
2.6.λ	Λειτουργία με περιορισμό ισχύος	σελ. 73
2.6.μ	Άλλα χαρακτηριστικά	σελ. 73
2.7.	ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ	σελ. 74
2.8.	ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ	σελ. 76
2.9.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ	σελ. 78
2.10.	ΕΙΔΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΗ	σελ. 78
2.11.	ΓΕΙΩΣΕΙΣ	σελ. 79
2.12.	ΜΕΛΕΤΗ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	σελ 81
2.12.α	Μελέτη Φ/Β εγκατάστασης με Αζιμούθιο -40.....	σελ 81
2.12.β	Μελέτη Φ/Β εγκατάστασης με Αζιμούθιο 0.....	σελ 91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1.	ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	σελ. 101
3.1.1.	Ορισμός Γεωθερμίας	σελ. 101
3.1.2.	Η Γεωθερμία Γενικά	σελ. 101
3.1.3	Επιφανειακές Εκδηλώσεις θερμότητας της γης	σελ. 103
3.1.4	Κατηγορίες Γεωθερμικών πεδίων	σελ. 104
3.1.5	Παράμετροι αξιοποίησης γεωθερμικών πεδίων	σελ. 104
3.1.6	Βασικοί στόχοι Γεωθερμίας	σελ. 105
3.2.	ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	σελ. 108
3.3.	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (GROUND SOURCE HEAT PUMPS)	σελ. 109
3.3.α	Γενικά για τις αντλίες θερμότητας.....	σελ 109
3.3.β	Αρχή του κύκλου συμπίεσης του ατμού.....	σελ 111
3.4.	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΑΘ	σελ. 112

3.4.1	<i>Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας</i>	σελ. 112
3.4.2	<i>Κατηγορίες Γεωθερμικών Αντλιών Ανάλογα με την Δεξαμενή Θερμότητας που Λειτουργούν</i>	σελ. 113
3.4.3	<i>ΓΑΘ Συνδεδεμένες με το Υπέδαφος (Ground) Coupled Heat Pumps)</i>	σελ. 114
3.4.4	<i>Κάθετα Συστήματα ΓΑΘ Κλειστού Κυκλώματος</i>	σελ. 115
3.4.5.	<i>Οριζόντια Συστήματα ΓΑΘ Κλειστού Κυκλώματος</i>	σελ. 116
3.5.	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	σελ. 119
3.6.	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΑΘ.....	σελ 119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 120
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ 122

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

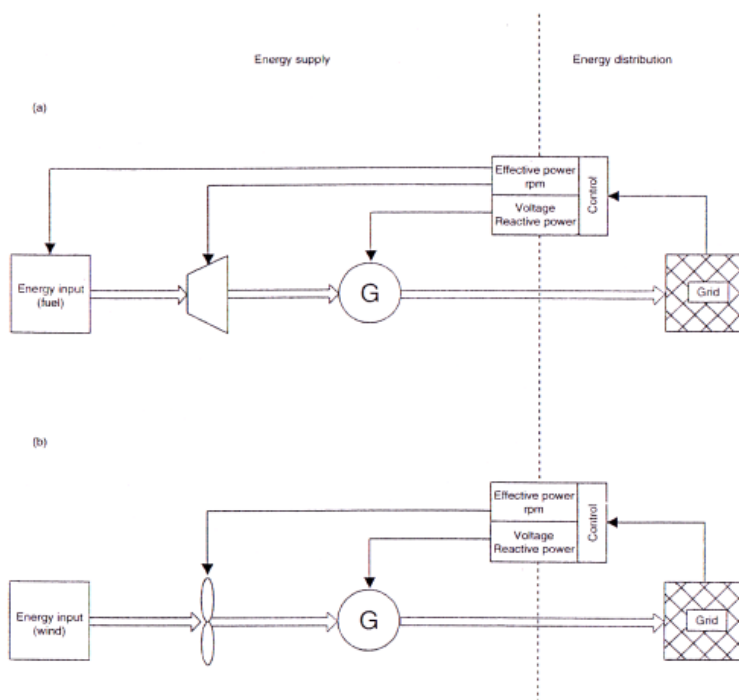
1.1.1. Ιστορική Αναδρομή

1.1.1.α Ανεμογεννήτριες

Από τα αρχαία χρόνια, υπήρχε η ανάγκη για εκμετάλλευση των φυσικών πόρων της γης. Έτσι μέσα στα χρόνια και με την πρόοδο της τεχνολογίας φτάσαμε στο σήμερα, όπου μπορούμε να πούμε ότι έχουμε καταφέρει να εκμεταλλευτούμε σε κάποιο βαθμό τους πόρους αυτούς. Έχοντας πλέον ιεραρχήσει με βάση την υπάρχουσα τεχνολογία, καταλήγουμε στις παρακάτω ΑΠΕ ως πιο προσβάσιμες προς εκμετάλλευση. Έτσι παραθέτουμε μια ιστορική ανάδρομη για τα βασικότερα είδη ΑΠΕ.

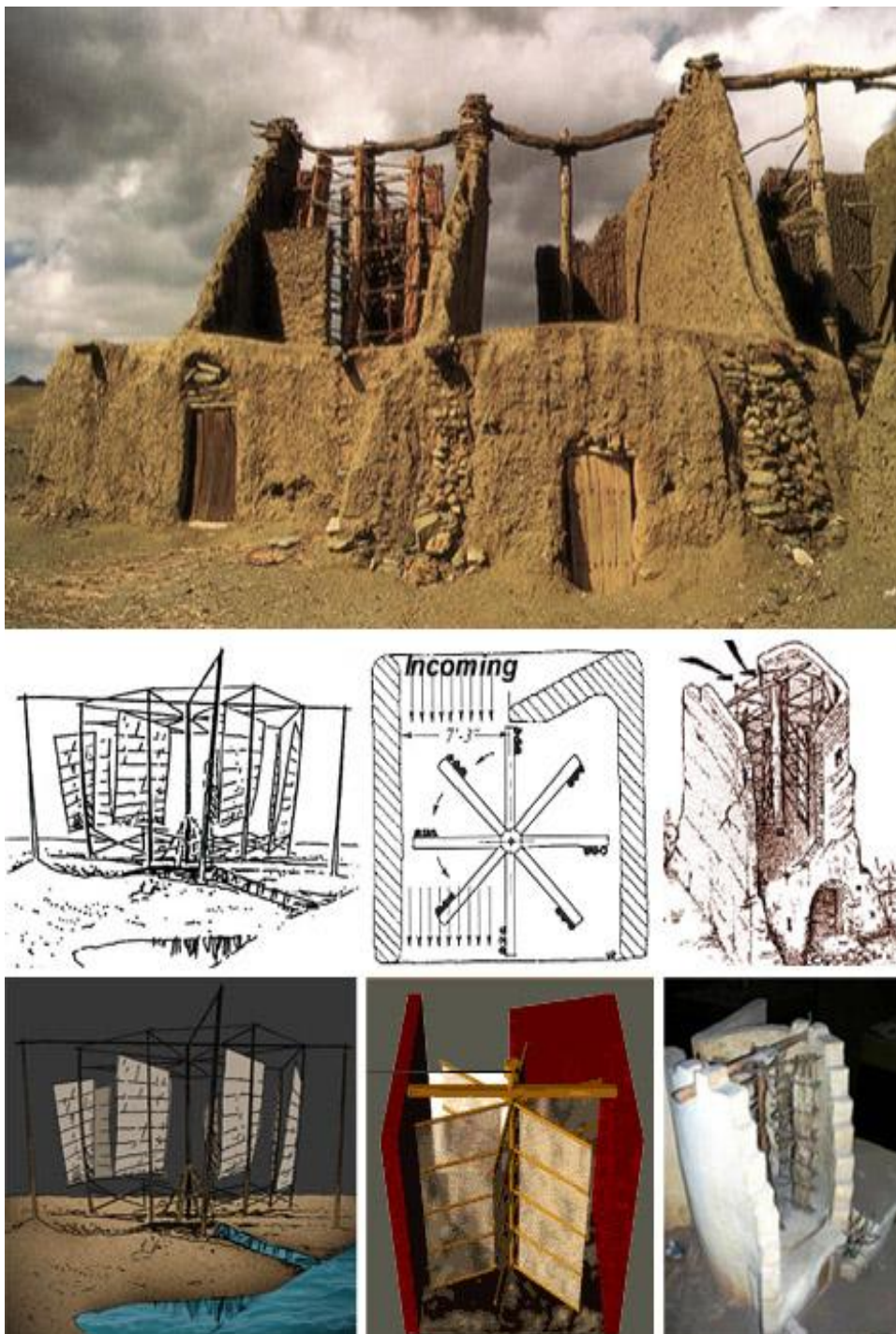
Για χιλιάδες χρόνια την ανθρωπότητα την απασχολούσε η πρόκληση της εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Το όνειρο να αψηφήσεις το θεό Αίοιο και να δαμάσεις τη δύναμη της καταιγίδας ήταν κάτι που κρατούσε για χρόνια τους ερευνητές απασχολημένους. Η ανάγκη και η διαρκής αναζήτηση του ανθρώπου να εξερευνήσει πέρα από τα σύνορα του τότε γνωστού κόσμου, τον υποχρέωσε στην αναζήτηση καινοτόμων τεχνολογιών. Με την πάροδο των χρόνων και με τις συνεχείς ανακαλύψεις, αυτή η εξέλιξη έπαιρνε πνοή.

Αρχαιολογικές ανακαλύψεις αναφορικά με τη χρήση της αιολικής ενεργείας προμηνούν την έναρξη μιας νέας εποχής. Οι ρίζες τους βρίσκονται στην Εγγύς και τη Μέση Ανατολή. Αποδεδειγμένα στοιχεία για τη χρήση των ανεμογεννητριών (Α/Γ) έχουμε από τον 10^ο αιώνα στην Περσία (εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1

Οι τεχνικές κατασκευής εκείνης της εποχής έκαναν χρήση του κάθετου άξονα. Τέτοιου τύπου ανεμόμυλοι βρίσκονταν συνήθως στις αραβικές χώρες (εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2

Προφανώς η τεχνολογία των ανεμόμυλων έφτασε στην Ευρώπη μέσω των σταυροφοριών. Η πρώτη φορά που εμφανίζονται οριζοντίου άξονα ανεμόμυλοι με τη μορφή πλαγιαστών πτερυγίων είναι στις αρχές του μεσαίωνα (εικόνα 1.3 α, β).



Εικόνα 1.3α



Εικόνα 1.3β

Η χρήση της αιολικής ενέργειας στη δυτική Ευρώπη ξεκίνησε σε ευρεία κλίμακα στη Αγγλία και την Ολλανδία στο μεσαίωνα. Οι τεχνικά αρτιότεροι ανεμόμυλοι αγγλικού (εικόνα 1.4) και δανέζικου τύπου (εικόνα 1.5) χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τη αρωγή και την άντληση νερού.



Εικόνα 1.4



Εικόνα 1.5

Περισσότερες από 200.000 από αυτές τις ξύλινες κατασκευές κτίστηκαν σε ολόκληρη τη βορειοδυτική Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας, μακράν, τη μεγαλύτερη αναλογικά εκμετάλλευση ενέργειας, με τεχνητά μέσα σε αυτή την περιοχή. Στο ξεκίνημα του 20^{ου} αιώνα περίπου 20.000 ανεμόμυλοι ήταν ακόμα σε χρήση στη Γερμανία.

Από το 19^ο αιώνα και μετά κυρίως στην Αμερική ο επονομαζόμενος τύπος Α/Γ “western wheel” διαδόθηκε ευρέως (εικόνα 1.6).

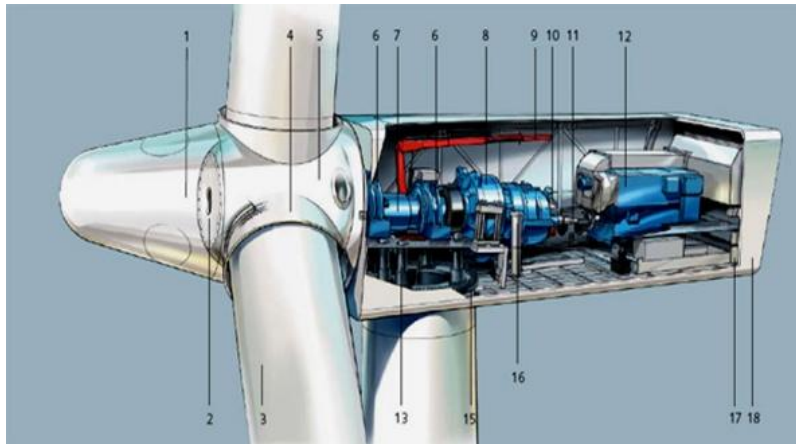


Εικόνα 1.6

Προς το τέλος της δεκαετίας του '30 περίπου 8 εκατομμύρια μονάδες εγκαταστάθηκαν αντιπροσωπεύοντας μια τεράστια οικονομική ανάπτυξη.

Ορόσημα στην ανάπτυξη των ανεμογεννητριών

Η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθεί μια Α/Γ, με αεροδυναμικά σχηματισμένο έλικα, για την παραγωγή ηλεκτρισμού έγινε πριν από μισό αιώνα. Από τότε, εκτός από το σχεδιασμό και την κατασκευή μεγάλων εγκαταστάσεων στη δεκαετία του '40, από τους γερμανούς μηχανικούς Kleinhenz (εικόνα 1.7) και Honnef (εικόνα 1.8) και των πιλοτικών εγκαταστάσεων των αμερικανών Smith και Putnam (1250 kW ονομαστική έξοδος, 53m διάμετρος, 1941), αξίζει να σημειωθούν

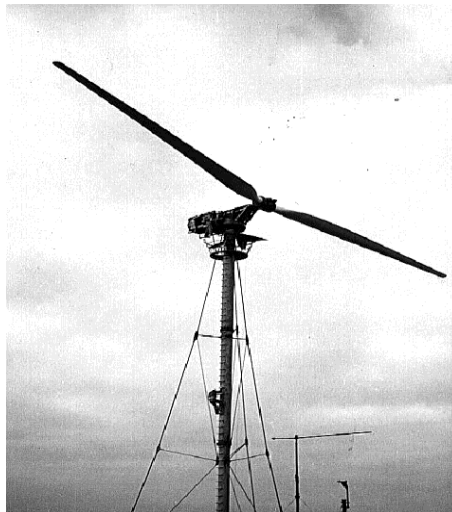


Εικόνα 1.7



Εικόνα 1.8

η Α/Γ του Gedser στην Ολλανδία (200 kW ονομαστική έξοδος, 24m διάμετρο, 1957) και η Α/Γ του Hütter W 34 (100 kW ονομαστική έξοδο, 34m διάμετρος, 1958) (εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9

Ο γερμανός κατασκευαστής Allgaier ξεκίνησε την μαζική παραγωγή των Α/Γ στις αρχές του 1950. Ήταν σχεδιασμένες να τροφοδοτούν συγκροτήματα που ήταν μακριά από το δημόσιο δίκτυο. Σε παράκτιες περιοχές αυτές οι Α/Γ ήταν της τάξεως των 10 KW ενώ στα

νησιά των 6 KW μονάδες αντίστοιχα. Τα αεροδυναμικά σχεδιασμένα πτερύγια, τα οποία ήταν 10m σε διάμετρο, μπορούσαν να ρυθμιστούν στο διαμήκη άξονα για να ελέγξουν την δύναμη που δεχόντουσαν από τον άνεμο. Ακόμα και σήμερα, μετά από 50 χρόνια συνεχούς λειτουργίας, μερικές από αυτές τις Α/Γ είναι σε χρήση με πλήρη λειτουργικότητα (εικόνα 1.10).



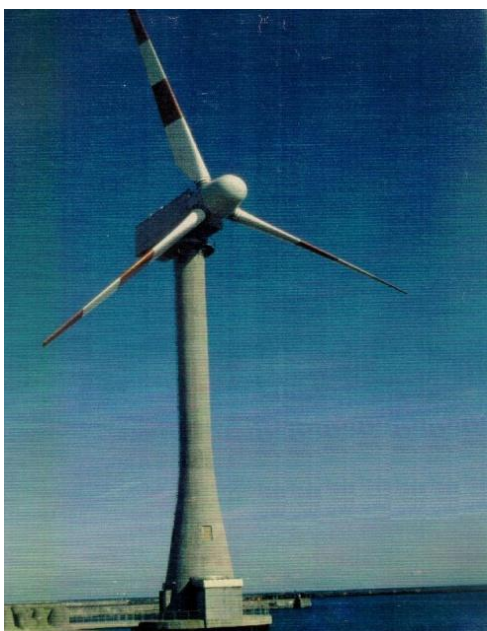
Εικόνα 1.10

Μετά την δεκαετία του 60 στις Η.Π.Α, φθηνότερα ορυκτά καύσιμα έκαναν την αιολική ενέργεια να μην έχει ενδιαφέρον. Μόνο κατά την δεκαετία του '70 επανήλθε στο προσκήνιο λόγω της αύξησης της τιμής των καυσίμων. Μερικές πολιτείες ανέπτυξαν πειραματικά εργοστάσια σε διαφορετικά μεγέθη. Συγκεκριμένα στην Αμερική, Σουηδία και στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας, Α/Γ με έξοδο της τάξεως των MW, προσέλκυσαν την μεγαλύτερη προσοχή με εξαίρεση της Αμερικανικής Α/Γ mod 2 (εικόνα 1.11).



Εικόνα 1.11

Παρόλο τα πολλά και διάφορα προβλήματα στις πιλοτικές εγκαταστάσεις, ήταν φανερό ακόμα και τότε ότι οι τεχνικές λύσεις που θα ερχόντουσαν μελλοντικά, θα επέτρεπαν την αξιόπιστη λειτουργία της ευρείας χρήσης της Α/Γ. Τα συστήματα δεύτερης γενιάς, τάξεως MW όπως τα WKA-60 (εικόνα 1.12) και AEOLUS 2 (εικόνα 1.13), επιβεβαίωσαν αυτήν την προσδοκία κυρίως στην πολιτεία της Καλιφόρνια. Επίσης στην Δανία, Ολλανδία και Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας, είχαν γίνει φιλότιμες προσπάθειες ανεξάρτητα από την ανάπτυξη των μεγάλων Α/Γ, για την χρήση της αιολικής ενέργειας ώστε να τροφοδοτεί το δίκτυο σε μεγάλη κλίμακα.



Εικόνα 1.12



Εικόνα 1.13

Την δεκαετία του '80 οι Α/Γ συνολικής ισχύος περίπου των 1500 MW εγκαταστάθηκαν στην Καλιφόρνια. Στα αρχικά στάδια χρησιμοποιήθηκαν Α/Γ των 50 KW.

Κλιμακωτά οι Α/Γ πέρασαν από τις κατηγορίες των 100, 150 και 250 KW στα 500 και 600 KW, το οποίο οδήγησε σε αιολικές φάρμες με Α/Γ της τάξεως των MW. Αυτή η ανάπτυξη έκανε την μαζική παραγωγή εφικτή. Το σταδιακά αυξανόμενο μέγεθος της Α/Γ χρησιμοποιώντας σχέδια από εντελώς διαφορετικούς τύπους και κόστος, μας οδήγησε σε μία ανάπτυξη των μηχανών στις τάξεις των 500 KW και 1 MW, οι οποίες είναι αξιοσημειώτες για την ευνοϊκή αναλογία κόστους επένδυσης και απολαβών. Ο κάθε κατασκευαστής ξεχωριστά, διαλέγει διαφορετικό δρόμο στην αγορά σε σχέση με αυτή την νέα τάση. Η Neg Micon (εικόνα 1.14) έχει διατηρήσει την κλασική Δανική Α/Γ με έλεγχο ισχύος, με απώλειες στήριξης (stall –regulated) και με μια ασύγχρονη γεννήτρια συνδεδεμένη στο δίκτυο για ισχύ τάξεως μέχρι 1,5 MW. Οι Nordex (εικόνα 1.15), οι Vestas (εικόνα 16, οι Bonus (εικόνα 1.17) όπως επίσης και οι GE/Tacke (εικόνα 1.18) έχουν αλλάξει την δομή της Α/Γ σε διαφορετικά τάξεως μεγέθη, όσον αφορά τα συστήματα και τις ρυθμίσεις της (καθυστέρηση, pitch).



Εικόνα 1.14



Εικόνα 1.15



Εικόνα 1.16



Εικόνα 1.17



Εικόνα 1.18

Στις μέρες μας συστήματα των 3 έως 5 MW από επώνυμους κατασκευαστές, λειτουργούν ως πρωτότυπα είναι διαθέσιμα στην αγορά.

Μια καινοτομία ήταν η ανεμομηχανή (Α/Μ) μιας ταχύτητας. Αρκετές προσπάθειες έγιναν ώστε να εισαχθούν και να εδραιωθούν στην αγορά μικρές, υψηλής ταχύτητας, οριζοντίου άξονα Α/Μ με απευθείας οδήγηση γεννήτριας. Μέχρι τώρα αυτές οι προσπάθειες είχαν μεγάλη επιτυχία. Σύγχρονες μηχανές με μόνιμο μαγνητισμό, οδηγούμενες από την Α/Μ χρησιμοποιούνται συνήθως για φόρτιση μπαταριών. Η επιτυχία αυτών των συστημάτων είχε τις ρίζες της στον ελκυστικό σχεδιασμό και στην χαμηλή τιμή καθώς επίσης και στην πολύ απλή εγκατάσταση.

Σε κάποιο βαθμό εταιρίες οι οποίες μπήκαν στην μαζική παραγωγή Α/Μ κατάφεραν να επωφεληθούν από τις εξελίξεις και τις τεχνικές, με αποτέλεσμα οι πρώτες προσπάθειες να ξεπεράσουν τα ήδη υπάρχοντα συστήματα κατασκευαστών. Η Dewind ξεκίνησε την ανάπτυξη της, από μία Α/Μ των 600 KW (εικόνα 1.19) με ρυθμιζόμενα πτερύγια και μία πολλαπλών ταχυτήτων γεννήτρια (Ασύγχρονης διπλής τροφοδότησης), η οποία δεν θα μπορούσε να παραχθεί με οικονομικό τρόπο νωρίτερα και είναι πλέον η αγαπημένη των κατασκευαστών. Στην συνέχεια ακολούθησαν συστήματα του ενός και δύο MW.



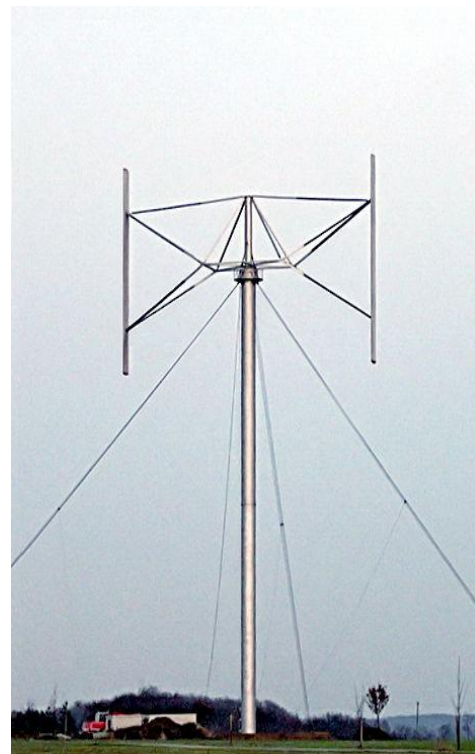
Εικόνα 1.19

Η ανάπτυξη των Α/Μ έγινε κυρίως από μετρίου μεγέθους εταιρίες. Μικρότεροι κατασκευαστές έχουν οικονομικά όρια στην ανάπτυξη των συστημάτων αυτών. Οι 1,5 MW Α/Γ ασύγχρονης διπλής τροφοδότησης, που αναπτύχθηκε από την PRO + PRO για τους κατασκευαστές της BWU, Fuhrlander, Jacobs Energie και Sundwind/Nordex ανοίγουν νέες αναπτυξιακές και οικονομικές δυνατότητες, για μικρότερες επιχειρήσεις στο πεδίο των μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεων.

Οι επονομαζόμενες τύπου Δαρείου μηχανές κάθετου άξονα, είναι πολύ απλές στην κατασκευή τους. Η αρχική τους μορφή είχε μια γεννήτρια με επιλογέα ταχυτήτων (εικόνα 1.20). Οι διαφοροποιήσεις στην μορφή της επονομαζόμενης H-Darrieus μηχανής χωρίς ταχύτητες στα 400 KW, σχεδιάστηκαν αρχικά με περιστρεφόμενους πύργους και μεγάλες πολλαπλές γεννήτριες στο έδαφος (εικόνα 1.21). Η περαιτέρω ανάπτυξη οδήγησε σε μηχανές με τρίποδα και δακτυλιοειδής γεννήτριες στην κεφαλή. Αυτά τα είδη δεν κατάφεραν να εδραιωθούν ευρέως στην αγορά της αιολικής ενέργειας.

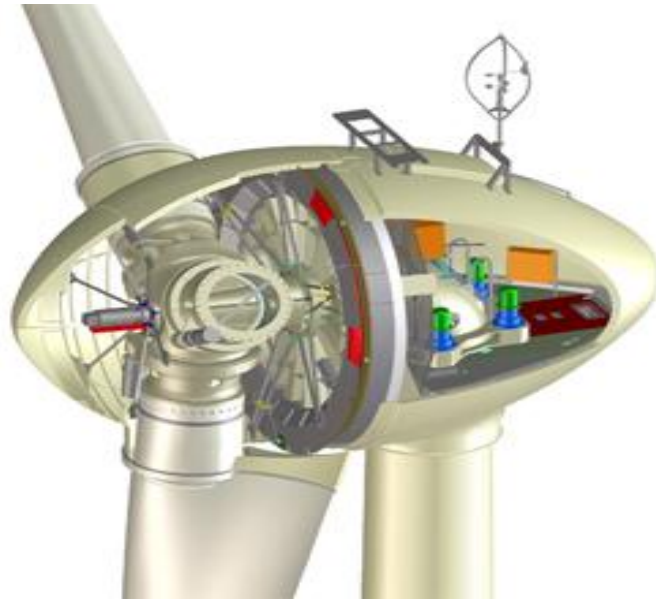


Εικόνα 1.20



Εικόνα 1.21

Η Enercon E-40 οριζοντίου άξονα μηχανή ήταν το πρώτο σύστημα στα 500 KW με απευθείας οδήγηση, που εδραιώθηκε στην αγορά με μεγάλη επιτυχία αλλά για μικρό χρονικό διάστημα. Στην εικόνα 1.22 βλέπουμε την σχηματική δομή του σώματος της μηχανής.



Εικόνα 1.22

Στην συνέχεια τα μοντέλα E-30, E-40, E-58, E-66, E-112 της Enercon χωρίς ταχύτητες παρήχθησαν ως εξέλιξη των μοντέλων με ταχύτητες και stall-regulated όπως τα μοντέλα E-15, E-16, E-17, E-18. Παράλληλα με μικρή καθυστέρηση έγινε η μετάβαση από thyristor σε inverter παλμού. Αυτή η διάταξη συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των πολλαπλών ταχυτήτων με αυτές των χαμηλών αρμονικών.

Τέλος, σε αντιπαράθεση με τα συστήματα χωρίς ταχύτητες και ηλεκτρικά εξαρτώμενες από διέγερση σύγχρονες μηχανές (εικόνα 23) περάσαμε στις μόνιμου μαγνητισμού μηχανές, οι οποίες επιτρέπουν την κατανομή περισσότερων ζευγών πόλων στον ρότορα ή στον στάτη. Με την χρήση υψηλής ποιότητας μόνιμων μαγνητισμένων υλικών και με την συγκεκριμένη διάταξη επιτύχαμε την υψηλή αποδοτικότητα και ταυτόχρονα, για αρκετά χρόνια, λειτουργία χωρίς λάθη. Τέτοιες μηχανές χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

1.1.1.β Φωτοβολταϊκά

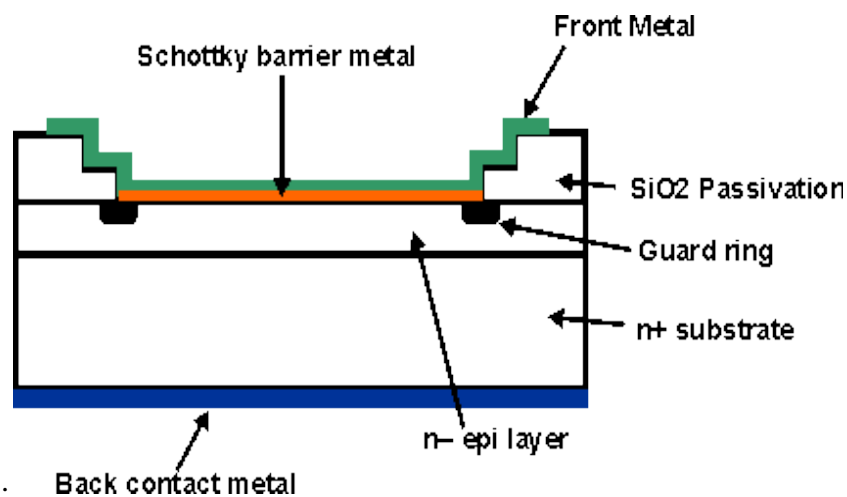
Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από το Γαλλο φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839, ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Ειδικότερα ο Γάλλος φυσικός ανακάλυψε το φωτοβολείται φαινόμενο κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια. Οι αμερικανοί Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου είχαν κάνει επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή τη περίπτωση ήταν μόνο 1%.

Η πρόοδος πάνω στα φωτοβολταϊκα συνεχίστηκε με αμείωτο ενδιαφέρον έτσι το 1883 ο Charles Frits ένας αμερικανός εφευρέτης σχεδίασε τα πρώτα ηλιακά κελιά φτιαγμένα από σελήνιο. Το 1887 Heinrich Hertz ανακάλυψε ότι το υπέρυθρο φως μπορεί να αναπτύξει χαμηλή τάση ικανή να δημιουργήσει ηλεκτρικό σπινθήρα δηλαδή ρεύμα μεταξύ δυο μεταλλικών ηλεκτροδίων.

Το 1905 ο ΑAlbert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση φωτονίου). Το 1949 οι Αμερικανοί Shockley, Bardeen και Brattain

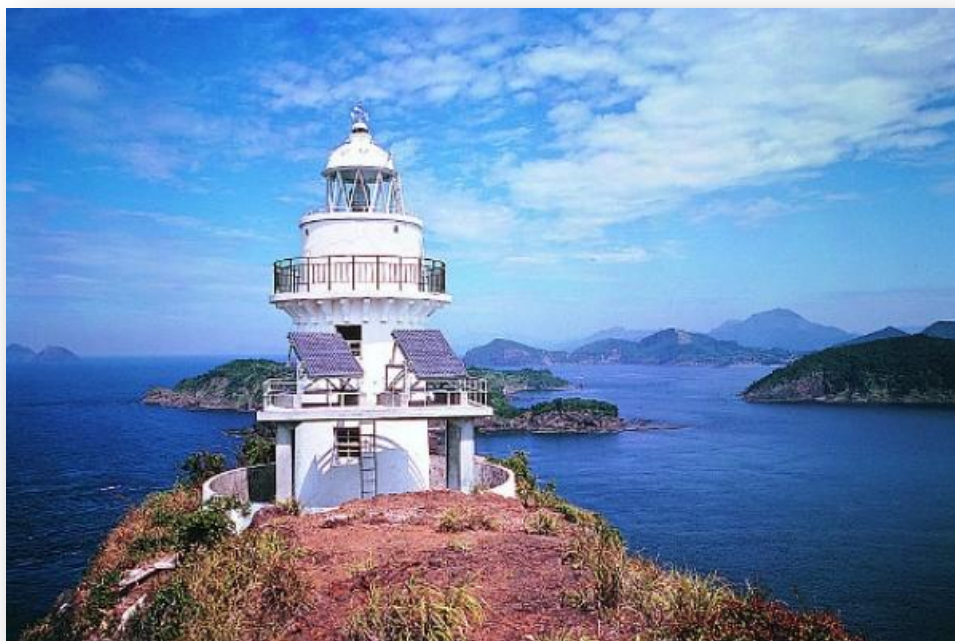
ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγικών υλικών. Το πρώτο φωτοβολταϊκό με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956 ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο το οποίο λειτούργησε με απόδοση του 10%. Το 1916 ο Millikan προχώρησε σε πειραματική απόδειξη του φωτοηλεκτρικού φαινομένου ενώ το 1918 ο Πολωνός Czochralski πρόσθεσε τη μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τη σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα.

Μια ακόμα σημαντική ανακάλυψη έγινε και αργότερα, συγκεκριμένα το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν τη θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης (εικόνα 1.23). Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει και το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson με απόδοση στο 6% όπως έχει προαναφερθεί, εκμεταλλευόμενο τη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 1.23

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος προήγαγε εξαιρετικές προοπτικές για τη χρήση των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Το 1958, 108 ηλιακά κύτταρα είχαν σταλεί στο διάστημα για δοκιμή. Η σύνδεση σε σειρά άρχισε αργότερα σε μικρότερο αριθμό. Το 1962 η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στο κόσμο γίνεται στη Ιαπωνία από την Sharp, σε ένα φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242 Watt. (εικόνα 1.24)



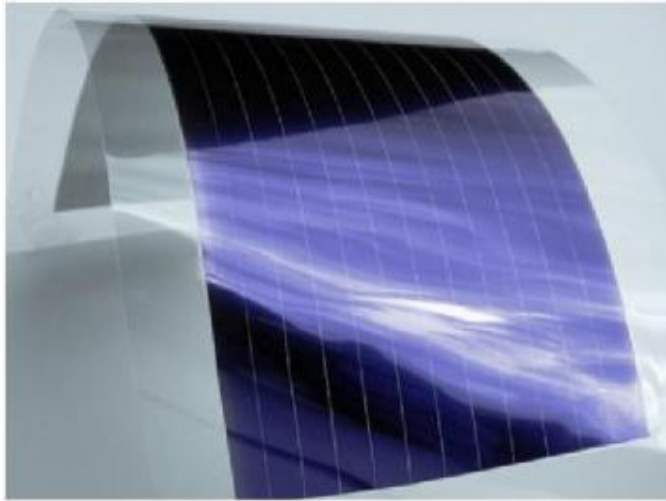
Εικόνα 1.24

Τα φωτοβολταϊκά λοιπόν ξεκίνησαν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των Φ/Β προχωρούσε.

Το 1970 η ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων για διαστημικές εφαρμογές ήταν 500τ.μ. Η επίγεια χρήση ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του 1970, παίρνοντας δυναμική από τη πετρελαϊκή κρίση (1973-74) και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας ερευνητικών μελετών. Προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας ήταν να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με την εύρεση νέων φθηνότερων υλικών. Αυτός ήταν και ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε μεγάλη ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκίνησε από τα 500\$ ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 άγγιξε τα 100\$/watt. Το 1973 οι βελτιώσεις κατέβασαν το κόστος παραγωγής στα 50\$/Watt.

Η πρώτη μεγαλύτερη εγκατάσταση Φ/Β που φτάνει το 1MW γίνεται στη Καλιφόρνια το 1980 από την ARCO solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και συστήματα παρακολούθησης της τροχιάς του Ήλιου 2 αξόνων (dual-axis trackers). Η εξέλιξη αρχίζει να γίνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς. Το 1983 η παγκόσμια παραγωγή φτάνει στα 22MW και ο συνολικός τζίρος ανέρχεται στα 250.000.000\$.

Το 1999 η εταιρεία Spectrolab σε συνεργασία με την NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films (εικόνα 1.25) φτάνει στο 18,8% η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των Φ/Β φτάνει συνολικά παγκοσμίως τα 200MW.



Εικόνα 1.25

Σήμερα τα φωτοβολταικα έχουν γίνει κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Η απόδοση τους σήμερα κυμαίνεται από 12% έως 18% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς. Το 2004 η πορεία είναι ασταμάτητη και η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στο χώρο φέρνει τη μαζική παραγωγή και αυτή με τη σειρά τη τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή των Φ/Β πάνελ και πλέον σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες αρχίζουν με τον έναν ή με τον άλλο τρόπο να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στη συνείδηση επενδυτών και καταναλωτών ενεργείας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200MW φωτοβολταϊκών στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα 6.500.000.000\$.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (solar cells) είναι συσκευές παράγωγης ηλεκτρισμού κατασκευασμένες από ημιαγωγά στοιχεία. Ως κύριος ημιαγωγός χρησιμοποιείται το πυρίτιο και προσμίξεις του με φώσφορο(N-type) και βόριο (P-type). Ένα τυπικό Φ/Β στοιχείο συνίσταται από ένα πολύ λεπτό στρώμα πυριτίου P-type που παρουσιάζει έλλειψη ηλεκτρονίων. Στη επιφάνεια επαφής των δυο υλικών, που αναφέρεται και ως junction (έγχυση) δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Με την επίδραση ηλιακού φωτός στο Φ/Β στοιχείο η ενέργεια του συστήματος αυξάνει, κάποια ηλεκτρόνια ελευθερώνονται και μεταπηδούν από το N στο P στρώμα για να ανακαλύψουν τις κενές θέσεις (οπές). Αποτέλεσμα της παραπάνω κίνησης είναι η εμφάνιση συνεχούς ρεύματος.

1.1.1.γ Γεωθερμία

*Ας δημιουργήσουμε εμείς,
όσο η βαστάει ακόμα η
θερμοκρασία τούτης της γης...*

Νίκος Καζαντζάκης-Ασκητική

Η παρουσία ηφαιστειών, θερμών πηγών και άλλων επιφανειακών εκδηλώσεων θερμότητας είναι αυτή που οδήγησε τους προγόνους μας στο συμπέρασμα ότι το εσωτερικό της γης είναι θερμό. Όμως μόνο κατά την περίοδο μεταξύ του 16^{ου} και 17^{ου} αιώνα όταν δηλαδή κατασκευάστηκαν τα πρώτα μεταλλεία τα οποία ανορύχθηκαν σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, οι άνθρωποι, με την βοήθεια κάποιων απλών φυσικών παρατηρήσεων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμοκρασία της γης αυξάνεται ανάλογα με το βάθος.



Θερμός Πίδακας (Εικόνα 1.26)

Η γεωθερμική ενέργεια και τα θερμά νερά ήταν γνωστά στην αρχαία Ελλάδα. Οι θερμές πηγές θεωρούνταν στην αρχαιότητα ότι είχαν θεραπευτικές ιδιότητες και γι' αυτό τα Ασκληπιεία και άλλοι ιεροί χώροι (π.χ. ναοί) βρίσκονταν κοντά σ' αυτές.

Σημαντικές είναι οι αναφορές του Ιπποκράτη (460-375 π.χ.) για τις ευεργετικές επιδράσεις των θερμών νερών. Υπάρχουν πολλές παραστάσεις, κυρίως σε αγγεία, που συνδέουν τις θερμές πηγές με τη χρήση του νερού για ιαματικούς σκοπούς, ακόμη και για θρησκευτικούς. Η χρήση των φυσικών θερμών ρευστών ήταν γνωστή και στους αρχαίους ανατολικούς λαούς, στην Κίνα και την Ιαπωνία, με πληθώρα μαρτυριών στη μυθολογία και την ιστορία τους, καθώς και στους παλαιούς γηγενείς κατοίκους της Αμερικής πριν από χιλιάδες χρόνια. Οι Ετρούσκοι και οι Ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν τα θερμά νερά όχι μόνο για ιαματικούς σκοπούς αλλά και για τη θέρμανση οικιών. Ο Γαληνός (2ος αι. μ.Χ.), εκτός από τις συχνές αναφορές στα έργα του για την ευεργετική αξία των θερμών λουτρών, προσέφερε και φρούτα εκτός εποχής στους καλεσμένους του, τα οποία παρήγαγε προφανώς σε κάποια στοιχειώδη θερμοκήπια.

Όσον αφορά το εξωτερικό οι θερμές πηγές νερού χρησιμοποιούνταν για λουτρά από αρχαιοτάτους χρόνους. Το παλαιότερο γνωστό -αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο όρος- Spa που έχει βρεθεί είναι η πέτρινη πισίνα στο βουνό Lisan της Κίνας που χτίστηκε κατά τη δυναστεία Qin τον 3ο αιώνα π.Χ., στο ίδιο σημείο που χτίστηκε αργότερα το παλάτι Huaqing Chi.



(εικόνα 1.27)

(Η παλαιότερη πισίνα που έχει βρεθεί και τροφοδοτούνταν από θερμή πηγή κατασκευάστηκε τον 3ο αιώνα π.Χ. από τη δυναστεία των Qin)

Τον 1ο αιώνα μ.Χ. όταν οι Ρωμαίοι κατέκτησαν την Αγγλία και συγκεκριμένα τις περιοχές κοντά στη σημερινή πόλη Bath χρησιμοποίησαν τις θερμές πηγές για τα δημόσια λουτρά αλλά και για επιδαπέδια θέρμανση. Το κόστος χρήσης των συγκεκριμένων λουτρών θεωρητικά είναι η πρώτη εμπορική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας.

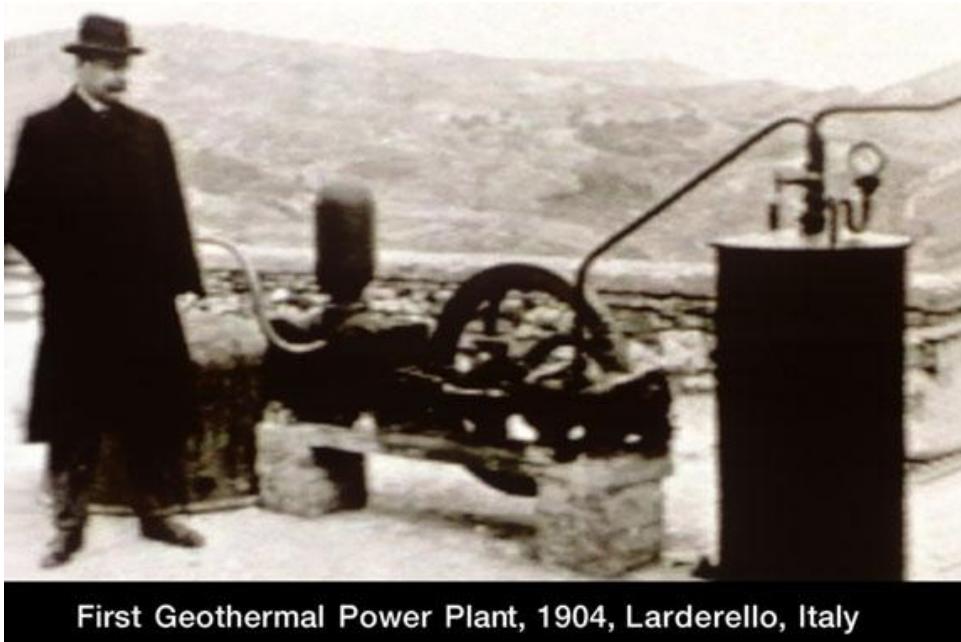


(Εικόνα 1.28)

(Αποψη γεωθερμικής πηγής μοναδικής για τη Βρετανία που κατασκευάστηκε από τους Ρωμαίους στην σημερινή πόλη Bath. Ονομαζόταν *Aquae Sulis* και ήταν λουτρό αλλά και ιερός προσκυνήματος τόπος αφιερωμένος στη θεά της σοφίας και των επιστημών *Minerva*)

Το παλιότερο σύστημα γεωθερμικής θέρμανσης που έχει βρεθεί είναι στην περιοχή *Chaudes-Aigues*, στη Γαλλία, το οποίο λειτουργούσε το 14ο αιώνα μ.Χ.

Στη σύγχρονη εποχή, η πρώτη βιομηχανική αξιοποίηση της γεωθερμίας πραγματοποιήθηκε στο Larderello της Ιταλίας, όπου από τις αρχές του 19ου αιώνα χρησιμοποιούνταν υπέρθερμος ατμός για την παραγωγή βορικού οξέος και για τη θέρμανση κτιρίων.



(Εικόνα 1.29)

Στην ίδια περιοχή, το 1904, έγινε η πρώτη επιτυχημένη προσπάθεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρήση φυσικών ατμών, που έβγαιναν με πίεση. Σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος.

Η πρώτη συστηματική αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών για θέρμανση χώρων, θερμοκηπίων και κτιρίων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1920 στην Ισλανδία. Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της Ισλανδίας (και ολόκληρη η πρωτεύουσα Ρέικιαβικ) θερμαίνονται με γεωθερμικά ρευστά, ενώ υπάρχει και πλήθος άλλων εφαρμογών (παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση θερμοκηπίων και πισίνων, υδατοκαλλιέργειες, ξήρανση ορυκτών κ.ά.). Εδώ αξίζει να σημειωθεί, πως λόγω της μη χρήσης πετρελαίου για θέρμανση το Ρέικιαβικ θεωρείται πως έχει την καθαρότερη ατμόσφαιρα πρωτεύουσας του κόσμου.



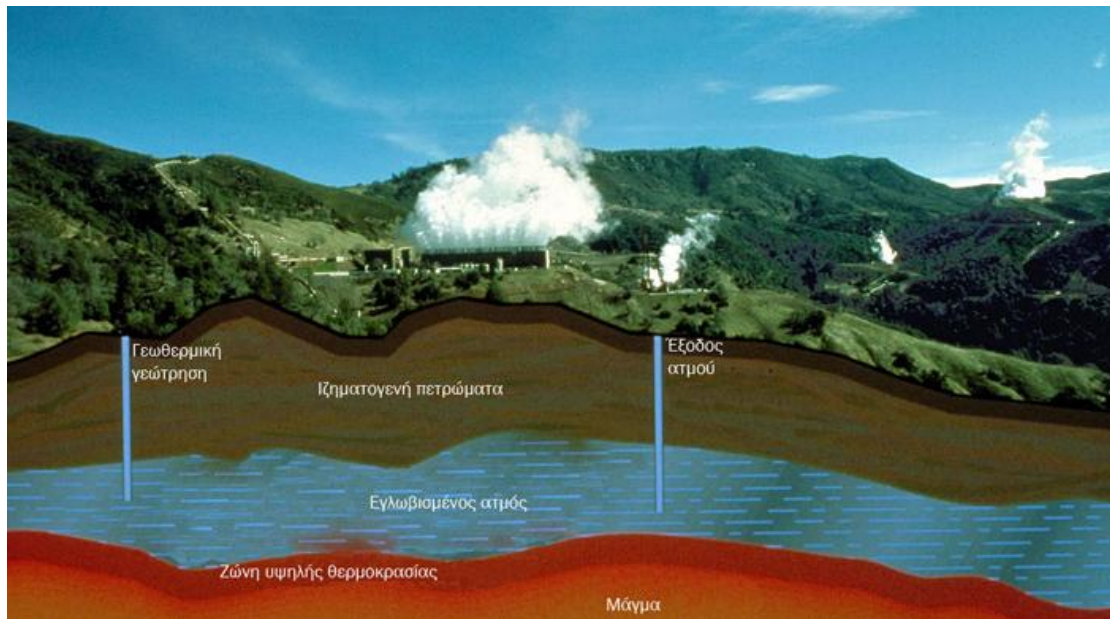
Θερμός Πίδακας (Ρέικιαβικ)
(Εικόνα 1.30)

Το 1922 η πρώτη γεωθερμική μονάδα των ΗΠΑ, πέρασε στην ιστορία για την παραγωγή 250 κιλοβάτ η οποία θα μπορούσε να ανάψει τα φώτα στους δρόμους και να τροφοδοτήσει τα κτίρια της περιοχής. Το εργοστάσιο, όμως, δεν είναι ανταγωνιστικό λόγω της μικρής ισχύος σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας, και σύντομα πέφτει σε αχρηστία.



Γεωθερμική μονάδα Όρεγκον (Εικόνα 1.31)

Σήμερα, ο αριθμός των χωρών που έχουν εμπλακεί στη γεωθερμική ενέργεια, με εκμετάλλευση της θερμότητας, ξεπερνά τις 70. Στην ηλεκτροπαραγωγή, εκτός από την Ιταλία, έχουν εμπλακεί η Ν. Ζηλανδία, οι Η.Π.Α., η Ιαπωνία, το Μεξικό, οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία και αρκετές χώρες της Κεντρικής Αμερικής αλλά και της Αφρικής (Κένυα) ενώ στην Ευρώπη η Γαλλία και Γερμανία, Ισπανία, Πορτογαλία, Ουγγαρία, Σλοβακία Ελλάδα αλλά και η γείτονα χώρα Τουρκία.



(Εικόνα 1.32)

(Η μεγαλύτερη γεωθερμική ηλεκτροπαραγωγική μονάδα στον κόσμο "The Geysers" στην Καλιφόρνια. Σχηματικά βλέπετε την τομή της περιοχής. Ο καπνός που φαίνεται στο εργοστάσιο είναι απλά ατμός από το νερό που εξατμίζεται)

Τα πρωτεία παγκοσμίως κρατούν οι Ηνωμένες Πολιτείες που για το 2010 ηγούνται στη γεωθερμική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με 3.086 MW εγκατεστημένης ισχύος από 77 σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η μεγαλύτερη ομάδα των γεωθερμικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στον κόσμο, βρίσκεται στην Καλιφόρνια βόρεια του San Francisco και ονομάζεται "The Geysers". Πρόκειται για ένα συγκρότημα 22 βιομηχανικών μονάδων παραγωγής ενέργειας που συγκεντρώνουν γεωθερμική ενέργεια από 350 σημεία.

Οι Φιλιππίνες ακολουθούν τις ΗΠΑ ως ο δεύτερος μεγαλύτερος παραγωγός γεωθερμικής ενέργειας στον κόσμο καλύπτοντας με αυτόν τον τρόπο περίπου το 18% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια.

Κατά το 2005, 72 χώρες έχουν αναπτύξει γεωθερμικές εφαρμογές χαμηλής-μέσης θερμοκρασίας, κάτι που δηλώνει σημαντική πρόοδο σε σχέση με το 1995, όταν είχαν αναφερθεί εφαρμογές μόνο σε 28 χώρες. Η εγκατεστημένη θερμική ισχύς γεωθερμικών μονάδων μέσης και χαμηλής θερμοκρασίας ανήλθε το 2007 στα 28268 MWt, παρουσιάζοντας αύξηση 75% σε σχέση με το 2000, με μέση ετήσια αύξηση 12%. Αντίστοιχα, η χρήση ενέργειας αυξήθηκε κατά 43% σε σχέση με το 2000 και ανήλθε στα 273.372 TJ (75.940 GWh/έτος).

Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος με γεωθερμική ενέργεια το 2008 γινόταν σε 24 χώρες. Το 2007 η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στα 9735 MWe, σημειώνοντας αύξηση περισσότερων από 800 MWe σε σχέση με το 2005

Η Γεωθερμία στην Ελλάδα

Λόγω κατάλληλων γεωλογικών συνθηκών, ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει σημαντικές γεωθερμικές πηγές και των τριών κατηγοριών (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) σε οικονομικά βάθη (100-1500 μ). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική, από οικονομική άποψη, τη γεωθερμική εκμετάλλευση.

Περιοχές στη χώρα μας που έχουν γεωθερμική ενέργεια είναι τα ηφαιστειακά νησιά του Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Σαντορίνη, Λέσβος, Σαμοθράκη, κ.ά.), πολλές περιοχές στη Μακεδονία και τη Θράκη (Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο, Νέο Εράσμιο, Νέα Κεσσάνη, Τυχερό Έβρου κ.α), καθώς και οι ευρύτερες περιοχές κάθε μιας από τις 56 θερμές πηγές που υπάρχουν στη χώρα μας.

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε ουσιαστικά το 1971 με βασικό φορέα το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών) και μέχρι το 1979 (πριν από τη δεύτερη ενεργειακή κρίση) αφορούσε μόνο τις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών η ΔΕΗ, σαν άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές.

Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές εντονότερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 ερευνήθηκαν οι περιοχές: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και άλλες.

Στην Μήλο και Νίσυρο έχουν ανακαλυφθεί σπουδαία γεωθερμικά πεδία και έχουν γίνει γεωτρήσεις παραγωγής. Στη Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325 °C σε βάθος 1000 m. και στην Νίσυρο 350° C σε βάθος 1500 m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι την τάξης των 200 και 50 MW αντίστοιχα.

Στην Ελλάδα, οι γεωθερμικές εφαρμογές εστιάζονται σε θερμικές χρήσεις με κύριες εφαρμογές τα θερμά και ιαματικά λουτρά (~50%), και τη θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών (~50%). Στην Ευρωπαϊκή ένωση οι θερμικές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας περιλαμβάνουν κυρίως θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων και θερμά λουτρά.



Πίδακας στο Αγκίστρον Σερρών
(Εικόνα 1.34)



Πίδακας στο Δέλτα Νέστου
(Εικόνα 1.35)

Το Σεπτέμβριο του 2002 τέθηκε σε λειτουργία ένα αβαθές γεωθερμικό σύστημα για τον πλήρη κλιματισμό του Νέου Δημαρχείου Πυλαίας στο Νομό Θεσσαλονίκης. Το σύστημα αποτελείται από τον κατακόρυφο γεωεναλλάκτη, έντεκα (11) αντλίες θερμότητας νερού-νερού, τρεις (3) κλιματιστικές μονάδες, τερματικές μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου (fan coils), καθώς και από τα απαραίτητα δίκτυα νερού και αέρα. Η εφαρμογή είναι πρωτοποριακή σε μέγεθος για τον Ελλαδικό χώρο και παρακολουθείται συνεχώς από το Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών (ΕΚΣΔ) του Α.Π.Θ. Επειδή η εφαρμογή χρησιμοποιείται και για ερευνητικούς σκοπούς εγκαταστάθηκε σύστημα συνεχούς καταγραφής δεδομένων (data logger) που καταγράφει τις θερμοκρασίες εισόδου/εξόδου του νερού από το γεωεναλλάκτη καθώς και την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα. Από την επεξεργασία των παραμέτρων που καταγράφονται και καλύπτουν χρονική περίοδο τριών ετών, προκύπτουν ικανοποιητικά συμπεράσματα για την απόδοση και λειτουργία του συστήματος καθώς και συμπεράσματα ευρύτερου ενδιαφέροντος που μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο οδηγό στο σχεδιασμό και λειτουργία παρόμοιων συστημάτων στο μέλλον.

1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Το ενεργειακό πρόβλημα είναι ένα από τα σημαντικότερα και πολυπλοκότερα παγκόσμια προβλήματα. Συνηθίζεται να λέγεται ότι τα ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη εξαντλούνται. Η άποψη αυτή δεν είναι απολύτως ορθή. Όλο το επιστημονικό οικοδόμημα του ανθρώπου στηρίζεται στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Άρα, είναι ορθότερο να λέγεται ότι δεν εξαντλούνται τα ενεργειακά αποθέματα, αλλά εξαντλούνται οι μέθοδοι άντλησης της ενέργειας. Συνεπώς, μια λύση του ενεργειακού προβλήματος είναι η επινοήση νέων μεθόδων άντλησης της ενέργειας, που να μην έχουν τα μειονεκτήματα των σημερινών ή να τα έχουν σε μικρότερο βαθμό. Επομένως, οι νέες μέθοδοι άντλησης της ενέργειας δεν πρέπει να προκαλούν εξαρτήσεις, πολιτικούς, οικονομικούς και πολεμικούς ανταγωνισμούς, δεν πρέπει να εξαντλούνται και πρέπει να είναι οικολογικά καθαρές.

Η πρώτη από τις προσπάθειες αντικατάστασης του πετρελαίου και του άνθρακα βασίστηκε στην πυρηνική σχάση. Εμφανίστηκε για πρώτη φορά μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο σαν λύση καθαρής και φθηνής ενέργειας, όμως δεν επεκτάθηκε όσο αναμενόταν

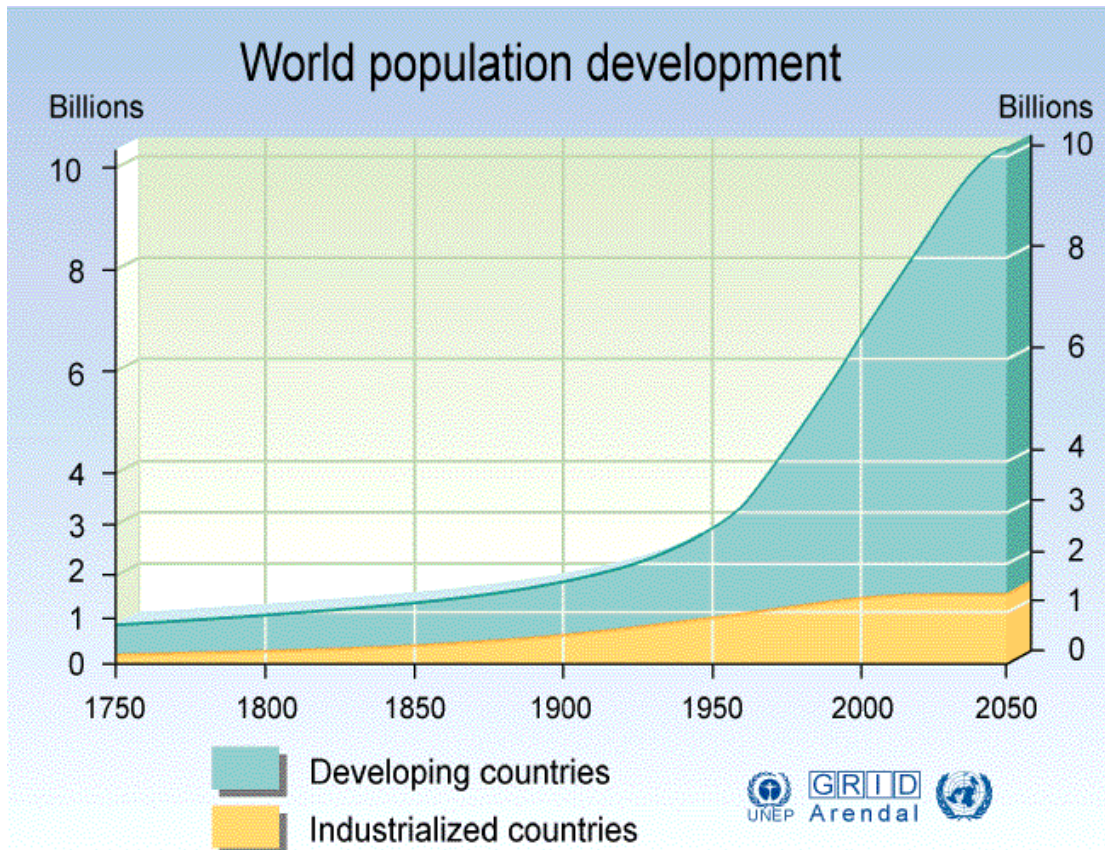
λόγω της αδυναμίας ανεύρεσης αποτελεσματικότερης μεθόδου διαχείρισης των αποβλήτων της καθώς και λόγω ατυχημάτων (Τσέρνομπιλ, Φουκουσίμα) με καταστροφικές συνέπειες για το περιβάλλον και για τον άνθρωπο.

Μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1973, το ενδιαφέρον άρχισε να στρέφεται προς την αξιοποίηση των λεγόμενων ήπιων μορφών ενέργειας. Η ενέργεια από τον ήλιο, τον αέρα, τη βιομάζα και άλλες πηγές δεν έχουν τα προβλήματα των άλλων πηγών ενέργειας που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος. Θεωρείται ότι δεν προκαλούν εξαρτήσεις, είναι πρακτικά ανεξάντλητες και ανανεώσιμες και οικολογικά καθαρές. Οι ήπιες μορφές ενέργειας φαίνεται να ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις, ώστε ν' αποτελέσουν τις κύριες πηγές ενέργειας του μέλλοντος. Η μικρή απόδοση είναι το βασικό μειονέκτημα αυτών των πηγών. Παρά τις θεαματικές τεχνολογικές προόδους, οι μετατροπείς της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια εξακολουθούν να έχουν μικρή απόδοση και θα πρέπει να περάσουν αρκετές δεκαετίες σκληρής ερευνητικής προσπάθειας, μέχρις ότου οι πηγές αυτές καταστούν ικανές ν' αντικαταστήσουν σημαντικές ποσότητες άνθρακα και πετρελαίου.

Έχει δημιουργηθεί η εντύπωση ότι οι ήπιες μορφές ενέργειας είναι απολύτως οικολογικά καθαρές. Η εντύπωση είναι αυτή εσφαλμένη. Γενικά, όλες οι μορφές ενέργειας επιδρούν αρνητικά στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, η κατασκευή φωτοβολταϊκών κυψελών προκαλεί τη δημιουργία σημαντικών τοξικών αποβλήτων αρσενικού και καδμίου. Αν η κατασκευή τους γενικευθεί, τότε οι χώρες στις οποίες θα κατασκευάζονται θα αντιμετωπίσουν σοβαρά προβλήματα μόλυνσης του περιβάλλοντος. Επιπλέον, η γενίκευση της άντλησης ενέργειας από τον ήλιο θ' απαιτήσει τη δέσμευση τεράστιων εκτάσεων γης και θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ισορροπία του οικολογικού συστήματος εκτεταμένων περιοχών. Το ίδιο ακριβώς θα συμβεί και με τη γενίκευση της χρήσης ανεμογεννητριών για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας. Όσον αφορά στην ενέργεια από τη βιομάζα, μια αλόγιστη χρήση της μπορεί να προκαλέσει τεράστιες καταστροφές. Η βιομάζα είναι 13 υπό συνθήκες ανανεώσιμη.

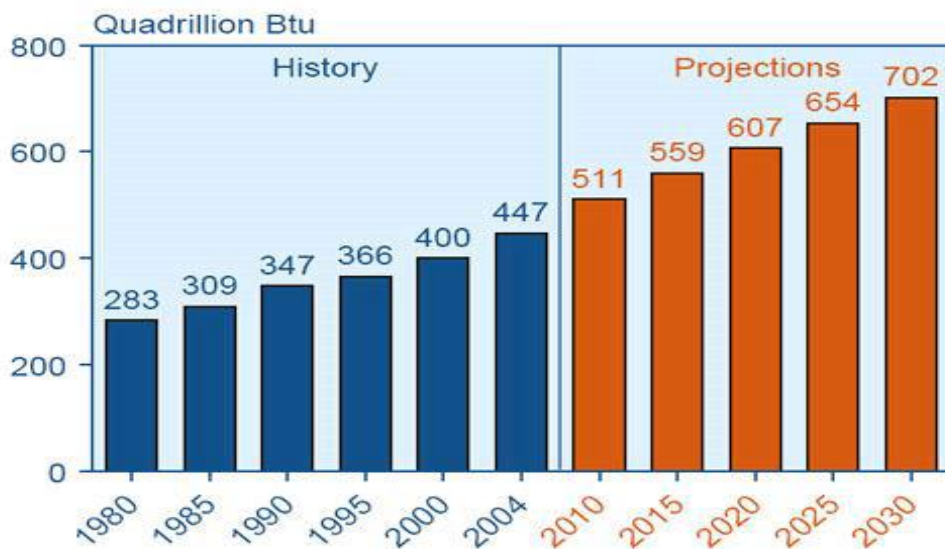
Γενικά, αυτό που θ' απαλύνει τις επιπτώσεις του ενεργειακού προβλήματος είναι η χρήση της λογικής για την αντιμετώπισή του. Η εξοικονόμηση ενέργειας αποτελεί το πρώτο μεγάλο βήμα για την ορθή αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος. Τα οφέλη από την εξοικονόμηση ενέργειας θα είναι αμέσως ορατά. Για παράδειγμα, μπορούμε να φωτίζουμε εξίσου καλά τους χώρους μας καταναλώνοντας μόνο το ένα τρίτο της ενέργειας που ξοδεύουμε σήμερα, αρκεί ν' αντικαταστήσουμε στα σπίτια μας και στους δρόμους τους λαμπτήρες με λαμπτήρες υψηλής απόδοσης. Αυτή η πράξη θ' αποφέρει την εξοικονόμηση μεγάλων ποσών ενέργειας.

Ο πληθυσμός της γης έχει φτάσει πια τα 7 δισεκατομμύρια. Οι άνθρωποι χρειάζονται την ενέργεια για να βελτιώσουν το επίπεδο της διαβίωσης τους. Πολλοί επιστήμονες μάλιστα συσχετίζουν την ποιότητα διαβίωσης με την κατανάλωση ενέργειας.



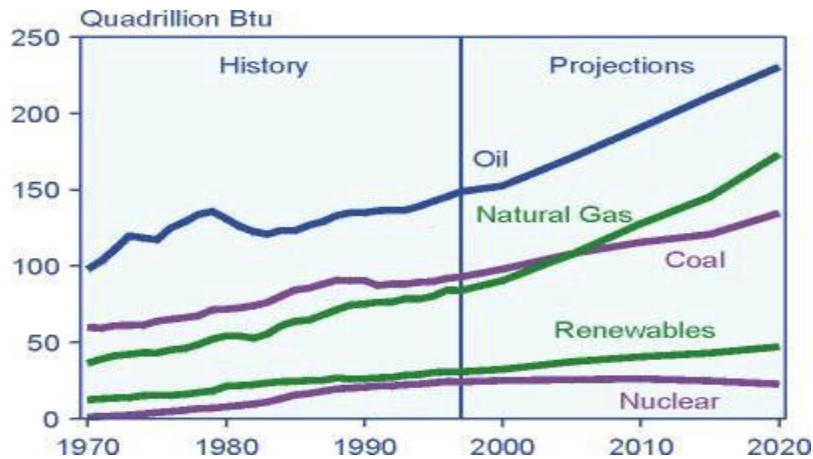
(Εικόνα 1.36)
Αύξηση του πληθυσμού της γης σε δισεκατομμύρια ανθρώπους

Figure 8. World Marketed Energy Consumption, 1980-2030



Εικόνα 1.37
(Αύξηση της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας
Σημείωση: 1 quadrillion btu = 1,05505 × 10¹⁸ joules)

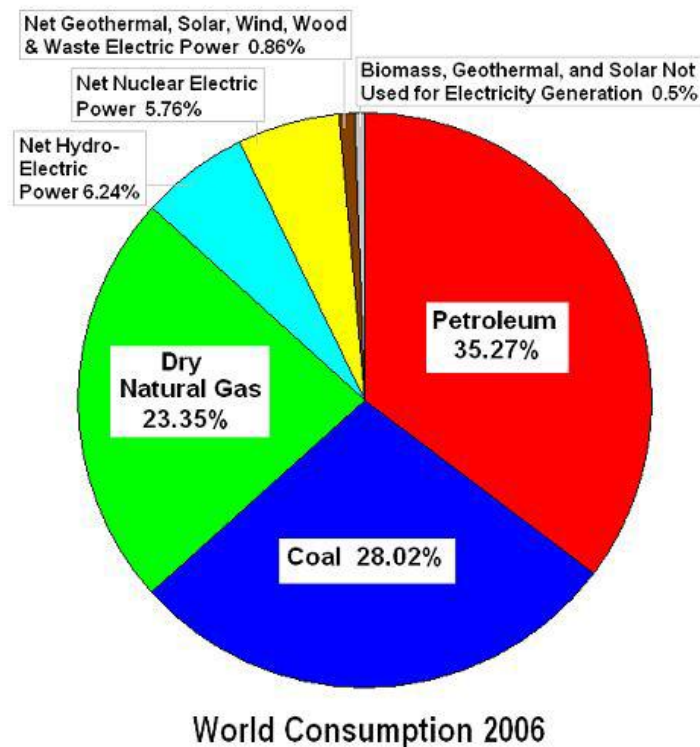
Πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αυξάνουν ραγδαία την εγκατεστημένη ισχύ τους κάτι που είναι και αποτέλεσμα του αυξανόμενου βιοτικού επιπέδου τους. Στην Δημοκρατία της Κίνας το 1997 κατασκευάζονταν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ρυθμό 300MW / εβδομάδα. (Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα είναι περίπου 13.000MW). Η κατανάλωση ενέργειας γίνεται παγκοσμίως ολοένα και μεγαλύτερη. Το 2007, η παγκόσμια ενεργειακή κατανάλωση έφτασε στα 11.433,9 Mtoes ισοδύναμου πετρελαίου (132.952 δισεκατομμύρια kWh). Σημείωση: 1 toe = 41,86 x 10⁹ Joule = 1010 cal = 11.627,9 kWh



Εικόνα 1.38

(Παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας ανά είδος καυσίμου σε quadrillion BTU)

Κατά προσέγγιση, το 86,6 % της παγκόσμιας ζήτησης σε ενέργεια καλύπτεται με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο: 35,27 %, γαιάνθρακες: 28,02 %, φυσικό αέριο: 23,35 %).



Εικόνα 1.39

(Παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων ανά είδος καυσίμου το 2006)

1.3. ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΠΕ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ - ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Τα 2.500 MW φτάνει πλέον η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των **Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας** που λειτουργήσε στο διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας τον Ιούνιο, με τα φωτοβολταϊκά να συνεχίζουν να παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη αύξηση, της τάξης του 15,5% ή κατά 96,97 MW μέσα σε ένα μήνα. Έτσι, σύμφωνα με δημοσίευμα της ιστοσελίδας express.gr, η συνολική ισχύς από φωτοβολταϊκά που είναι και η ακριβότερη τεχνολογία όσον αφορά τις τιμές αγοράς από το σύστημα, φθάνει πλέον τα 724,18 MW.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα στοιχεία του ΛΑΓΗΕ (Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) στο πρώτο εξάμηνο του 2012 η εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε κατά 60,70%, ενώ η ισχύς όλων των εν λειτουργία ΑΠΕ από 2.095, 44 MW τον Ιανουάριο αυξήθηκε κατά 14,9% ως το τέλος Ιουνίου και έφτασε τα 2.409,10 MW.

Όπως αναφέρει το δημοσίευμα, στα νούμερα αυτά δεν συμπεριλαμβάνεται ούτε η Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) που έχει μείνει σταθερή στα 89,07 MW από τον Ιανουάριο, ούτε οι ΑΠΕ που λειτουργούν στα μη συνδεδεμένα νησιά.

Σημειώνεται ότι, μεταξύ άλλων, η μεγάλη αύξηση της πράσινης ενέργειας ευθύνεται για τις ασφυκτικές οικονομικές συνθήκες του συστήματος με αποτέλεσμα το ΥΠΕΚΑ να εξετάζει τη μείωση των εγγυημένων τιμών.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, μέσω της αρμόδιας Υπηρεσίας Α.Π.Ε., δίνει σε δημοσιότητα τον πίνακα με την κατάσταση της αδειοδοτικής εξέλιξης των έργων ΑΠΕ έως το τέλος Δεκεμβρίου 2011.

Όπως φαίνεται και από τα στοιχεία, οι διαρθρωτικές αλλαγές που έγιναν εντός της χρονιάς απέδωσαν, αυξάνοντας σημαντικά τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ στη χώρα μας. Τα στοιχεία μιλούν από μόνα τους, επιβεβαιώνοντας ότι οι ΑΠΕ αποτελούν στρατηγική επιλογή για το εθνικό ενεργειακό μας μίγμα. Σύμφωνα με τα στοιχεία, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ενισχύθηκε το 2011 κατά 74% σε σχέση με το 2009 και 44% σε σχέση με το 2010, καλύπτοντας τον επιδιωκόμενο στόχο για το εν λόγω έτος.

Στον πίνακα που παρουσιάζεται, αποτυπώνεται η ισχύς, ανά τεχνολογία ΑΠΕ, σε κάθε στάδιο της αδειοδοτικής διαδικασίας (άδεια παραγωγής, προσφορά σύνδεσης, άδεια εγκατάστασης, σύμβαση αγοροπωλησίας), καθώς και η ισχύς σε λειτουργία.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από σταθμούς Α.Π.Ε. στη χώρα μας ενισχύθηκε κατά 770MW μέσα στο έτος, ξεπερνώντας συνολικά τα 2500MW. Θεαματική αύξηση παρουσιάζει η ανάπτυξη νέας ισχύος για την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών, γεγονός που ενισχύει την ορθότητα της απόφασης εξορθολογισμού των εγγυημένων τιμών που έχει τεθεί σε εφαρμογή από 1η Φεβρουαρίου 2012. Συγκεκριμένα, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών το 2010 ήταν 198MW και το τέλος του 2011 έφτασαν τα 626MW (αύξηση 215%).

Τα αιολικά παραμένουν και για το 2011 η κυρίαρχη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1636MW, από 1300MW που ήταν το προηγούμενο έτος (ενίσχυση κατά 26%). Αύξηση στη διείδυση παρουσιάζουν και τα μικρά υδροηλεκτρικά, από 196MW σε 206MW (αύξηση 5%). Για τις μορφές που υστερούν, όπως η βιομάζα και η γεωθερμία, το ΥΠΕΚΑ στοχεύει στην ενίσχυση τους, για αυτό και προώθησε σχετική νομοθετική ρύθμιση για την κατά προτεραιότητα εξέταση των αιτημάτων αυτών.

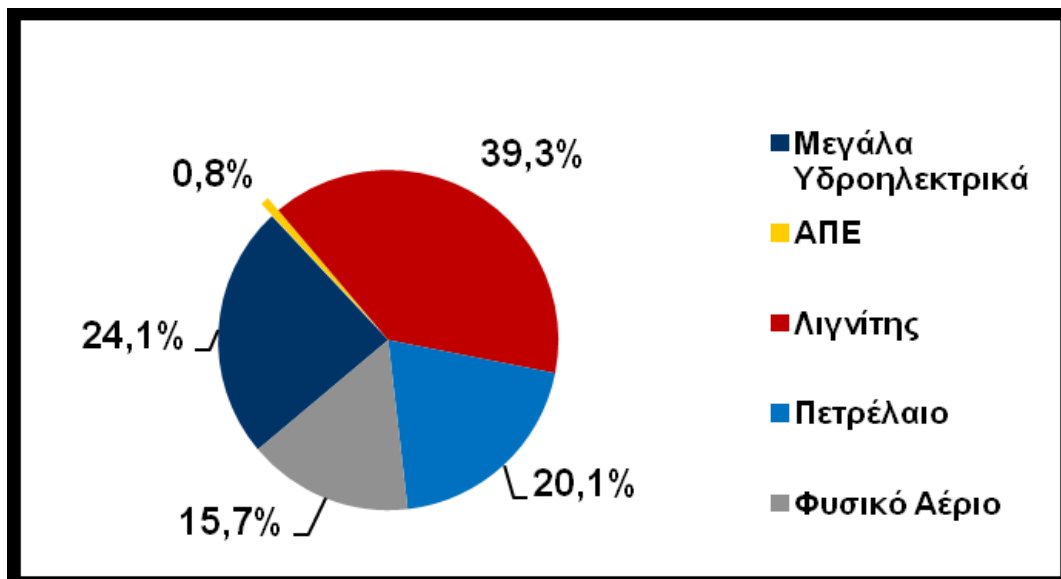
Αναφορικά με την αδειοδοτική διαδικασία, με σύμβαση αγοραπωλησίας βρίσκονται έργα συνολικής ισχύος 2530MW (αύξηση κατά 185% σε σχέση με το 2010), γεγονός που δηλώνει ότι στο επόμενο έτος αναμένεται ραγδαία αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος. Αυτή η διαπίστωση συμβαδίζει με τον οδικό χάρτη πορείας για το 2050, όπως αποτυπώνεται στον Εθνικό Ενεργειακό Σχεδιασμό που δόθηκε πρόσφατα σε δημόσια διαβούλευση, και συγκεκριμένα τόσο με τους μεσοπρόθεσμους, όσο και τους μακροπρόθεσμους στόχους.

Επίσης, αύξηση **10%** παρουσίασε το 2011 η ισχύς των αδειών εγκατάστασης (1840MW) και 51% οι άδειες παραγωγής (2600MW), δύο μεγέθη που αποτυπώνουν τη δυναμική διείσδυσης νέας ισχύς Α.Π.Ε. στο ηλεκτρικό σύστημα της χώρας μας.

Το Υπουργείο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην προώθηση του προγράμματος για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων στις κτιριακές εγκαταστάσεις, που απευθύνεται τόσο στους καταναλωτές, όσο και στις επιχειρήσεις. Έχουν υλοποιηθεί εντός του 2011, 11700 αιτήματα, τα οποία εγγέουν στο σύστημα ισχύ 102MW από μόλις 5,2MW το 2010.

Για τα αγροτικά φωτοβολταϊκά, η διαδικασία προχωράει με εντατικούς ρυθμούς. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η εγκατεστημένη ισχύς για το 2011 είναι περίπου 8MW, από μηδενική που ήταν μέχρι και πέρυσι.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής πιστεύει στην αναπτυξιακή συνεισφορά των έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς δημιουργούν νέες θέσεις εργασίας, τονώνουν την εγχώρια βιομηχανία, ενισχύουν την περιφερειακή ανάπτυξη και προσφέρουν καθαρή ενέργεια στους καταναλωτές και τους παραγωγικούς φορείς. Η εξέλιξη του ενεργειακού συστήματος με αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ αποτελεί κυρίαρχο ενεργειακό στόχο, κι αυτό διότι παρέχει ασφάλεια στον καταναλωτή, καθώς τον προστατεύει από την αστάθμητη διακύμανση του κόστους των εισαγόμενων καυσίμων, ενώ προσφέρει στην Ελλάδα τη δυνατότητα πέρα από την κάλυψη των δεσμευτικών, εθνικών της στόχων να αποτελέσει χώρα εξαγωγής πράσινης ενέργειας.



(Εγκατεστημένη Ισχύς ανά καύσιμο 12510 MW στις 31/12/2011 μετά την διακοπή της λειτουργίας των μονάδων Μεγαλόπολη I & II)

1.4 ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ

1.4.1. Παρούσα Κατάσταση

Αυτή την στιγμή, το ΑΤΕΙ Πατρών τροφοδοτείται αποκλειστικά από την μέση τάση του δικτύου της ΔΕΗ μέσω ενός υποσταθμού υποβιβασμού τάσης στον χώρο του ιδρύματος. Το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται για την κάλυψη τόσο των άμεσων αναγκών σε ηλεκτρισμό όσο και για τις ανάγκες κλιματισμού (τους θερινούς μήνες) αφού υπάρχουν κλιματιστικές μονάδες σχεδόν σε όλες τις αίθουσες του ιδρύματος.

Η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, κατά προσέγγιση αγγίζει τις 120.000 κιλοβατώρες. Στόχος μας είναι στο κτίριο του ΑΤΕΙ, να εγκαταστήσουμε φωτοβολταϊκά και στοιχεία αβαθούς γεωθερμίας ώστε να καλύψουμε περίπου το 20% της συνολικής κατανάλωσης του ιδρύματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1. Ο ΗΛΙΟΣ

2.1.1. Οι ενεργειακές πηγές του ανθρώπου

Μέχρι το 1780 οι κυριότερες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος ήταν το ξύλο, ο άνεμος και το νερό. Ο γαιάνθρακας που ανακαλύφθηκε μετά και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή ενέργειας ανατρέπει τα παλιά δεδομένα. Μετά από 45 χρόνια μπαίνει στη ζωή του ανθρώπου το αέριο. Το πετρέλαιο ανακαλύπτεται το 1859, αλλά γίνεται εμπορικά ενδιαφέρον μόνο το 1920 με τη διάδοση της μηχανής εσωτερικής καύσης. Η υδροηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1890 και ακολουθεί την εξέλιξη του ηλεκτρικού. Η πιο πρόσφατη πηγή ενέργειας θεωρείται η πυρηνική. Η πρώτη εγκατάσταση πυρηνικού αντιδραστήρα λειτουργεί εμπορικά από το 1956.

Με πολυάριθμες τεχνικές διαδικασίες, οι ενεργειακές πρώτες ύλες και τα διάφορα συμβάντα στη φύση μετατρέπονται σε χρήσιμη προμήθεια ενέργειας. Έτσι το 97% του συνολικού κύκλου εργασιών της ενεργειακής τεχνολογίας βασίζεται στην τεχνολογία για την εκμετάλλευση ορυκτών πρωτογενών ενεργειακών πηγών. Οι πρωτογενείς αυτές πηγές έχουν αποθηκευτεί με την βοήθεια της ηλιακής ενεργείας εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Τα αποθέματα όμως αυτά δεν είναι απεριόριστα και εξαντλούνται συνεχώς.

Οι ενεργειακές πηγές διακρίνονται έτσι σε δύο ομάδες :

- Η μια είναι οι πηγές ενέργειας που η εκμετάλλευσή τους συνδέεται με τον περιορισμό των αποθεμάτων τους.
- Η άλλη είναι οι μόνιμα διαθέσιμες ή ανανεώσιμες πρωτογενείς ενεργειακές πηγές (ΑΠΕ).

Στην περίπτωση της χώρας μας οι μη ανανεώσιμες πρωτογενείς μορφές ενεργείας συμμετέχουν με το 95% περίπου στη συνολική καταναλώσιμη ενέργεια. Τις πηγές αυτές αποτελούν το 1979 κατά 73% περίπου τα υγρά καύσιμα, κατά 22% τα στερεά καύσιμα (λιγνίτης) και κατά το υπόλοιπο 5% οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που προέρχονται μόνο από υδατοπτώσεις.

2.2. ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.2.α Γενικά για την ηλιακή ακτινοβολία

Με τον όρο «ηλιακή ακτινοβολία» ή ηλιακή ενέργεια αναφερόμαστε στην ακτινοβολία που παίρνει η γη από τον ήλιο. Ηλιακή ενέργεια είναι αιτία δημιουργίας των ατμοσφαιρικών κινήσεων και των διαφόρων διεργασιών στην ατμόσφαιρα και στα επιφανειακά στρώματα άλλες μορφές ενέργειας, όπως π.χ. εκείνη των άστρων, του εσωτερικού της γης, κ.τ.λ., είναι τόσο μικρές, συγκρινόμαστε με την ηλιακή ενέργεια, ώστε να μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες.

Οι σχετικές τιμές της κατακόρυφης ροής ενέργειας των διαφόρων πηγών μέσα στην τροπόσφαιρα και στην στρατόσφαιρα με μονάδα την ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ: Πηγές ενέργειας στην τροπόσφαιρα και στρατόσφαιρα

	Πηγή ακτινοβολίας	Κατακόρυφη ροή ενέργειας (Μέσες σχετικές τιμές)
Ακτινοβολία στα όρια της στρατόσφαιρας	Ήλιος	1
	Πανσέληνος	2.2×10^{-6}
	Φως των αστερών	1.3×10^{-9}
	Κοσμικές ακτίνες	2.7×10^{-9}
	Υπεριώδες του διαστήματος	7×10^{-9}
	Νυχτερινό φως του ουρανού (ορατό)	14×10^{-9}
	Νυχτερινό φως του ουρανού (υπέρυθρο)	11×10^{-9}
Θερμότητα από το εσωτερικό της γης		1.8×10^{-4}

Από τον πίνακα αυτό προκύπτει ότι, ακόμα και η μέγιστη (σε σχέση με της υπόλοιπες) ακτινοβολούμενη ενέργεια της πανσελήνου, δεν υπερβαίνει τα 0.002% της αντίστοιχης ηλιακής. Επίσης, από τον ίδιο αυτό πίνακα βλέπει κανείς ότι η τάξη μεγέθους της ενέργειας, λόγω της ροής θερμότητας από το εσωτερικό της γης, είναι πολύ μεγαλύτερη των υπολοίπων (εκτός της ηλιακής).

2.2.β Χαρακτηριστικά στοιχεία του ήλιου

Ο ήλιος είναι ένας γιγαντιαίος αντιδραστήρας συντήξεως ο οποίος αδιάλειπτα μετατρέπει υδρογόνο σε ήλιο οπότε και εκλύονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Η ενέργεια αυτή ανεβάζει την θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου σε 6000°C περίπου, είναι η πιο μεγάλη θερμική πηγή του συστήματός μας και προκαλεί στο διάστημα ακτινοβολία που η ένταση της στην επιφάνεια του ήλιου είναι 70 MW/m². Η ακτινοβολία του ήλιου περιέχει 5% υπεριώδη ακτινοβολία 52% ορατό φως και 43% υπέρυθρη.

Στην αρχαιότητα ο Πτολεμαίος χαρακτήρισε τον ήλιο απλώς σαν πυρόσφαιρα. Η σημερινή άποψη είναι ότι ο ήλιος είναι κυρίως μια σφαίρα αερίου, που στα εξωτερικά στρώματα αποτελείται από περίπου 92,1% υδρογόνο, 7,8 % ήλιο και ένα υπόλοιπο από άλλα διάπυρα αέρια.

Ο ήλιος είναι ένα συνηθισμένο G2 αστέρι, και είναι ένα από τα 100 δισεκατομμύρια αστέρια που υπάρχουν στον κόσμο. Με διάμετρο 1.390.000 km, μάζα 1,989e30 kg και με θερμοκρασία 5800 K και 15.600.000 K στην επιφάνεια και στον πυρήνα αντίστοιχα.

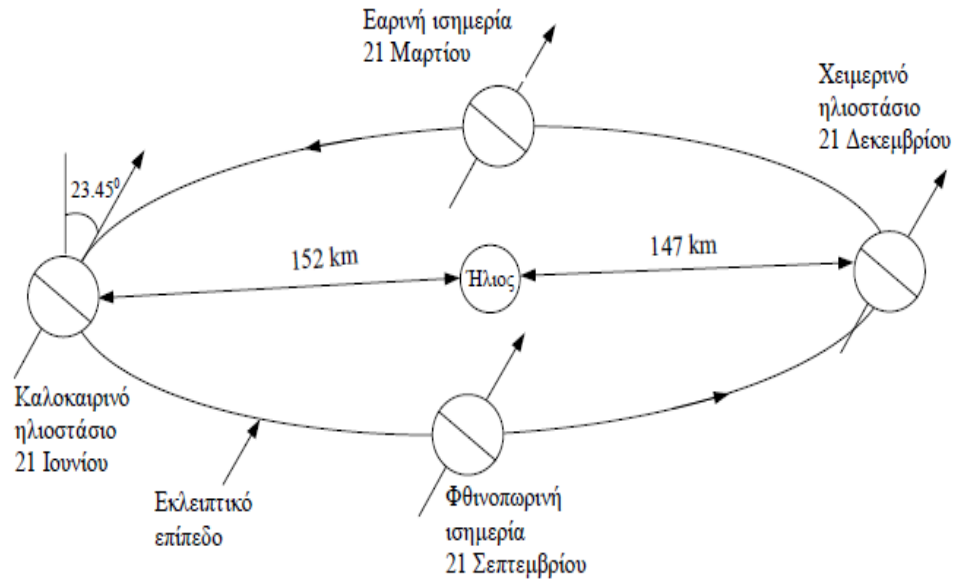
2.2.γ Η τροχιά του ήλιου στον ουρανό

Όπως αντιλαμβανόμαστε η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας και η φωτονική της σύσταση παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές ανάλογα με την ώρα, την εποχή, τις κλιματολογικές συνθήκες και την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υγρασία, σε αιωρούμενα σωματίδια και σε άλλα συστατικά. Επίσης επηρεάζεται σε αξιόλογο βαθμό και από άλλους προβλεπόμενους ή απρόβλεπτους παράγοντες, όπως οι ηλιακές κηλίδες και εκρήξεις, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.λπ.

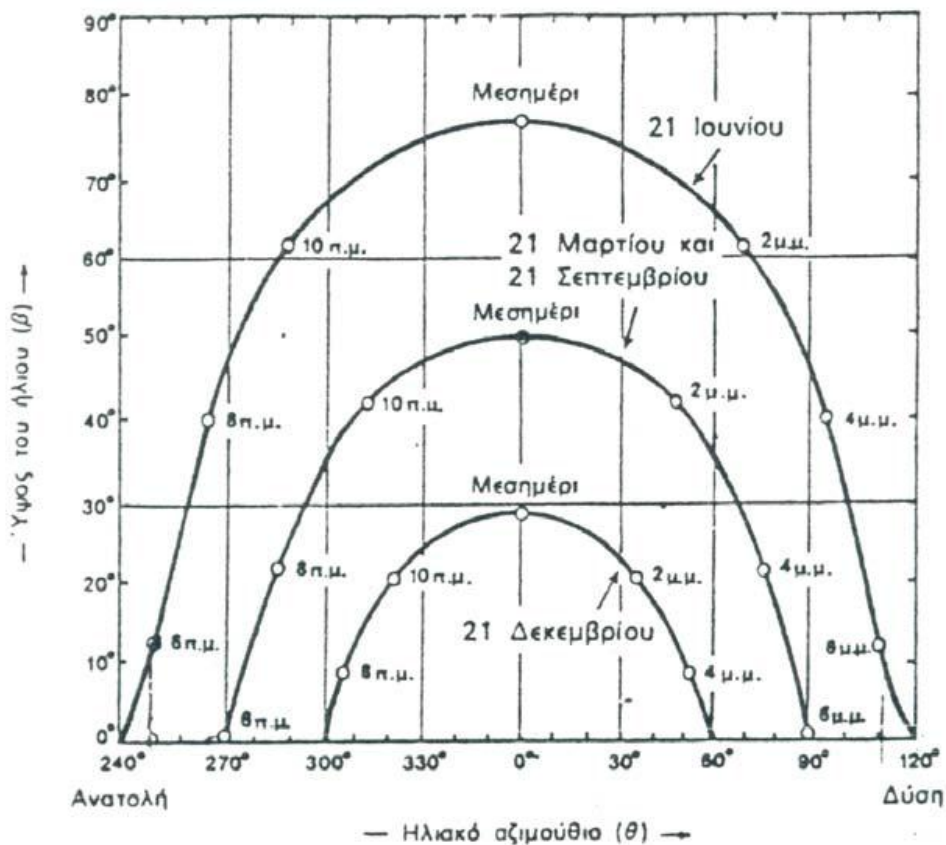
Ο σημαντικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας είναι η θέση του ήλιου σε σχέση με το σημείο της γης που δέχεται την ακτινοβολία. Κατά τη

διάρκεια μιας χρονιάς, η θέση του ήλιου παίρνει πολύ διαφορετικές τιμές, σαν αποτέλεσμα της μεταβολής της απόκλισης (δ), δηλαδή της γωνίας που σχηματίζεται ανάμεσα στην ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου, και στο επίπεδο του ισημερινού.

(A)



(B)



Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδραση της στη τροχιά του ήλιου στον Ουρανό.

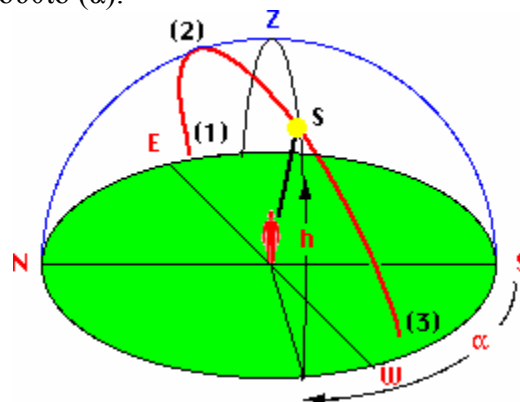
A) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το εαρινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο.

B) Παράδειγμα των αντίστοιχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος στη διάρκεια της ημέρας, κατά τα ηλιοστάσια καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος βόρειο 38°, όπως η Αθήνα. Οι ενδείξεις του μεσημεριού και των ωρών της ημέρας είναι σε ηλιακές τιμές.

Κάθε μέρα ο ήλιος διαγράφει μια κυκλική τροχιά στο διάστημα και φτάνει το μεγαλύτερό του ύψος το μεσημέρι. Οι τιμές της απόκλισης του ήλιου είναι θετικές για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητικές για το νότιο. Οι ακραίες τιμές είναι +23,45° στις 21 Ιουνίου (θερινό ηλιοστάσιο για το βόρειο ημισφαίριο) και -23,45° στις 21 Δεκεμβρίου (χειμερινό ηλιοστάσιο).

Όπως προχωράμε προς την άνοιξη και το καλοκαίρι, οι κυκλικές τροχιές διαγράφονται βορειότερα στον ουρανό, με νωρίτερη ανατολή και αργότερη δύση στο βόρειο ημισφαίριο, ενώ τον χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Το χειμώνα ανατέλλει νότια της ανατολής, ενώ το καλοκαίρι βόρεια. Παράλληλα, διαμορφώνονται οι αντίστοιχες μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στις διάφορες εποχές του έτους. Ιδιαίτερα χρήσιμα μεγέθη για τη γενική εκτίμηση της καθημερινής και της εποχιακής διακύμανσης της ακτινοβολίας σε έναν τόπο, είναι η θεωρητική ηλιοφάνεια, δηλαδή το χρονικό διάστημα από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου, καθώς και η μέση πραγματική ηλιοφάνεια που δείχνει τον μέσο όρο των ωρών που ο ήλιος δεν καλύπτεται από σύννεφα. Επίσης, αριθμός των ηλιοφεγγών ημερών, στη διάρκεια των οποίων ο ήλιος δεν καλύπτεται καθόλου από σύννεφα, καθώς και των ανήλιων ημερών, που ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα σε ολόκληρο το διάστημα της ημέρας.

Η πραγματική θέση του ήλιου στον ουρανό εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του παρατηρητή ενός τόπου και περιγράφεται συνήθως με δύο γωνίες (συντεταγμένες): το ύψος του ήλιου (h) και το αζιμούθιο (α).



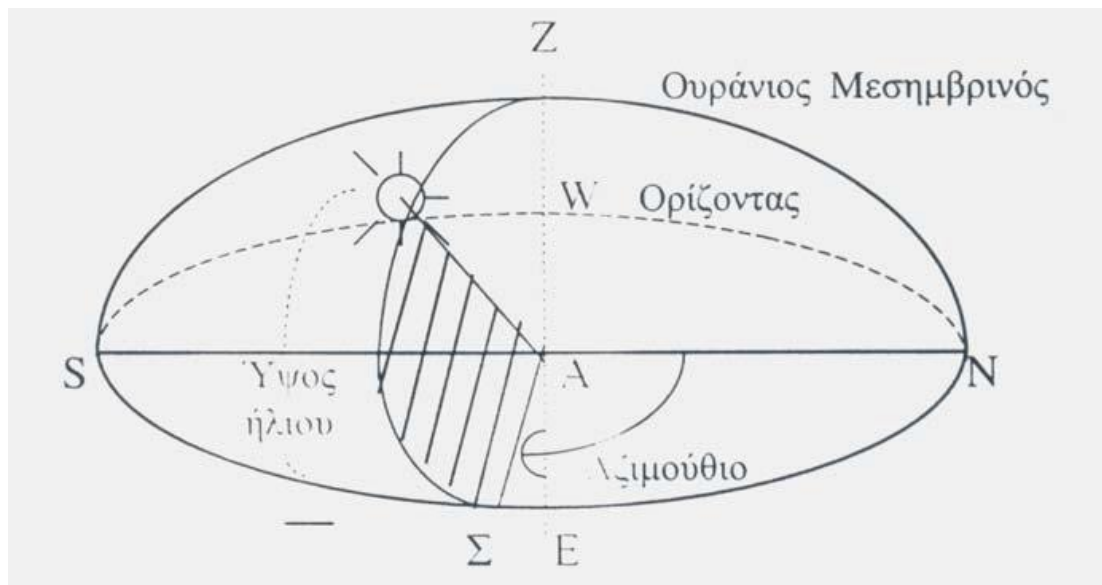
(Οι γωνίες του ύψους (h) και του αζιμούθιου (α), που περιγράφουν κάθε στιγμή τη θέση του ήλιου στον ουρανό.)

Το ύψος του ήλιου είναι η γωνιακή του απόσταση από τον ορίζοντα του τόπου. Μετράται επί του κατακόρυφου κύκλου του ήλιου από τον ορίζοντα έως το ζενίθ, από 0° έως 90° και συμβολίζεται με h .

Αντί για το ύψος, χρησιμοποιείται επίσης συχνά η συμπληρωματική της γωνία, δηλαδή η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση του ήλιου και στη κατακόρυφο, που ονομάζεται ζενιθιακή απόσταση (ή ζενιθιακή γωνία) του ήλιου. Ζενίθ είναι το σημείο του ουρανού που συναντά η κατακόρυφος ενός τόπου.

Η δεύτερη χαρακτηριστική γωνία του ήλιου, το ηλιακό αζιμούθιο, είναι η γωνιακή απόσταση από τον ορίζοντα, με αρχή τον βορρά προς ανατολές και τέλος τον κατακόρυφο κύκλο του ήλιου. Συμβολίζεται με α και μετράται από 0° έως 360°. Προς τα δεξιά από τον νότο, το ηλιακό αζιμούθιο παίρνει θετικές τιμές, και προς τα αριστερά αρνητικές. Κατά τη

διάρκεια της ημέρας, το ύψος του ήλιου και το αζιμούθιο μεταβάλλονται συνεχώς καθώς ο ήλιος διατρέχει τον ουρανό.



2.2.δ Η ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης

Από τα τεράστια πόσα της ηλιακής ενέργειας μονό τα 2 δισεκατομμυριοστά αυτής φτάνουν στα ανώτερα όρια της ατμόσφαιρας. Η ποσότητα αυτή, κατά τη διέλευση της από τα διάφορα ατμοσφαιρικά στρώματα και μέχρι να φτάσει στην επιφάνεια της γης, υφίσταται απώλειες και μεταβολές που οφείλονται, κατά κύριο λόγο, στη διάχυση και απορρόφηση.

Το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης απευθείας με της ηλιακές ακτίνες λέγεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Ταυτόχρονα, ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας διαχέεται από την ατμόσφαιρα και φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους ως διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία απ' όλα τα σημεία του ουρανού.

Επίσης, ένα μέρος από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία ανακλάται από το έδαφος και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα απ' όπου και επιστρέφει στην επιφάνεια του εδάφους κ.λπ. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται ανακλώμενη. Η επιφάνεια του εδάφους, σαν αποτέλεσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σ' αυτή, θερμαίνεται και εκπέμπει, με τη σειρά της, προς την ατμόσφαιρα ακτινοβολία που ονομάζεται γήινη ακτινοβολία.

Τέλος, η ίδια η ατμόσφαιρα, θερμαινόμενη και αυτή, ακτινοβολεί με τη σειρά της προς όλες τις κατευθύνσεις. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική ακτινοβολία ή ακτινοβολία της ατμόσφαιρας.

Οι παραπάνω ακτινοβολίες παρουσιάζουν διαφορετική η καθεμία φασματική σύνθεση. Απ' αυτές, η άμεση και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία ονομάζονται ακτινοβολίες μικρού μήκους κύματος, ενώ η γήινη και η ατμοσφαιρική ακτινοβολία χαρακτηρίζονται σαν ακτινοβολίες μεγάλου μήκους κύματος.

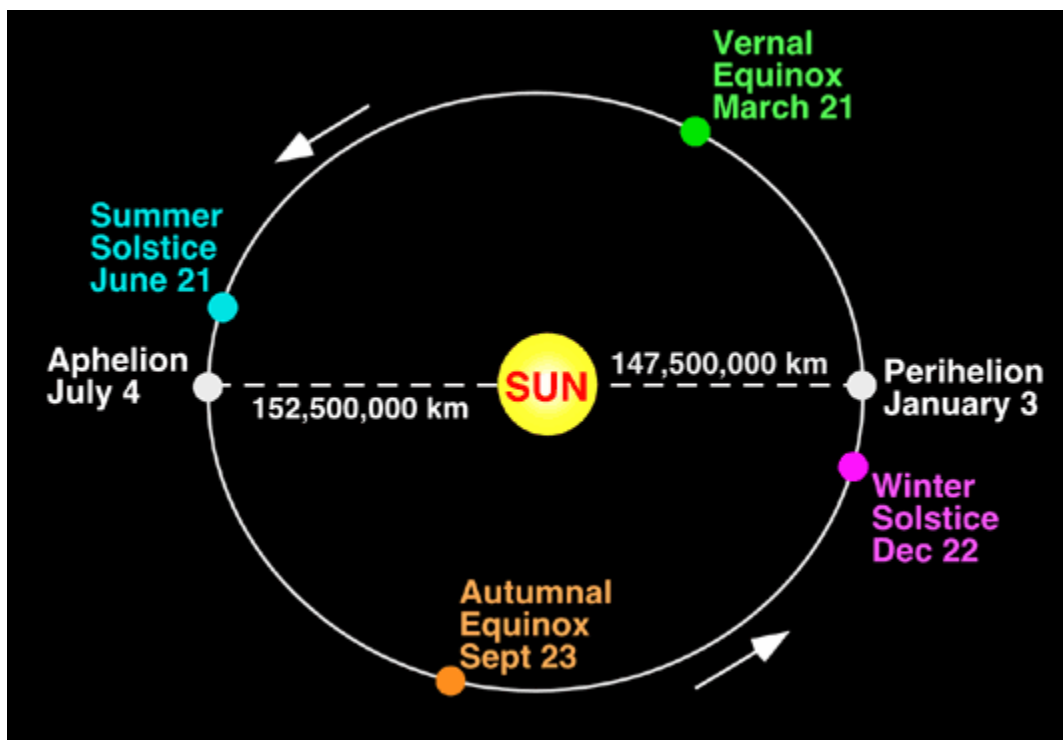
Από τις παραπάνω ακτινοβολίες, σπουδαιότερη είναι η άμεση και ακολουθεί η διάχυτη. Το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια ονομάζεται ολική ηλιακή ακτινοβολία.

Η γη που βρίσκεται σε μέση απόσταση $1,50 \times 10^8$ km από τον ήλιο δέχεται στην εξωτερική της ατμόσφαιρα μικρό μέρος από την ακτινοβολία, περίπου 1011 MW ή $1,362 \text{ KW/m}^2$.

Από την ενέργεια που στέλνει κάθε χρόνο ο ήλιος στη γη (150×10^9 MW) το 30% ανακλάται πίσω στο διάστημα από τα ανώτατα στρώματα της ατμόσφαιρας, το 46% φτάνει στην επιφάνεια της γης όπου μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος και επανακλάται. Από το υπόλοιπο 24% το 23% δαπανάται για την εξάτμιση του νερού των θαλασσών και το υπόλοιπο 1% για την αιολική ενέργεια, την ενέργεια των κυμάτων και τη φωτοσύνθεση.

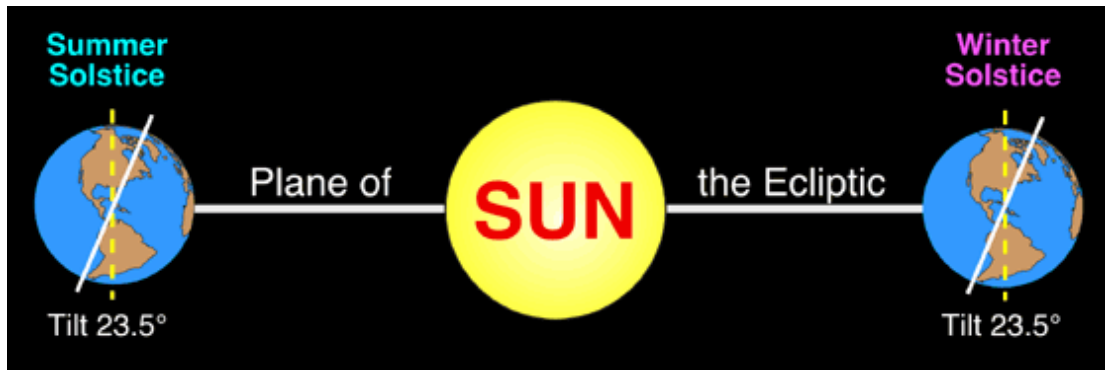
Εξ' αιτίας της μεγάλης απόστασης του ήλιου από τη γη οι ακτίνες του που προσπίπτουν στην επιφάνεια της γης θεωρούνται παράλληλοι. Η ένταση της απ' ευθείας ηλιακής ακτινοβολίας έχει τη μέγιστη τιμή της πλησίον του ισημερινού και την ελάχιστη στους πόλους.

Η γη καθώς κινείται περί τον ήλιο ακολουθεί μια ελλειπτική τροχιά και η απόσταση της από αυτό μεταβάλλεται ελαφρά δηλαδή είναι πλησιέστερα στον ήλιο το χειμώνα και μακρύτερα το καλοκαίρι όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Επομένως το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει στην επιφάνεια της γης είναι μεγαλύτερο το χειμώνα, όμως το χειμώνα έχουμε το κρύο. Αυτό εξηγείται από το ότι ο άξονας περιστροφής της γης δεν είναι κάθετος προς το επίπεδο της τροχιάς της αλλά σχηματίζει γωνία $23^\circ 27'$.

Ο βόρειος πόλος της γης κλίνει προς το καλοκαίρι και φωτίζεται απ' αυτόν ενώ το χειμώνα συμβαίνει το αντίθετο. Από τη σκοπιά μας πάνω στη γη αυτή η κλίση του άξονα περιστροφής της σημαίνει ότι ο ήλιος είναι ψηλότερα στον ουρανό το καλοκαίρι και χαμηλότερα το χειμώνα.



Επομένως η ηλιακή ακτινοβολία έχει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση μέσα στην ατμόσφαιρα τον χειμώνα και ακόμα προσβάλλει την επιφάνεια της γης υπό οξεία γωνία. Το ποσό λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια επιφάνεια είναι μικρότερο τον χειμώνα, γι' αυτό και ο καιρός είναι κρύος.

2.2.ε Εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γήινη ατμόσφαιρα

Η ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διέλευση της μέσα στην ατμόσφαιρα με τη γνωστή σύσταση της, «εξασθενεί» από τη μια μεριά εξαιτίας της «σκέδασης – διάχυσης» που οφείλεται στη μεταβολή της διεύθυνσης της ακτινοβολίας και από την άλλη μεριά εξαιτίας της «απορρόφησης» που οφείλεται στη μεταβολή της ηλιακής ενέργειας, κυρίως σε θερμότητα. Η «απορρόφηση» που ασκεί η ατμόσφαιρα στην ηλιακή ακτινοβολία παρατηρείται στο υπεριώδες και υπέρυθρο τμήμα του φάσματος.

- Σκέδαση της ηλιακής ακτινοβολίας

Σκέδαση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η ηλιακή ακτινοβολία όταν προσπέσει σ' ένα σωματίδιο, κατανέμεται ομοιόμορφα ή ανομοιόμορφα γύρω απ' αυτό προς όλες τις διευθύνσεις. Η ακτινοβολία, που προκύπτει μετά τη σκέδαση, είναι η διάχυτη ακτινοβολία.

- Μοριακή σκέδαση

Μοριακή σκέδαση έχουμε, όταν ακτινοβολία μήκους κύματος λ προσπέσει σε σωματίδια που η διάστασή τους είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με το μήκος κύματος λ .

- Σκέδαση – διάχυση από αερολύματα

Η εξασθένηση που προκαλείται από τα αερολύματα, λόγω σκέδασης στην ηλιακή ακτινοβολία, εκλεκτική και εκθετική, όπως ακριβώς και στη μοριακή σκέδαση.

- Απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας

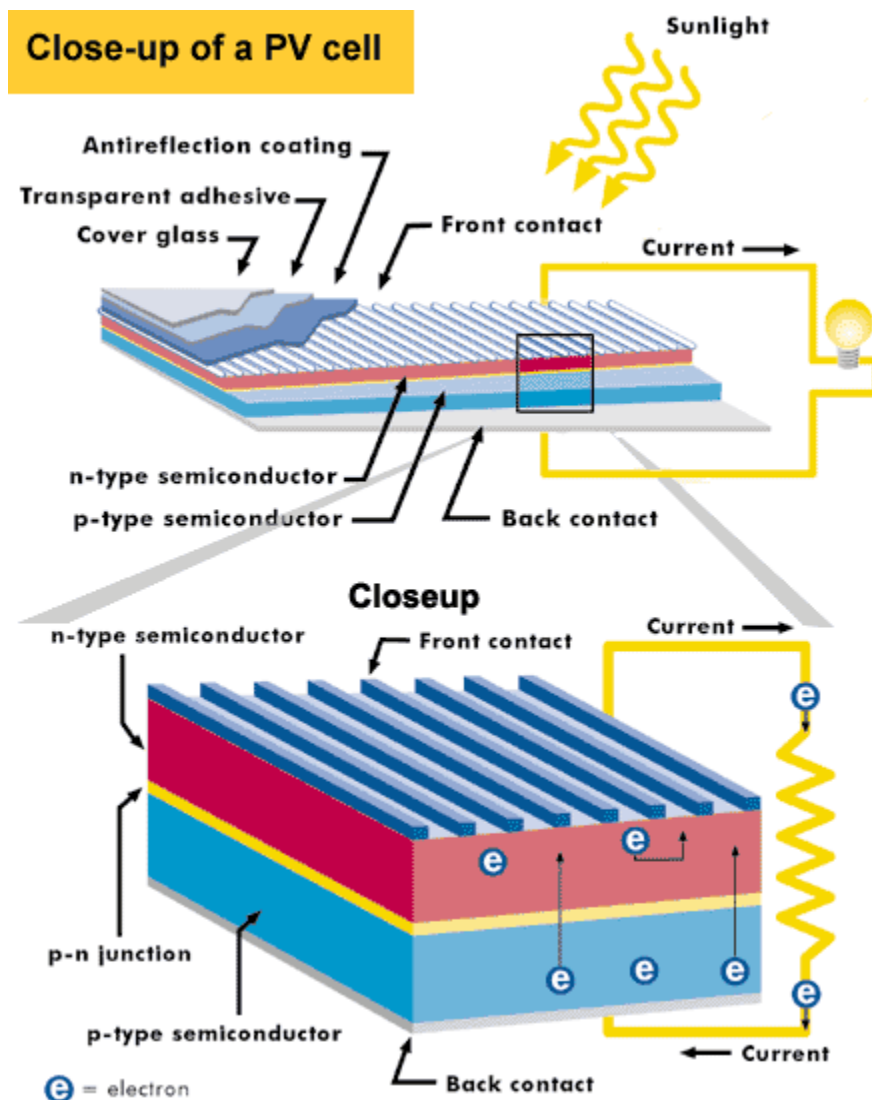
Το φάσμα απορρόφησης της ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα εκτείνεται σε μια μεγάλη περιοχή (από τις ακτίνες X μέχρι τα μικρά ραδιοκύματα). Εδώ, θα αναφερθούμε στις πιο βασικές περιοχές φασμάτων απορρόφησης που βρίσκονται στο υπεριώδες, στο ορατό και στο υπέρυθρο τμήμα φάσματος. Στα τμήματα αυτά οφείλεται η απορρόφησης της ακτινοβολίας, κυρίως, στα: 1) οξυγόνο, 2) όζον, 3) διοξείδιο του άνθρακα, 4) υδρατμούς, και 5) ατμοσφαιρικό σκόνη.

2.3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Edmund Becquerel ανακάλυψε ότι ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν υποβάλλονταν σε ηλιακή ακτινοβολία.

Αυτό το φαινόμενο, γνωστό και ως φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, χρησιμοποιήθηκε σε «πρωτόγονα» ηλιακά κελιά από σελήνιο στα τέλη του 18ου αιώνα. Τη δεκαετία του 1950, επιστήμονες στα Bell Labs, αναπροσάρμοσαν την τεχνολογία και, χρησιμοποιώντας ως βάση το πυρίτιο, κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν ποσοστό (περίπου 4%) της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Με απλά λόγια, τα σημαντικότερα στοιχεία ενός ηλιακού κελιού (solar cell) είναι δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού τα οποία γενικά αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το κρυσταλλικό πυρίτιο, αυτό καθ' αυτό δεν είναι ένας πολύ καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, αλλά όταν προστίθενται σ' αυτό προσμίξεις, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Στο κάτω στρώμα του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη θετικού φορτίου (p). Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο οδηγώντας στην ανάπτυξη αρνητικού φορτίου (n). Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου p και τύπου n που δημιουργούνται ονομάζεται p-n επαφή (P-N junction)



Βασική δομή ενός ηλιακού κελιού

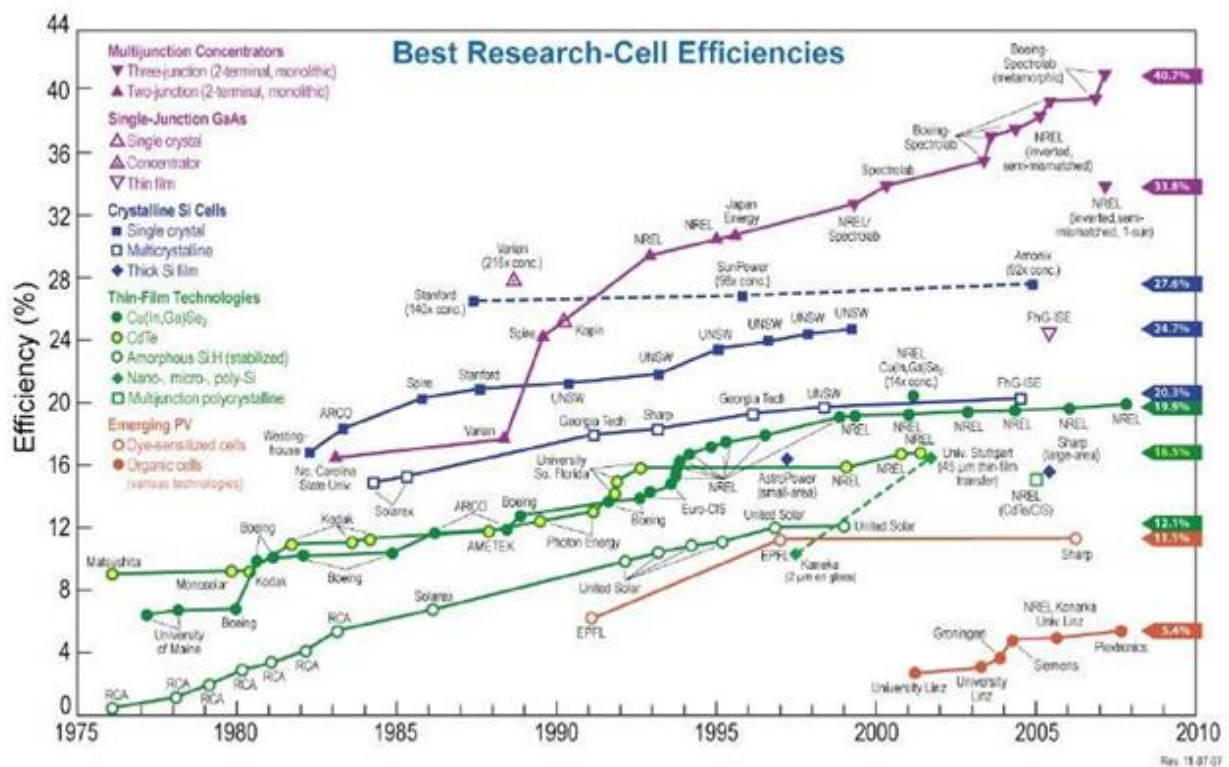
Πηγή:

http://www.ucsusa.org/clean_energy/technology_and_impacts/energy_technologies/how_solar_energy_works.html

Όταν το ηλιακό φως εισέρχεται στο κελί (Βλ. Σχήμα 1), η ενέργεια του ελευθερώνει ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα. Τα ηλεκτρόνια αυτά, γνωστά και ως ελεύθερα ηλεκτρόνια, προσπαθούν, λόγω των διαφορετικών φορτίσεων των δύο στρωμάτων, να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p, αλλά εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή p-n. Ωστόσο, η παρουσία ενός εξωτερικού κυκλώματος δημιουργεί την απαραίτητη διαδρομή για τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p. Εξαιρετικά λεπτά καλώδια κατά μήκος του στρώματος τύπου-n επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρονίων και η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος.

Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και έτσι ενώνονται ηλεκτρικά εν σειρά ή εν παραλλήλω, όπως θα αναλυθεί παρακάτω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ.

Η απόδοση των ηλιακών κελιών, εκφραζόμενη ως το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική, εξαρτάται από την τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται. Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν αναφερθεί αποδόσεις έως και 40%. Ωστόσο η πλειονότητα των ηλιακών κελιών και των δημιουργούμενων φωτοβολταϊκών πάνελ που διατίθενται σήμερα στο εμπόριο έχουν μία μέγιστη απόδοση της τάξης του 17-19%.



2.3.α Τύποι ηλιακών κελιών και καταγεγραμμένες μέγιστες αποδόσεις

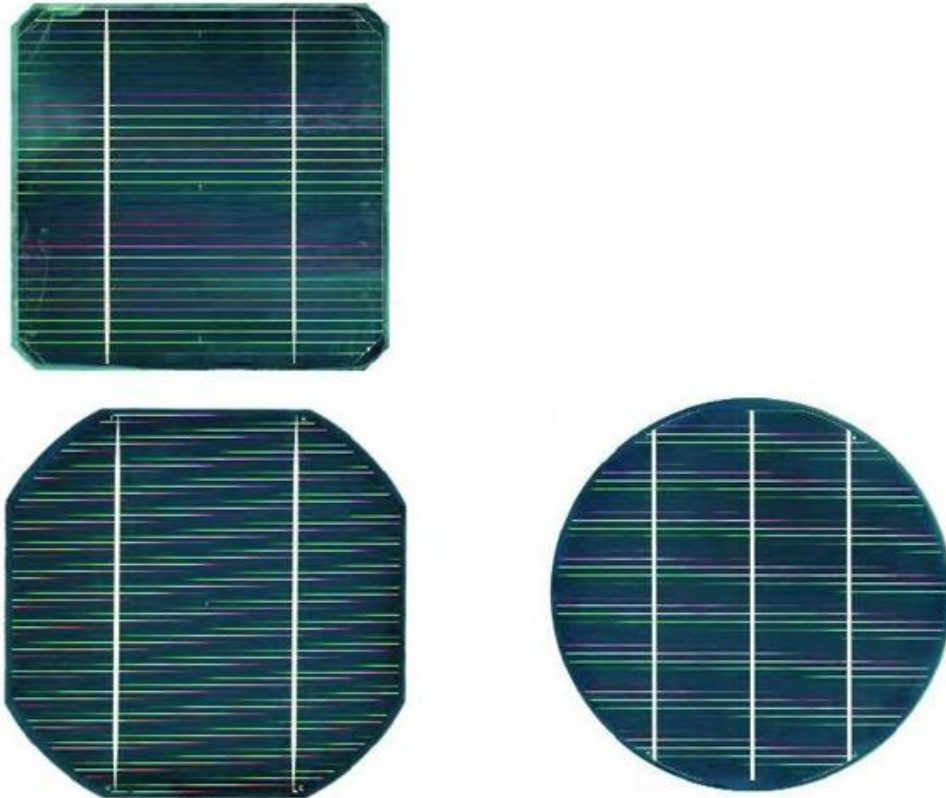
Οι κυριότεροι τύποι ηλιακών κελιών είναι οι παρακάτω:

A. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται με μία διαδικασία γνωστή ως διαδικασία “Czochralski”. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση, της τάξης του

15-18% αλλά και υψηλότερο κόστος. Τα ηλιακά κελιά κατασκευάζονται σε σχήμα κύκλου, ή σχεδόν κύκλου καθώς και τετράγωνα.

Τα κυκλικά ηλιακά κελιά είναι φθηνότερα από τα υπόλοιπα επειδή είναι λιγότερα τα υπολείμματα κατά την κατασκευή τους. Ωστόσο δε χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ επειδή δεν χρησιμοποιείται αποδοτικά μία επιφάνεια, λόγω των κενών μεταξύ τους όταν τοποθετούνται δίπλα το ένα στο άλλο. Αποτελούν όμως μία καλή προοπτική για ενσωμάτωση σε κτίρια όταν απαιτείται μερική διαπερατότητα στο φως. Το χρώμα τους είναι συνήθως βαθύ μπλε έως μαύρο όταν διαθέτουν αντί-ανακλαστική (AR) επίστρωση ή γκρι (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).

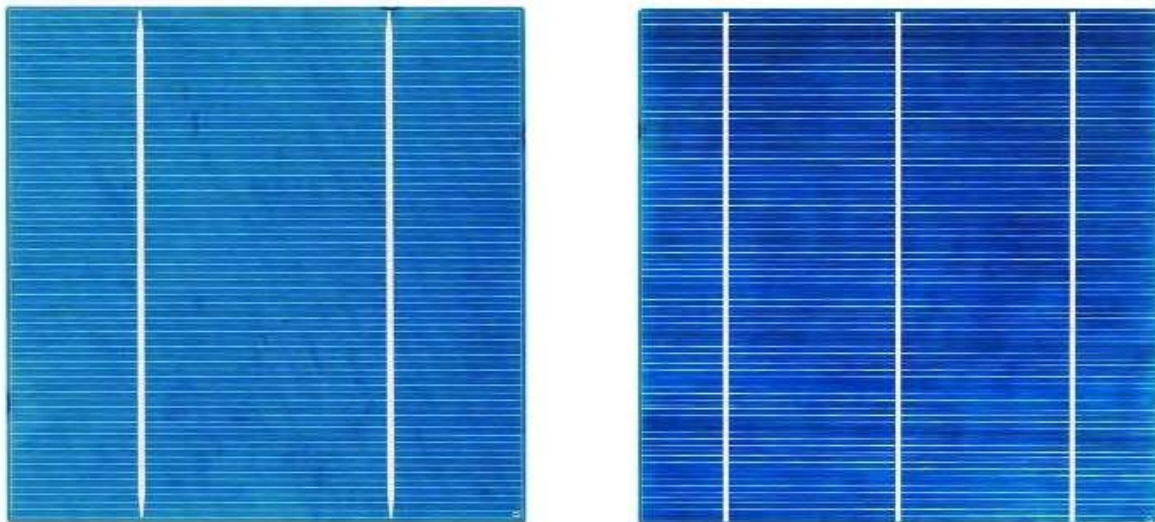


Μορφές μονοκρυσταλλικών κελιών πυριτίου

B. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και λιγότερο αποδοτικά. Όπως προκύπτει και από τον όρο, κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου. Η μέθοδος κατασκευής ενός πολυκρυσταλλικού κελιού απαιτεί πολύ μικρότερη ακρίβεια και κόστος σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά κελιά.

Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% έως 16% και κατασκευάζονται συνήθως σε τετράγωνο σχήμα. Το χρώμα τους είναι συνήθως μπλε (με αντί-ανακλαστική επίστρωση) ή γκρι-ασημί (χωρίς αντί-ανακλαστική επίστρωση).



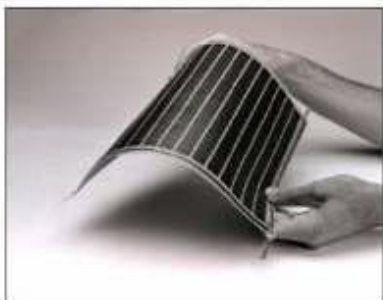
Μορφές πολυκρυσταλλικών κελιών πυριτίου

Γ. Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin-film)

Αρκετή έρευνα έχει διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την τελειοποίηση μεθόδων κατασκευής ηλιακών κελιών με ημιαγωγούς πάχους μόλις μερικών μικρομέτρων, με στόχο την επίτευξη μίας εύλογης απόδοσης με τη χρήση μικρής ποσότητας πυριτίου. Τα κελιά αυτά έχουν μικρότερη απόδοση από τα κελιά κρυσταλλικού πυριτίου (της τάξης του 5-7%) αλλά με αρκετά χαμηλότερο κόστος, ώστε να τα καθιστά ανταγωνιστικά. Συνήθως χαρακτηρίζονται από το έντονα σκούρο (σχεδόν μαύρο) χρώμα τους. Κυριότεροι αντιπρόσωποι της κατηγορίας αυτής αποτελούν τα παρακάτω:

Γα. Κελιά άμορφου πυριτίου (amorphous-Si)

Αποτελούν την πιο συνηθισμένη μορφή και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε ηλεκτρονικά προϊόντα ευρείας κατανάλωσης (π.χ. υπολογιστές τσέπης). Το άμορφο πυρίτιο, η μη-κρυσταλλική μορφή του πυριτίου, μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα αγώγιμο υπόστρωμα σε ένα στρώμα πάχους μερικών μικρομέτρων δημιουργώντας ένα κελί τεχνολογίας λεπτού υμενίου. Η διαδικασία τοποθέτησης επιτρέπει στο άμορφο πυρίτιο να έχει λιγότερο από 1% του πάχους ενός κρυσταλλικού κελιού. Επιπλέον, τα κελιά άμορφου πυριτίου δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ.



Φωτοβολταϊκά πάνελ από άμορφο πυρίτιο

Γβ. Κελιά καδμίου-τελλουρίου (CdTe)

Η κρυσταλλική ένωση καδμίου-τελλουρίου (CdTe) είναι ένα αποτελεσματικό υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών κελιών. Για τη δημιουργία μίας ένωσης p-n σε ένα ηλιακό κελί, ένα στρώμα σουλφιδίου του καδμίου προστίθεται στο CdTe. Λόγω της αποτελεσματικότητας ένα κελί CdTe χρησιμοποιεί περίπου το 1% του ημιαγωγού υλικού σε σχέση με ένα κρυσταλλικό κελί. Μειονέκτημα τους αποτελεί το γεγονός της χρήσης του σπάνιου μετάλλου τελλουρίου. Επιπλέον, η χρήση του καδμίου επιβάλλει την αναγκαστική ανακύκλωση τους μετά το πέρας της ζωής τους.

Γγ. Κελιά χαλκού-Ινδίου / Γαλλίου – Δισεληνιούχου

Αποτελεί μία από τις περισσότερο υποσχόμενες τεχνολογίες, όπου κελιά λεπτού υμενίου κατασκευάζονται από έναν συνδυασμό χαλκού-ινδίου - δισεληνιούχου και χαλκού-γαλλίου-δισεληνιούχου (κελιά CIGS). Τα κελιά αυτά έχουν επιδείξει αποδόσεις της τάξης του 19,9%, που αποτελεί την υψηλότερη για κελιά λεπτού υμενίου.

Δ. Άλλοι τύποι κελιών

Εκτός των παραπάνω συναντά κανείς και τους παρακάτω τύπους κελιών σε μικρό βαθμό ή σε εργαστηριακό επίπεδο:

- Κελιά Γαλλίου-Αρσενικούχου (GaAs):
Αποτελούν κελιά υψηλής απόδοσης (έως και 36%), ωστόσο ιδιαίτερα ακριβά.

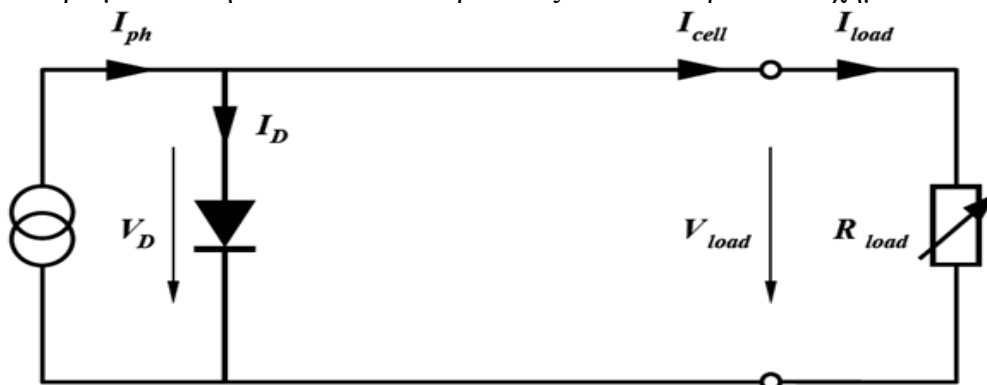
- Οργανικά/πολυμερή κελιά:

Αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία. Τα οργανικά κελιά λειτουργούν με έναν λίγο διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες: αντί για ημιαγωγικές p-n επαφές, τα οργανικά κελιά χρησιμοποιούν οργανικά υλικά που λειτουργούν ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων.

Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης οργανικών υλικών είναι ότι επιτρέπουν την μεγάλης-κλίμακας, χαμηλής-θερμοκρασίας κατασκευή εύκαμπτων ηλιακών κελιών σε υποστρώματα πλαστικών. Η απόδοση των οργανικών κελιών είναι σήμερα της τάξης του 5-6%, ωστόσο η αύξηση της πρόκειται να μειώσει σημαντικά το κόστος παραγωγής ηλιακών κελιών.

2.3.β Μοντελοποίηση ηλιακών κελιών

Το απλούστερο μοντέλο ηλιακού κελιού παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:



Στο μοντέλο αυτό το ρεύμα κελιού προκύπτει από το συνδυασμό του φωτορεύματος I_{ph} , δηλαδή του ρεύματος που παράγεται από την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και είναι ανάλογο αυτής και του ρεύματος της διόδου που δημιουργείται λόγω της ύπαρξης της επαφής p-n. Έτσι ισχύει η παρακάτω εξίσωση:

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_0 (e^{qV/kT} - 1)$$

όπου:

I_{cell} : ρεύμα κελιού

I_{ph} : φωτορεύμα, ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

I_D : ρεύμα διόδου

I_0 : ρεύμα διαρροής της διόδου

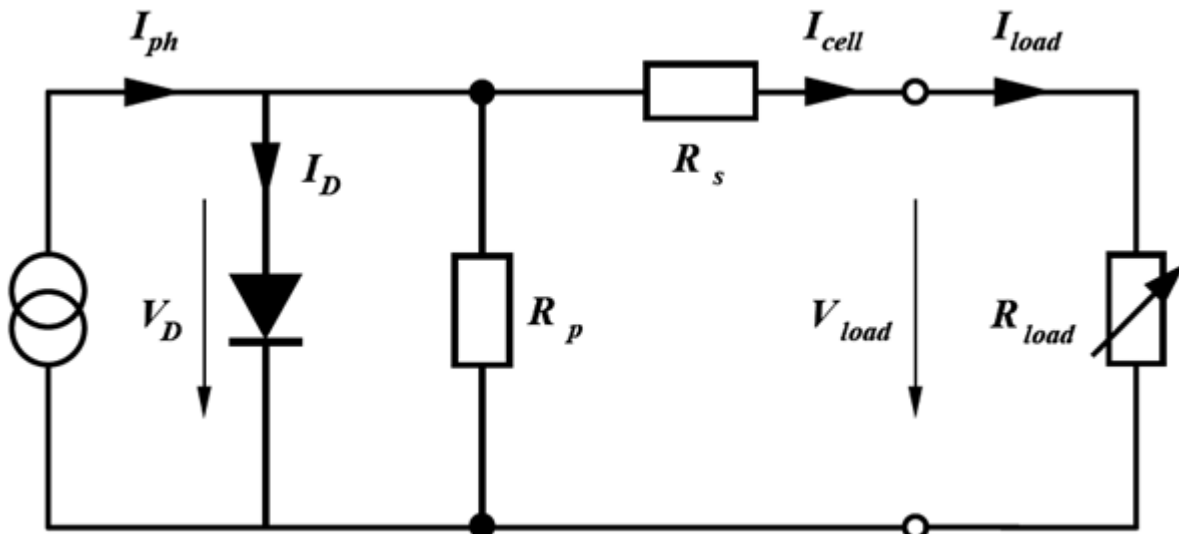
q : φορτίο ηλεκτρονίου

V : τάση στα άκρα της διόδου

K : σταθερά Boltzmann

T : θερμοκρασία (K)

Από την παραπάνω εξίσωση γίνεται φανερό ότι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ρεύματος σε ένα ηλιακό κελί είναι η ένταση της ακτινοβολίας και η θερμοκρασία. Ωστόσο, ένα ακριβέστερο μοντέλο ενός ηλιακού κελιού πρέπει να εμπεριέχει και τις ηλεκτρικές αντιστάσεις των υλικών, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα:

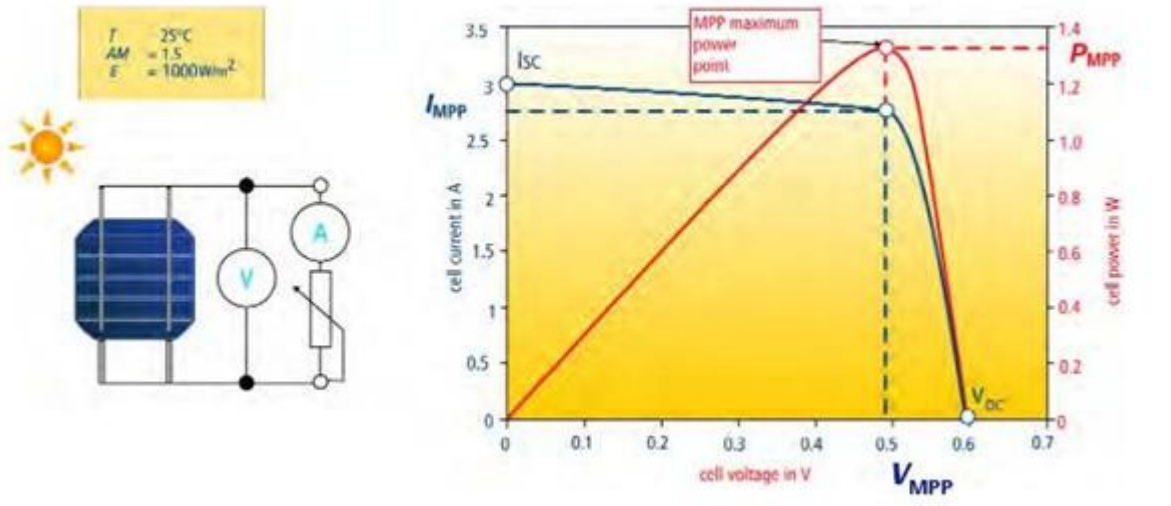


Μοντέλο ηλιακού κελιού με αντιστάσεις

$$I_{cell} = I_{ph} - I_0 \cdot \left(e^{\frac{q}{k \cdot T} (V_{load} + I_{cell} \cdot R_s)} - 1 \right) - \frac{V_{load} + I_{cell} \cdot R_s}{R_p}$$

Όπου R_S , R_P είναι εν σειρά και εν παραλλήλω ηλεκτρικές αντιστάσεις:

Μακροσκοπικά, ένα ηλιακό κελί μοντελοποιείται με την βοήθεια της χαρακτηριστικής του καμπύλης έντασης-τάσης I-V (I-V curve) ή ισχύος- τάσης P-V (P-V curve). Τυπικές καμπύλες παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα:



Καμπύλες I-V και P-V ενός ηλιακού κελιού

Χαρακτηριστικά μεγέθη αποτελούν:

- Η τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} : είναι η τάση που επικρατεί στην έξοδο ενός ηλιακού κελιού όταν τα δύο άκρα του είναι ανοικτά
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης: I_{sc} : είναι το ρεύμα που διαρρέει το ηλιακό κελί όταν τα δύο άκρα του βραχυκυκλωθούν.
- Η μέγιστη ισχύς του κελιού P_{mp} (maximum power point): είναι η μέγιστη ισχύς του ηλιακού κελιού που αντιστοιχεί σε τάση V_{mp} και ένταση I_{mp} .

Με στόχο τη δυνατότητα σύγκρισης διαφορετικών κελιών ή και πάνελ υπό κοινές συνθήκες, έχουν οριστεί οι λεγόμενες Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου, περισσότερο γνωστές ως STC συνθήκες από τα αρχικά των λέξεων Standard Test Conditions. Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν σε :

- Ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ίσης προς 1000 W/m^2 .
- Θερμοκρασία κελιού ίση προς 25°C .
- Μάζα αέρα (air mass) ίση προς 1.5 Η μάζα αέρα είναι μία παράμετρος που πρακτικά σχετίζεται με τη διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας. Έτσι όταν ο ήλιος βρίσκεται κάθετα στην επιφάνεια της γης, η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μόνο μία φορά διαμέσου του ατμοσφαιρικού αέρα, γεγονός που δηλώνεται ως $AM=1$. Ο παράγων $AM=1.5$, που χρησιμοποιείται ως πρότυπη συνθήκη για τον χαρακτηρισμό των ηλιακών κελιών αντιστοιχεί σε γωνία του ήλιου ίση προς 41.8° ως προς τον ορίζοντα.

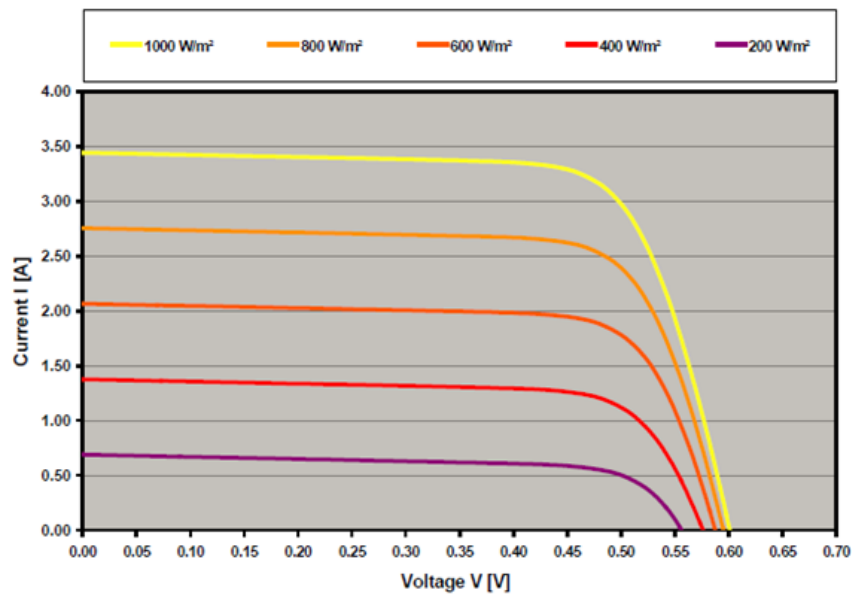
Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στον παράγοντα της θεοκρασίας κελιού, η οποία είναι συνήθως κατά $25\text{-}30^\circ\text{C}$ υψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι συνήθως οι κατασκευαστές παρέχουν και τα δεδομένα ισχύος στις λεγόμενες NOCT συνθήκες (Normal Operating Cell Temperature), οι οποίες αντιστοιχούν σε θερμοκρασία κελιού περί τους $45\text{-}48^\circ\text{C}$ για θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C , ένταση ακτινοβολίας 800 W/m^2

AM=1.5 και ταχύτητα ανέμου 1m/sec. Τα δεδομένα αυτά παρέχουν μία περισσότερο ρεαλιστική εικόνα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα ηλιακά κελιά, αναφορικά με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

2.3.γ Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία αποτελούν τους δύο κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας από ένα ηλιακό κελί.

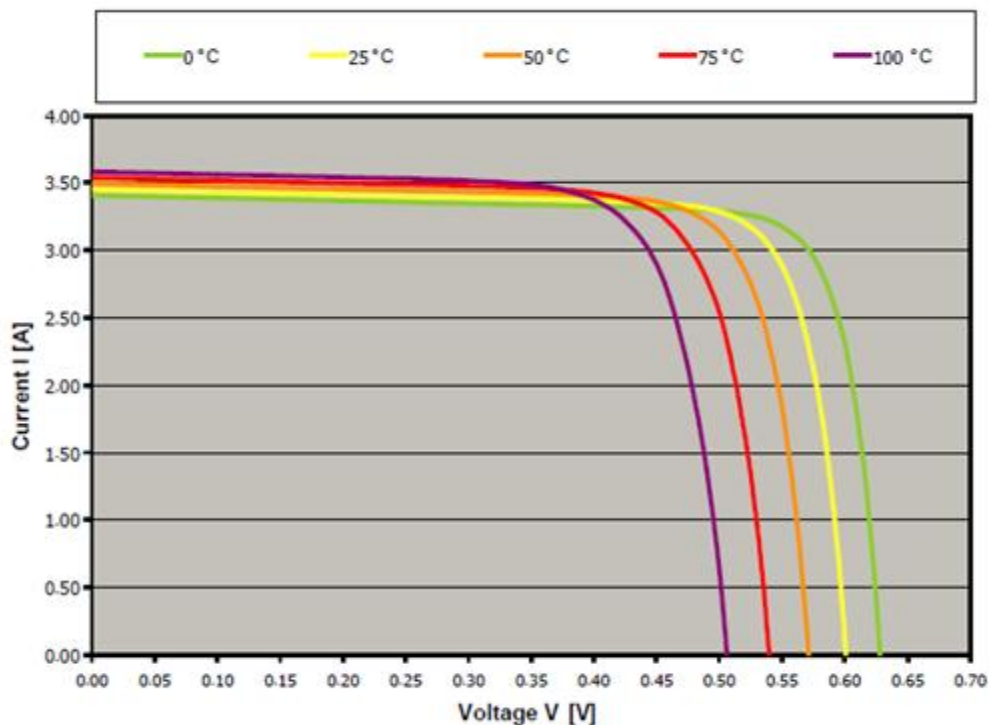
Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει τη μεταβολή της I-V χαρακτηριστικής ενός ηλιακού κελιού με μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας :



Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην καμπύλη I-V ενός ηλιακού κελιού

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά (σχεδόν ανάλογα) στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του κελιού ενώ η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της έντασης. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η σχεδόν αναλογική σχέση ανάμεσα στην ισχύ του κελιού και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, για σταθερές φυσικά θερμοκρασίες κελιού.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζει την επίδραση της θερμοκρασίας κελιού στην I-V χαρακτηριστική του κελιού:



Επίδραση της θερμοκρασίας στην I-V χαρακτηριστική ενός ηλιακού κελιού

Όπως προκύπτει από το παραπάνω σχήμα, η θερμοκρασία επιδρά κυρίως στην τάση του ηλιακού κελιού. Ειδικότερα, η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται σημαντικά με μείωση της θερμοκρασίας, γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται ελαφρά. Συνολικά, η ισχύς του ηλιακού κελιού μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Συνήθως οι κατασκευαστές των ηλιακών κελιών και πάνελ αναφέρουν ενδεικτικούς συντελεστές μεταβολής των παρακάτω μεγεθών με τη θερμοκρασία:

- Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , με τυπικές τιμές της τάξης του 0,04- 0,07% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου)
- Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,3 έως -0,4% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου).
- Μέγιστη ισχύς P_{mpp} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,4 έως -0,5% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου).

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου. Για πάνελ άμορφου πυριτίου, η μείωση στις τιμές της τάσης και κυρίως της ισχύος (που είναι και το μέγεθος με το άμεσο ενδιαφέρον) είναι μικρότερη, με ενδεικτικές τιμές της τάξης του -0,3% ανά βαθμό Kelvin για την τάση του ανοικτού κυκλώματος και -0,3 έως -0,4% ανά βαθμό Kelvin για την ισχύ του κελιού.

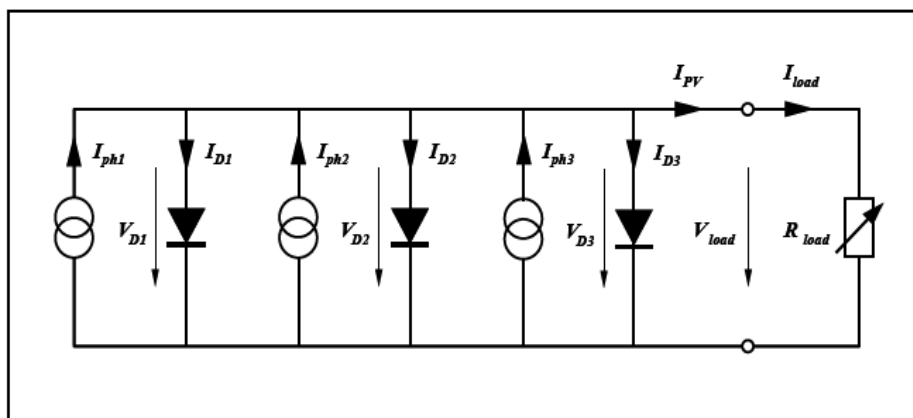
Το γεγονός αυτό φανερώνει ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας του άμορφου πυριτίου που είναι η μικρότερη μείωση ισχύος σε υψηλές θερμοκρασίες. Ωστόσο κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος και την επιλογή τεχνολογιών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο σημαντικά μικρότερος βαθμός απόδοσης (δηλαδή ποσοστού της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, 6-7% έναντι 15-17% για κρυσταλλικά κελιά) γεγονός που αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου και συναφών εγκαταστάσεων σταθμών με πάνελ άμορφου πυριτίου έναντι αντίστοιχων σταθμών με κρυσταλλικά πάνελ.

2.4. ΑΠΟ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΕΛΙΑ ΣΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΑΝΕΛ

Τα ηλιακά κελιά χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους. Συνήθως, κελιά με τα ίδια χαρακτηριστικά συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους ώστε να προκύψει μεγαλύτερη ισχύς με τη μορφή ενός φωτοβολταϊκού πάνελ. Τα πάνελ στη συνέχεια συνδυάζονται μεταξύ τους ώστε να προκύψουν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί. Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα.

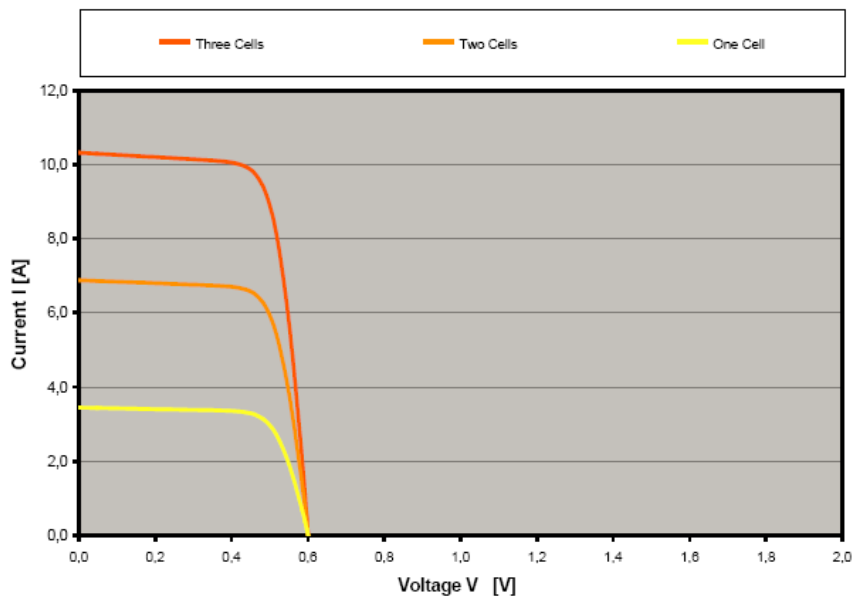
2.4.α Παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα:



Παράλληλη σύνδεση ηλιακών κελιών

Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

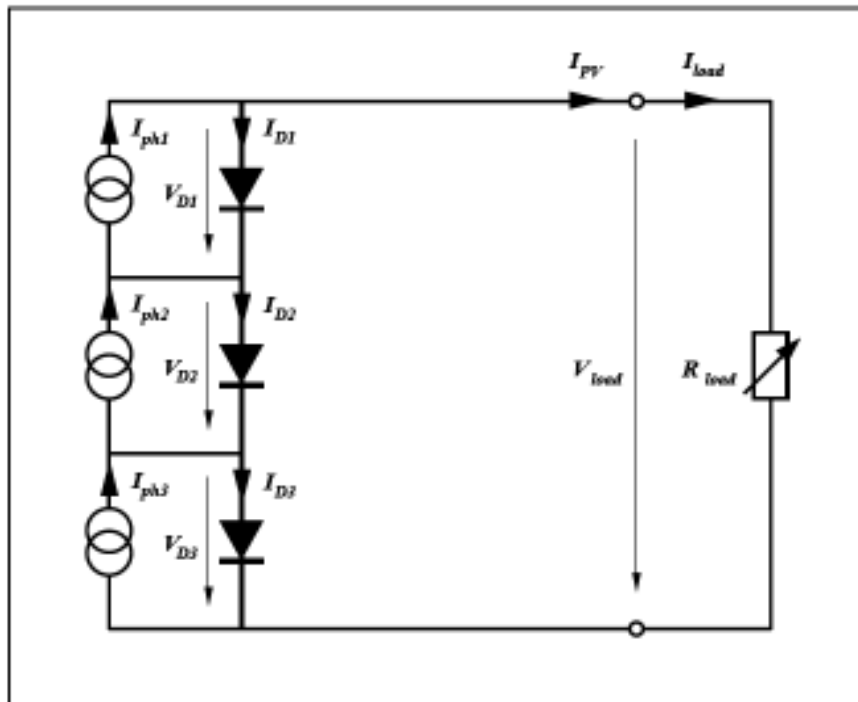


Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για παράλληλη σύνδεση κελιών

Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

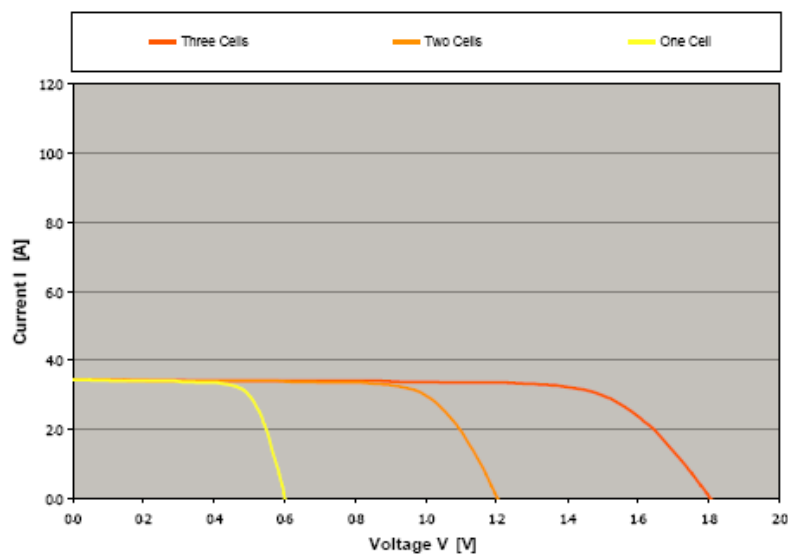
2.4.β Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και από το παρακάτω σχήμα:



Εν σειρά σύνδεση κελιών

Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



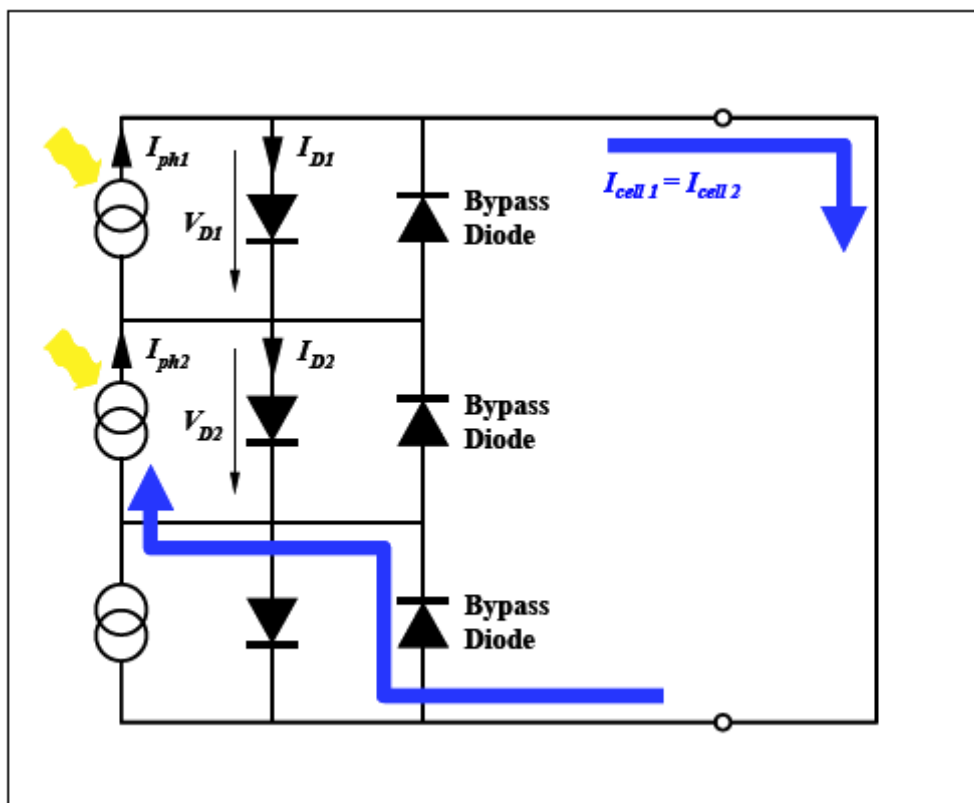
Παράδειγμα I-V χαρακτηριστικής κελιών συνδεδεμένων σε σειρά

2.4.γ Η επίδραση της σκίασης

Η επίδραση της σκίασης, της έλλειψης δηλαδή ηλιακού φωτός, ανάγεται στην μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, κτίρια, στύλοι κτλ) ή από παροδικά (και μάλλον στοχαστικού χαρακτήρα) φαινόμενα (π.χ. σύννεφα).

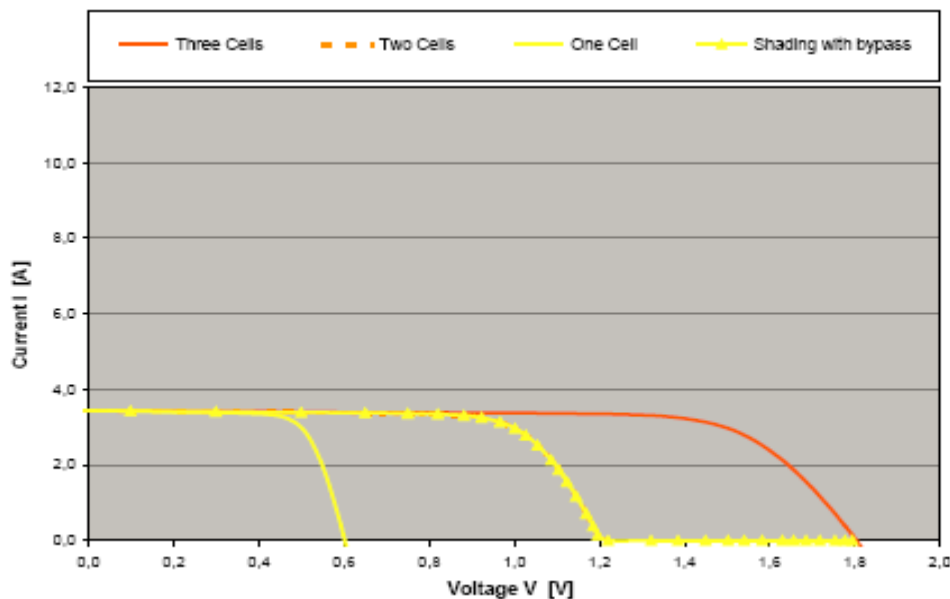
Για παράδειγμα ας θεωρηθεί η περίπτωση των τριών ηλιακών κελιών συνδεδεμένων σε σειρά. Αν υποθεθεί ότι ένα κελί σκιάζεται πλήρως τότε η παραγωγή ρεύματος από αυτό θα είναι μηδενική και κατά συνέπεια θα συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα, μηδενίζοντας τη συνολική παραγωγή ενέργειας.

Μία λύση που εφαρμόζεται συνήθως είναι η προσθήκη διόδων παράκαμψης (bypass diodes) συνδεδεμένων αντιπαράλληλα προς τα ηλιακά κελιά. Σε κανονικές συνθήκες οι διόδοι αυτοί είναι πολωμένες ανάστροφα και δεν επιδρούν στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, όταν ένα κελί σκιαστεί πλήρως, τότε το ρεύμα των υπόλοιπων ηλιακών κελιών ρέει διαμέσου της διόδου αυτής, η οποία πολώνεται ορθά, διατηρώντας έτσι τη ροή ενέργειας. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται σχηματικά παρακάτω:



Δίοδος ρεύματος διαμέσου της διόδου παράκαμψης σε περίπτωση πλήρους σκίασης

Η I-V χαρακτηριστική του συνδυασμού των κελιών μεταβάλλεται όπως στο παρακάτω Σχήμα:



I-V χαρακτηριστική κελιών με ένα κελί πλήρως σκιασμένο

Ωστόσο, η χρήση μιας διόδου παράκαμψης ανά κελί είναι γενικά αρκετά δαπανηρή και στην πράξη συνήθως χρησιμοποιείται μία διάδος ανά 10-1 κελιά. Για παράδειγμα για ένα πάνελ αποτελούμενο από 36 εν σειρά συνδεδεμένα κελιά, χρειάζονται 3 διόδους. Οι διόδους αυτοί περιλαμβάνονται συνήθως στο κιβώτιο σύνδεσης στο πίσω μέρος κάθε πάνελ.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διόδους παράκαμψης δεν προκαλούν απώλειες σε κανονικές συνθήκες όταν δεν διαρρέονται από ρεύμα. Επιπρόσθετα της προστασίας ενός ή περισσότερων κελιών που σκιάζονται, οι διόδους παράκαμψης επιτρέπουν τη ροή ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ σε μειωμένη βέλπια τάση και ισχύ.

Όπως έχει γίνει φανερό για την εν σειρά σύνδεση τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός πάνελ και, κατ' επέκταση μιας συστοιχίας πάνελ, καθορίζονται από το χειρότερο (από πλευράς σκίασης) κελί ή πάνελ. Για το λόγο αυτό, πάνελ με διαφορετικούς τύπους ηλιακών κελιών ή από διαφορετικούς κατασκευαστές δε θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους. Σε ακόμη μεγαλύτερα συστήματα ίσως είναι σκόπιμο ότι τα πάνελ που συνδέονται μεταξύ τους προέρχονται από την ίδια γραμμή παραγωγής. Επιπλέον, πρέπει ο σχεδιαστής μηχανικός να λαμβάνει κάθε δυνατή μέριμνα ώστε να αποφεύγονται σκιάσεις από δένδρα, καλώδια και στύλους ή περιβάλλοντα κτίρια.

2.5. ΠΡΑΚΤΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΝΕΛ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ

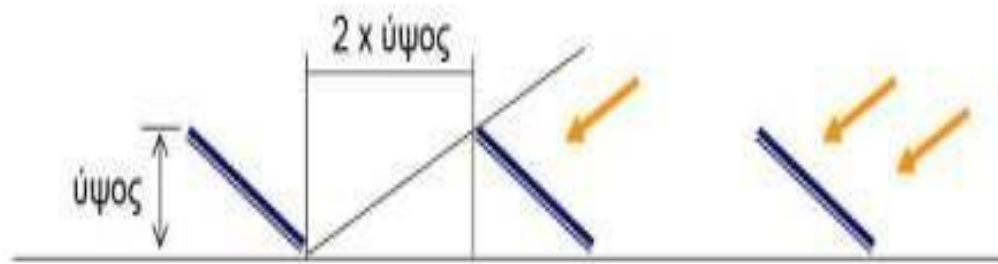
Στις προηγούμενες παραγράφους έγινε μία ανασκόπηση της τεχνολογίας των ηλιακών κελιών και των κυριότερων χαρακτηριστικών τους. Αντικείμενο του εδαφίου αυτού αποτελεί η χρησιμοποίηση των παραπάνω γνώσεων για τους βασικούς υπολογισμούς χωροθέτησης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού.

Όπως έγινε φανερό, το πρώτο ζητούμενο αποτελεί η επίτευξη της μέγιστης δυνατής έντασης ακτινοβολίας σε κάθε πάνελ κατά τη διάρκεια του χρόνου. Όπως θα περίμενε κανείς, η ένταση της ακτινοβολίας είναι αρκετά μεγαλύτερη το καλοκαίρι απ' ότi το

χειμώνα. Ωστόσο, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απολαβής θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη του και το γεγονός ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού συντελούν αρνητικά στην παραγωγή ενέργειας.

Για την μέγιστη απολαβή ενέργειας, τα πάνελ είναι απαραίτητο να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό με κλίση η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για τα ελληνικά δεδομένα, μία τυπική μέση χαρακτηριστική κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Ωστόσο όπως θα αναλυθεί περαιτέρω, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απολαβή αναγκάζοντας τα φωτοβολταϊκά πάνελ να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση, ώστε να λαμβάνεται υπόψη και η θέση του ήλιου στον ορίζοντα. Ωστόσο, τα προηγούμενα, δηλαδή η τοποθέτηση των πάνελ σε νότιο προσανατολισμό με περίπου 30 μοίρες κλίση ως προς την οριζόντιο, δίνουν έναν πρακτικό κανόνα τοποθέτησης των πάνελ.

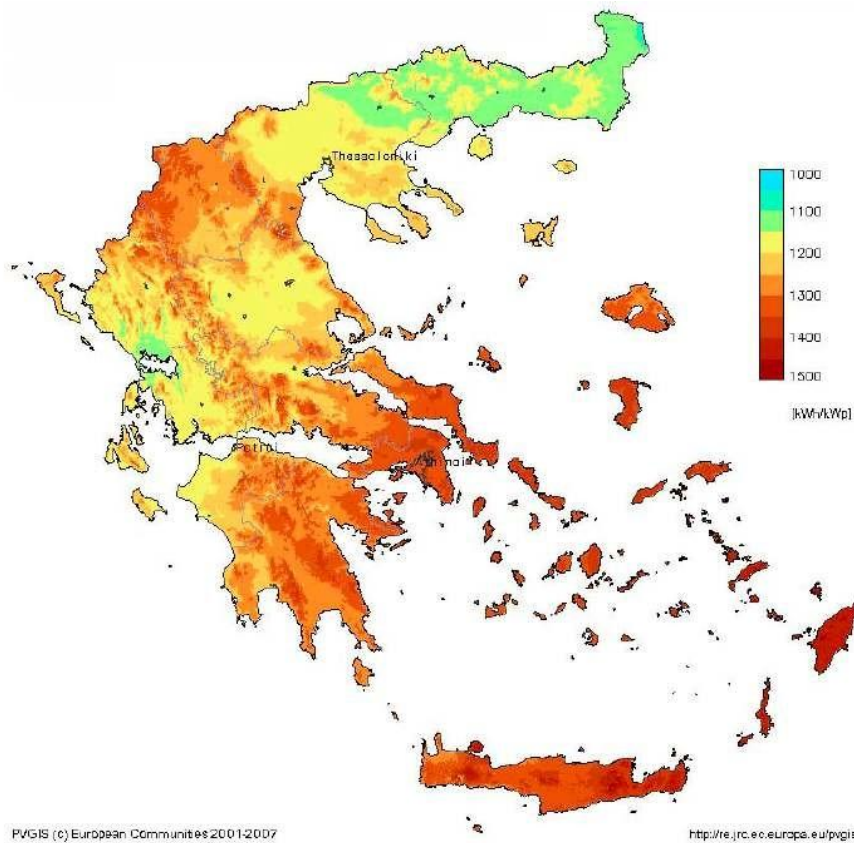
Αναφορικά με τη σκίαση, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε η εγκατάσταση να βρίσκεται σε χώρο στον οποίο απουσιάζουν εμπόδια. Επιπλέον, για την αποφυγή σκιάσεων σειρών φωτοβολταϊκών πάνελ μεταξύ τους, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Χωροθέτηση σειρών πάνελ

Η ενεργειακή απολαβή από τα φωτοβολταϊκά πάνελ εξαρτάται προφανώς και από τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης. Είναι προφανές ότι φωτοβολταϊκά πάνελ του ίδιου κατασκευαστή τοποθετημένα ακριβώς με τον ίδιο τρόπο θα δίνουν διαφορετική παραγωγή στη Βόρεια απ' ό τι στη Νότια Ελλάδα, όπου επικρατούν διαφορετικές συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας. Ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει πάντα να έχει υπόψη του ότι η αναγραφόμενη ισχύ κάθε πάνελ (peak power, W_p) αναφέρεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικά επικρατούσες συνθήκες.

Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικές παραγωγές ηλεκτρικές ενέργειας ανά έτος και ανά εγκατεστημένο kW_p για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδος για πάνελ τοποθετημένα σε σταθερές βάσεις:






Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Πηγή ΣΕΦ, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

Όπως προκύπτει, μία μέση εκτίμηση της ενεργειακής απολαβής είναι 1150-1500kWh/kWp ετησίως, με τις μεγαλύτερες τιμές να σημειώνονται στην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. Ο υπολογισμός αυτός προσαυξάνεται κατά περίπου 25-30% κατά μέσο όρο με τη χρησιμοποίηση συστημάτων ανίχνευσης της πορείας του ήλιου (trackers).

Ωστόσο, ένα συχνό θέμα αποτελεί υπολογισμός της απόδοσης όταν υπάρχει απόκλιση από τις ιδανικές συνθήκες προσανατολισμού και κλίσης. Το φαινόμενο αυτό συναντάται συνήθως σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών σε κτίρια όπου η επιφάνεια χωροθέτησης είναι δεδομένου προσανατολισμού και κλίσης. Αντίθετα, σε εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών επί εδάφους υπάρχει συνήθως αρκετός χώρος ώστε να επιτευχθούν οι βέλτιστες συνθήκες. Στις περιπτώσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω διαγράμματα:

Τέλος, συγκεντρωτικά, είναι σκόπιμο να έχει κανείς υπόψη του τα γενικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών πάνελ. Ένας ενδεικτικός πίνακας δίνεται παρακάτω:

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών (εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)			
ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	a-Si: 4,2-6,6% μ-Si: 8,1-8,5% CIS-CIGS: 6-11% CdTe: 6-11,1%	11-14,8%	11-19,3%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m ²	7-9 m ²	5,5-9 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.450	1.300	1.300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	50-160	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.450	1.300	1.300

Στατιστικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών πάνελ, Πηγή ΣΕΦ

2.5.α Τρόποι στήριξης Φ/Β πάνελ

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως εδράζονται επί εδάφους με δύο τρόπους:

- Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο, συνήθως αναφερόμενες ως «σταθερές βάσεις»
- Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, αναφερόμενες συνήθως ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερς (trackers).

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ως άνω τρόπων έδρασης.

2.5.β Σταθερές βάσεις

Οι σταθερές βάσεις αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης Φ/Β πάνελ. Η αρχή σχεδιασμού τους είναι απλή: οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πάνελ κατά το μεσημέρι. Έτσι οι βάσεις κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, περί τις

30 μοίρες. Η κλίση αυτή θεωρείται ως μία ικανοποιητική μέση τιμή για τα Ελληνικά δεδομένα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η ιδανική κλίση είναι αρκετά μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αρκετά μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες.

Οι σταθερές βάσεις κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα (χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ). Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις ή φορτία χιονιού.

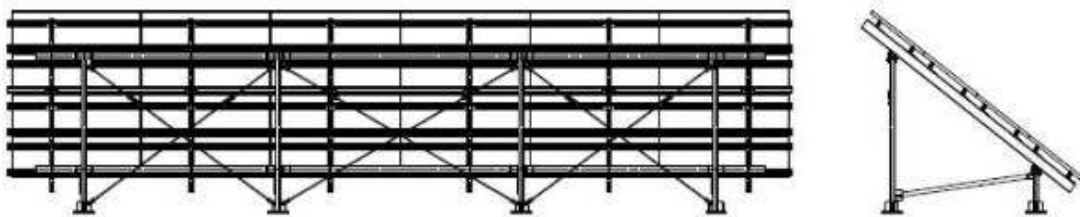
Οι βάσεις τοποθετούνται επί του εδάφους είτε με σκυροδέτηση είτε απευθείας με εδαφόμεληξη. Η σκυροδέτηση των βάσεων γίνεται συνήθως σε δοκάρι (δηλαδή σε όλη τη σειρά των βάσεων) από οπλισμένο σκυρόδεμα, είτε σε πέλατα από σκυρόδεμα, τοποθετημένα κατάλληλα ώστε να επιτρέπουν το βίδωμα των υποδοχών των βάσεων. Η εδαφόμεληξη γίνεται συνήθως σε βάθη τυπικά του 0,5-1,5 μέτρα, όπου τοποθετούνται πάσσαλοι, επί των οποίων στη συνέχεια εδράζεται η βάση.

Η σκυροδέτηση των βάσεων αυξάνει το κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την απλή εδαφόμεληξη. Ωστόσο, συστήνεται να διενεργείται αυτοψία και γεωτεχνική μελέτη για να διαπιστωθεί κατά πόσο ο τύπος του εδάφους επιτρέπει την εδαφόμεληξη χωρίς να δημιουργούνται θέματα στατικής επάρκειας των βάσεων.

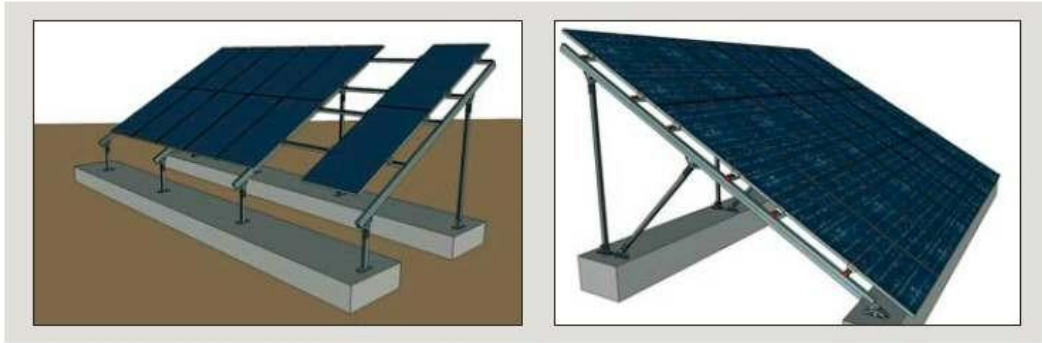
Επιπλέον, ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να είναι προσεκτικός στη χρήση παρελκόμενων υλικών όπως βίδες ή σύνδεσμοι Φ/Β πάνελ, καθώς θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή οξειδώσεων ή ηλεκτρόλυσης. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα για τη δυνατότητα όδευσης καλωδίων καθώς και για τη στήριξη πινάκων ή αντιστροφών, σε περίπτωση που τεχνικά διαπιστωθεί ότι αυτή είναι η βέλτιστη λύση.

Οι σταθερές βάσεις αποτελούνται συνήθως από τεμάχια τα οποία συναρμολογούνται επί το έργω. Κάθε τεμάχιο χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη επιφάνεια τοποθέτησης, η οποία συνήθως υπολογίζεται λαμβάνοντας κάποιες μέσες τιμές διαστάσεων πάνελ (τυπικά 1,6 χ 1 μέτρο για κρυσταλλικά πάνελ). Τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν ανά απλή (μονή) σειρά ή (συνηθέστερα) σε διπλή σειρά ή ακόμη και σε τριπλή ή τετραπλή σειρά. Επίσης είναι δυνατή η τοποθέτηση τους είτε κατά τη μικρή διάσταση (portrait) είτε κατά τη μεγάλη διάσταση (landscape). Η ακριβής χωροθέτηση εξαρτάται από τη μορφολογία του διαθέσιμου χώρου εγκατάστασης και τις διαστάσεις αυτού.

Οι επόμενες φωτογραφίες παρουσιάζουν ενδεικτικά κάποιες σταθερές βάσεις.



Τυπική σταθερή βάση στήριξης



Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε δοκάρια από μπετόν



Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε πέλιμα από μπετόν



Παράδειγμα εδαφόμπτυξη βάσεων



Σταθερές βάσεις σε οροφή κτιρίου



Σταθερές βάσεις για σκεπές



2.5.γ Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου

Η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μμεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερ (tracker) χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τα συστήματα βάσεων, παρέχοντας ωστόσο αυξημένες αποδόσεις, κατά μέσο όρο της τάξης του 30%. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Συστήματα μονού άξονα (single axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία λαμβάνει χώρα κίνηση των πάνελ σε έναν άξονα, αυτόν της Ανατολής- Δύσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας. Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.
- Συστήματα διπλού άξονα (dual axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία είναι επιπλέον δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πάνελ ως προς την οριζόντιο. Η επιπλέον αυτή δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά τυπικά 25-40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

Η κίνηση στα συστήματα αυτά επιτυγχάνεται με συνήθως με ήλεκτρο-μηχανικά ή ήλεκτρο-υδραυλικά μέσα. Κατά συνέπεια, όλα τα συστήματα ιχνηλάτησης χαρακτηρίζονται από ιδιοκαταναλώσεις, οι οποίες είναι μικρές καθώς η κίνηση δεν είναι συνεχής αλλά περιοδική, τυπικά μία κίνηση ανά 10 λεπτά. Ωστόσο, είναι σκόπιμο η ενέργεια αυτή να προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ και όχι από τα Φ/Β πάνελ λόγω της διαφοράς τιμής.

Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους: ο πρώτος τρόπος είναι με ηλιακούς αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω λογισμικού, από αστρονομικά δεδομένα, βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και πορεία του ήλιου για κάθε μέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής.

Λόγω της ανάγκης κίνησης σημαντικού αριθμού πάνελ, τα συστήματα ιχνηλάτησης χαρακτηρίζονται από επίπεδες επιφάνειες τοποθετημένες σε μία κάθετη ως προς το έδαφος βάση στήριξης. Στη βάση στήριξης τοποθετείται συνήθως και ο αντιστροφέας (inverter) ή αν αυτό δεν είναι δυνατόν, γίνεται η αναχώρηση καλωδίων προς ένα κεντρικό σημείο συλλογής όπου βρίσκονται και οι αντιστροφείς.

Το γεγονός αυτό οδηγεί σε κατασκευές σημαντικού ύψους το οποίο κυμαίνεται από 2,5 έως 10-12 μέτρα, αναλόγως της κατασκευής. Το ύψος της κατασκευής συνήθως αυξάνει με την αύξηση της επιφάνειας των πάνελ. Σήμερα συστήματα ιχνηλάτησης κατασκευάζονται για να φέρουν ισχύ πάνελ που κυμαίνεται από 2-3kWp έως περίπου 33kWp.

Το σημαντικό μέγεθος της κατασκευής καθιστά πολυπλοκότερη και την έδραση. Συνήθως οι βάσεις στήριξης εδράζονται σε οπλισμένο σκυρόδεμα σημαντικού όγκου (από 2-3 έως και περίπου 20-30 κυβ. μέτρα) ώστε να εξασφαλίζεται η στατική τους επάρκεια. Επιπλέον, αυξάνονται τα κόστη εγκατάστασης σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

Το σημαντικό μέγεθος των συστημάτων αυτών (και κυρίως το ύψος τους) αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου σε σχέση με ένα σύστημα σταθερών βάσεων, συνήθως κατά 1,5-2 φορές, λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ τους για την αποφυγή σκιάσεων. Επιπλέον, το μέγεθος των τράκερ τους καθιστά περισσότερο ευάλωτους (σε σχέση με συστήματα σταθερών βάσεων) σε ανεμοπιέσεις. Η συνηθέστερη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι να χρησιμοποιείται ένα ανεμόμετρο και όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει ένα

όριο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το σύστημα κίνησης να λαμβάνει εντολή να θέτει την επιφάνεια των πάνελ σχεδόν παράλληλα με το έδαφος, μία διαδικασία γνωστή ως «οριζοντίωση», για λόγους προστασίας. Η ταχύτητα αυτή κυμαίνεται ανάλογα με τον κατασκευαστή, αλλά μπορεί να είναι και χαμηλή και να αντιστοιχεί σε άνεμο έντασης 5-6 Bf. Κατά συνέπεια, κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εκτιμά τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης προτού προχωρήσει στην επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου τέτοιου συστήματος.

Πέραν των παραπάνω, κάθε μελετητής μηχανικός και εν δυνάμει ιδιοκτήτης ενός Φ/Β πάρκου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τα εξής πρακτικά ζητήματα που αφορούν την τοποθέτηση των συστημάτων ιχνηλάτησης:

- Όλα τα συστήματα ιχνηλάτησης χρήζουν συντήρησης λόγω της ύπαρξης ηλεκτρο-μηχανικών ή ηλεκτρο-υδραυλικών μέσων κίνησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καταστεί απαραίτητος ο επαναπρογραμματισμός του λογισμικού του συστήματος κίνησης, λόγω απώλειας δεδομένων.
- Λόγω του σημαντικού τους ύψους, είναι απαραίτητη η έκδοση οικοδομικής άδειας και όχι έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας, όπως ισχύει για τα συστήματα σταθερών βάσεων. Το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και επηρεάζει τον χρόνο υλοποίησης της κατασκευής του σταθμού.
- Επιπλέον λόγω του σημαντικού ύψους, η εκτέλεση διάφορων εργασιών γίνεται δυσκολότερη σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Παραδείγματα τέτοιων εργασιών αποτελούν η αντικατάσταση ενός πάνελ που έχει υποστεί φθορά ή ο καθαρισμός των πάνελ.

Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά κάποιες διατάξεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου.





Διατάξεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου μονού άξονα







Διατάξεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου διπλού άξονα

2.6. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ (INVERTERS)

Με τον όρο αντιστροφέα νοείται η διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των Φ/Β πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστική τιμή 230V (ανά φάση) /50 Hz. Οι αντιστροφέες αποτελούν πάντα ένα κομβικό σημείο σε μία Φ/Β εγκατάσταση καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Κατά συνέπεια έχει ιδιαίτερη σημασία να χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία και υψηλή απόδοση.

Η ΔΕΗ, αναγνωρίζοντας το σημαντικό ρόλο των αντιστροφέων σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα θέτει συγκεκριμένες προδιαγραφές για αυτούς απαιτώντας την ύπαρξη σχετικών πιστοποιητικών. Επιπλέον κατά τη φάση παραλαβής του έργου, οι αντιστροφέες υποβάλλονται σε έλεγχο για να διαπιστωθεί κατά πόσο τηρούνται αυτές οι προδιαγραφές. Οι προδιαγραφές αυτές αφορούν:

1. Την τάση και τη συχνότητα των αντιστροφέων: οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων προστασιών ορίων τάσης και συχνότητας είναι από -20% έως +15% και +/-0,5Hz αντίστοιχα για σταθμούς στο διασυνδεδεμένο σύστημα και από -20% έως +15% και από 47,5Hz έως 51Hz για σταθμούς σε μη διασυνδεδεμένα νησιά. Σε περίπτωση ενεργοποίησης των παραπάνω προστασιών ο χρόνος αποσύνδεσης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 0,5 sec και ο χρόνος επανασύζευξης τουλάχιστον 3 λεπτά.
2. Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5%. Ο συντελεστής THD ορίζεται ως:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

όπου I_1 είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος στη θεμελιώδη συχνότητα και I_h η ενεργός τιμή της αρμονικής ρεύματος τάξης h και συχνότητας $50 \times h$ Hz.

3. Εφόσον οι αντιστροφείς δε διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης η έγχυση συνεχούς ρεύματος (dc injection current) δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 0,5% του ονομαστικού ρεύματος.
4. Προστασία έναντι του φαινομένου νησιδοποίησης κατά το πρότυπο VDE 0126. Το σημείο αυτό πρόκειται να αναλυθεί περαιτέρω στις επόμενες παραγράφους.

Οι αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων συστημάτων διαχωρίζονται ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν σε:

1. Μονοφασικούς αντιστροφείς, με τυπικά μεγέθη ισχύος έως 10- 11kW.
2. Τριφασικούς αντιστροφείς, με μεγέθη ισχύος από 6-7kW έως και 1MW.

Τονίζεται ότι η ΔΕΗ επιβάλλει τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα για εγκαταστάσεις άνω των 5kW, ενώ εγκαταστάσεις άνω των 100kW συνδέονται υποχρεωτικά στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) της ΔΕΗ.

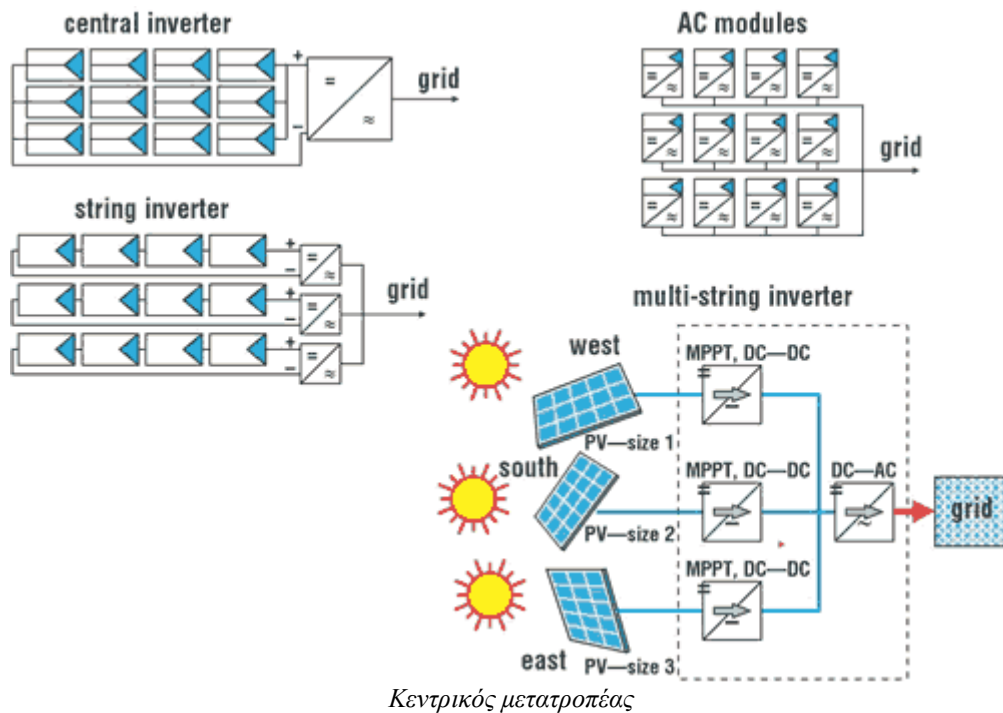
Οι αντιστροφείς ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή για γαλβανική απομόνωση (χαμηλής ή υψηλής συχνότητας) ανάμεσα στην DC είσοδο και την AC έξοδο χωρίζονται σε :

1. Αντιστροφείς με μετασχηματιστή (inverters with transformer)
2. Αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (transformerless (TL) inverters)

Επιπλέον, ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των Φ/Β πάνελ που χρησιμοποιείται οι αντιστροφείς χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες :

1. Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)
2. Αντιστροφείς κλάδων (string inverters)
3. Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters)
4. Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (module integrated inverters).

Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει σχηματικά τις παραπάνω οικογένειες αντιστροφέων:



2.6.α Η χρήση μετασχηματιστή στους αντιστροφείς

Ο κυριότερος λόγος της χρήσης μετασχηματιστή σε έναν αντιστροφέα είναι αυτός της απομόνωσης της DC πλευράς η οποία συνδέεται με τα φωτοβολταϊκά πάνελ με την AC πλευρά που συνδέεται στο δίκτυο. Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι κατασκευασμένοι για συχνότητα 50Hz, ή για υψηλότερη συχνότητα (της τάξης των 10- 15kHz) για μικρότερη ισχύ. Οι μετασχηματιστές χαμηλής συχνότητας εμφανίζουν μεγαλύτερες απώλειες, καταλαμβάνουν μεγαλύτερο όγκο και έχουν μεγαλύτερο βάρος. Αντιθέτως οι μετασχηματιστές υψηλής συχνότητας χαρακτηρίζονται από πιο εξειδικευμένη κατασκευή.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της χρήσης του μετασχηματιστή, πέραν του αυξημένου κόστους ανά μονάδα ισχύος, είναι αυτό της εισαγωγής επιπλέον απωλειών που κυμαίνονται μεταξύ 2-4%. Ωστόσο είναι πιθανόν και οι αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή να εμφανίζουν αυξημένες απώλειες αν χρησιμοποιούνται μετατροπείς ανύψωσης της DC τάσης των Φ/Β πάνελ (DC/DC μετατροπείς ανύψωσης). Επιπλέον, η έλλειψη γαλβανικής απομόνωσης στους αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή, δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις αναφορικά με την ασφάλεια και την εμφάνιση διαρροών και ασυμμετριών. Σε ορισμένες περιπτώσεις δε, επιβάλλεται η χρήση αντιστροφέων με μετασχηματιστή. Μία τέτοια περίπτωση είναι αυτή των πάνελ άμορφου πυριτίου όπου υποχρεωτικά συνδέονται σε αντιστροφείς με μετασχηματιστή απομόνωσης.

Μία σύγκριση των δύο οικογενειών αντιστροφέων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

	Αντιστροφείς με μετασχηματιστή (with transformer)	Αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (transformerless-TL)
Χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> - Οι τάσεις εισόδου και εξόδου είναι γαλβανικά απομονωμένες - Ευρεία χρήση - Κυρίως χρήση σε υψηλότερα επίπεδα ισχύος 	<ul style="list-style-type: none"> - Η τάση των Φ/Β πάνελ πρέπει είτε να είναι σημαντικά υψηλότερη από το πλάτης της τάσης δικτύου, ή να χρησιμοποιηθούν DC/DC μετατροπεί
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Ασφάλεια - Πολλά χρόνια λειτουργίας - Μείωση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών 	<ul style="list-style-type: none"> - Μεγαλύτερη απόδοση (σε συσκευές χωρίς DC/DC μετατροπείς - Μικρότερος όγκος και βάρος
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> - Απώλειες μετασχηματιστή (μαγνητικές και ωμικές) - Αυξημένος όγκος και βάρος 	Μεγαλύτερες απαιτήσεις ασφάλειας Μεγαλύτερη ευαισθησία σε ασυμμετρίες Μεταβολές του σημείου λειτουργίας

Πίνακας : Σύγκριση αντιστροφέων με μετασχηματιστή και χωρίς μετασχηματιστή

2.6.β Οικογένειες αντιστροφέων Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)

Οι κεντρικοί αντιστροφείς αποτελούν το είδος των αντιστροφέων που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, της τάξης από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο MT της ΔΕΗ.

Αρχικά στους κεντρικούς μετατροπείς χρησιμοποιήθηκαν θυρίστορ με χαμηλές συχνότητες μεταγωγής και αυξημένες ανάγκες χρήσης φίλτρων. Ωστόσο με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα θυρίστορ αντικαταστάθηκαν από τρανζίστορ IGBT με μεγαλύτερες συχνότητες μεταγωγής, τα οποία, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εξελιγμένων τεχνικών διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) υλοποιούμενων ψηφιακά, οδήγησαν τους κεντρικούς μετατροπείς στην δημιουργία σχεδόν ημιτονοειδών ρευμάτων εξόδου με χαμηλές απαιτήσεις χρήσης φίλτρων.

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφών όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει έναν κεντρικό μετατροπέα στα με μέγιστη ισχύ εισόδου τα 1,4kWp.



Κεντρικός μετατροπέας

2.6.γ Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (string inverters)

Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφών σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων (strings) σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8).

Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικά ορισμένους αντιστροφείς αυτού του τύπου:



Μετατροπείς κλάδων

2.6.δ Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων ή στοιχειοσειρών (multi - string inverters)

Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς.

Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας, όπως είναι η κλίση των πάνελ ή η ύπαρξη προβλημάτων σκίασης.

Λόγω του ειδικού χαρακτήρα της χρήσης τους, η διαθεσιμότητα μοντέλων multi-string είναι σαφώς πιο περιορισμένη απ' ό τι σε συμβατικούς string inverters.



Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων

2.6.ε Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (Module integrated inverters)

Οι αντιστροφείς αυτοί αποτελούν μία σχετικά νέα κατηγορία χαμηλής ισχύος (έως περίπου 300W). Οι αντιστροφείς αυτοί ενσωματώνονται, δηλαδή δέχονται στην είσοδο τους, με ένα Φ/Β πάνελ. Σκοπός της χρήσης τους αποτελεί η βέλτιστη λειτουργία της Φ/Β εγκατάστασης ανά κάθε πάνελ χωριστά. Οι αντιστροφείς αυτοί παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως για μικρές οικιακές εγκαταστάσεις με σημαντικά προβλήματα σκίασης.



Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ

2.6.στ Σημαντικοί παράμετροι λειτουργίας

Στις επόμενες παραγράφους αναφέρονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των αντιστροφών:

Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

Ο (συνολικός) βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα, σε συγκεκριμένες συνθήκες φόρτισης ορίζεται ως το πηλίκο της (AC) ισχύος εξόδου προς την (DC) ισχύ εισόδου, δηλαδή:

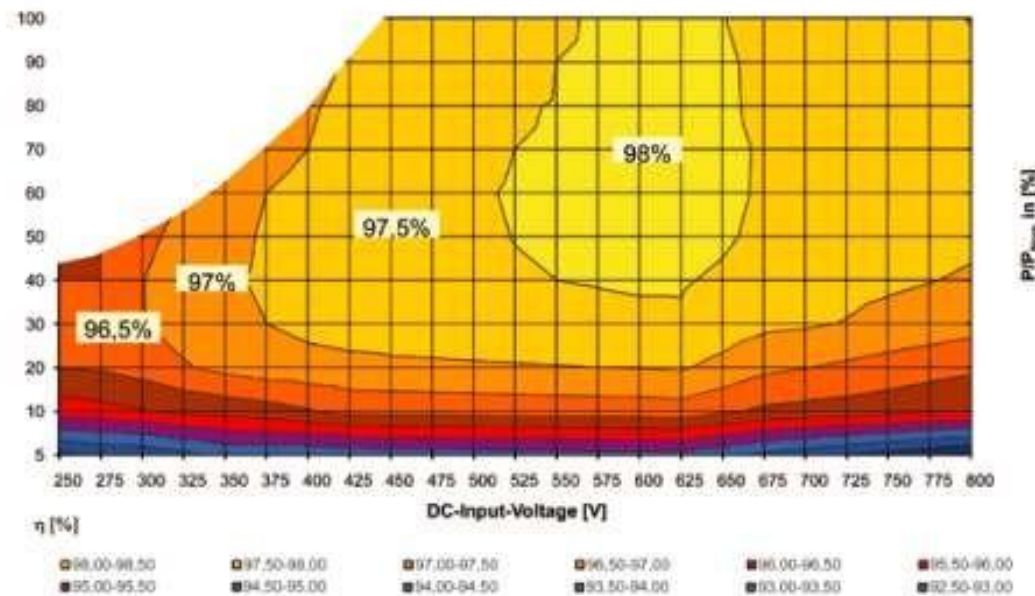
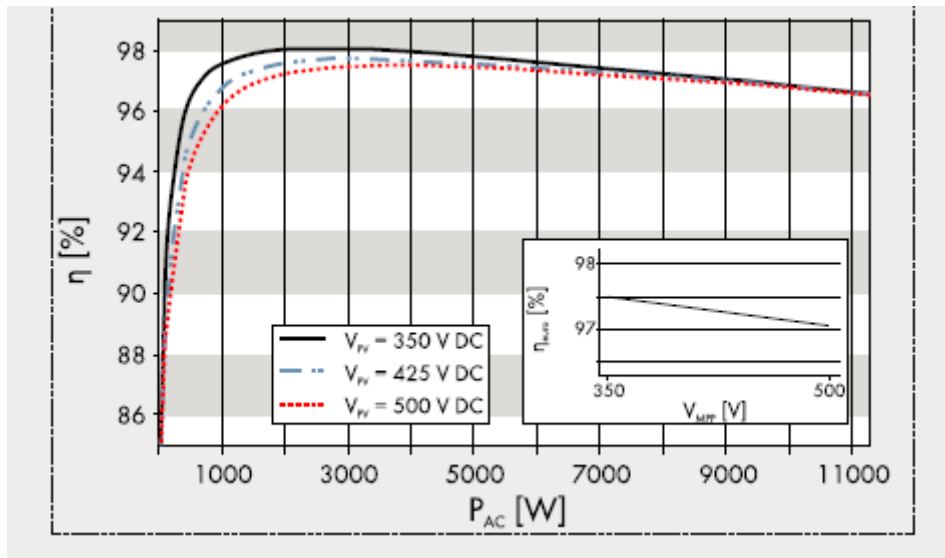
$$\eta(\%) = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

Ο βαθμός απόδοσης αντανακλά το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες στον αντιστροφέα. Οι κυριότερες απώλειες εμφανίζονται στα ημιαγωγά στοιχεία ισχύος, ενώ άλλες πηγές απωλειών αποτελούν οι ωμικές αντιστάσεις των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, οι απώλειες αερισμού κτλ.

Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός αντιστροφέα και κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει το σημείο αυτό. Ο λόγος είναι προφανής: απώλειες ισχύος μεταφράζονται σε απώλειες εισοδήματος σε διασυνδεδεμένα συστήματα. Για παράδειγμα αν υποθεθεί ότι η μέση παραγωγή σε μία τοποθεσία είναι 1.300kWh/kWp το έτος τότε η μεταβολή κατά 1% (επί της ονομαστικής ισχύος) των απωλειών σε ένα Φ/Β σταθμό 100kWp, θα σήμαινε απώλειες εισόδων της τάξης των 585€/έτος.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει το βαθμό απόδοσης, θεωρώντας ίδιο ποσό φόρτισης του αντιστροφέα, είναι η ύπαρξη ή μη μετασχηματιστή απομόνωσης. Όπως αναφέρθηκε στην αγορά υπάρχουν οι τεχνολογίες αντιστροφών με μετασχηματιστή ή χωρίς. Τυπικές τιμές απόδοσης αντιστροφών με μετασχηματιστή είναι της τάξης του 92-94% με μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (LF) και 94-96% με μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας (HF). Αντίθετα, σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή ο βαθμός απόδοσης κυμαίνεται μεταξύ 96-98,5%.

Οι παραπάνω τιμές απόδοσης αναφέρονται στον μεταγραφόμενο μέγιστο βαθμό απόδοσης (maximum efficiency). Η τιμή αυτή αναγράφεται πάντα στα τεχνικά φυλλάδια. Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζει κανείς ότι κάθε αντιστροφέας λειτουργεί λίγες φορές στον απολύτως μέγιστο βαθμό απόδοσης, καθώς αυτός εξαρτάται από το επίπεδο φόρτισης του αντιστροφέα και την DC τάση λειτουργίας. Ως βαθμός φόρτισης νοείται το ποσοστό της ισχύος εισόδου του αντιστροφέα, ως προς την ονομαστική ισχύ εισόδου ή η ισχύς εξόδου (ο ακριβής προσδιορισμός εξαρτάται από τον κατασκευαστή). Οι κατασκευαστές παρουσιάζουν τα στοιχεία αυτά με τη μορφή διαγραμμάτων, όπως για παράδειγμα στα παρακάτω σχήματα:



Παραδείγματα διαγραμμάτων βαθμού απόδοσης αντιστροφών

Όπως παρατηρείται στα παραπάνω διαγράμματα, ο βαθμός απόδοσης των αντιστροφών εμφανίζει μέγιστο σε μία περιοχή τιμών ισχύος και DC τάσεων. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαστασιολόγηση αντιστροφών σε σχέση με την ονομαστική ισχύ των Φ/Β πάνελ, όπου ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εξετάζει, ανάλογα με την περίπτωση, αν η λειτουργία του αντιστροφέα αντιστοιχεί σε περιοχές με υψηλό βαθμό απόδοσης.

Έτσι για υπέρ-διαστασιολογημένους αντιστροφείς (αναφορικά με τη συνολική ισχύ των Φ/Β πάνελ που συνδέονται στην είσοδο τους), είναι πιθανό να λειτουργούν σε σχετικά χαμηλά φορτία για τα οποία δεν εμφανίζουν το βέλτιστο βαθμό απόδοσης και επιπλέον στοιχίζουν περισσότερο. Από την άλλη πλευρά, αντιστροφείς που εμφανίζονται υπό-διαστασιολογημένοι σε σχέση με την ισχύ των Φ/Β πάνελ, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε απώλειες ενέργειας λόγω υπερφόρτισης: κάθε αντιστροφέας χαρακτηρίζεται από μία μέγιστη ισχύ η οποία δεν μπορεί να ξεπεραστεί για λόγους ασφαλείας, οπότε είναι πιθανόν πλεονάσματα ενέργειας από τα Φ/Β πάνελ να χάνονται.

Συνήθως, ανάλογα και με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής εγκατάστασης, το είδος των πάνελ, της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας στήριξης (σταθερές βάσεις ή τράκερ) και της καμπύλης απόδοσης του κάθε αντιστροφέα, η σχέση μεταξύ της ονομαστικής ισχύος εξόδου του αντιστροφέα και της ισχύος των Φ/Β πάνελ κυμαίνεται μεταξύ 90% και 115%.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης δεν επαρκεί για να χαρακτηρίσει τη λειτουργία ενός αντιστροφέα αναφορικά με τις απώλειες του. Μία καλύτερη προσέγγιση παρέχει ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης (euro efficiency), ο οποίος αποτελεί έναν μεσοσταθμισμένο βαθμό απόδοσης, βάσει αποδόσεων σε μερικά φορτία, εκφρασμένα σε ποσοστά της ονομαστικής ισχύος εξόδου. Ο βαθμός αυτός ορίζεται ως:

$$\eta_E = 0.03\eta_{5\%} + 0.06\eta_{10\%} + 0.13\eta_{20\%} + 0.1\eta_{30\%} + 0.48\eta_{50\%} + 0.2\eta_{100\%}$$

όπου λαμβάνονται οι βαθμοί απόδοσης στο 5%, 10%, 20%, 30%, 50% και 100% της ονομαστικής ισχύος εξόδου με συντελεστές βαρών 3%, 6%, 13%, 10%, 48% και 20% αντίστοιχα. Ο Ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης διαφέρει συνήθως από το μέγιστο βαθμό απόδοσης κατά 1-2% και δίνεται επίσης από τους κατασκευαστές.

2.6.ζ Βέλτιστο σημείο λειτουργίας των Φ/Β πάνελ

Η παρακολούθηση του σημείου βέλτιστης λειτουργίας γνωστή και ως MPPT (Maximum Power Point Tracking) αναφέρεται στην τεχνική που χρησιμοποιείται ώστε να μεταβάλλεται το σημείο λειτουργίας (τάση-ρεύμα) των Φ/Β πάνελ ώστε να ανταποκρίνεται κάθε φορά στο σημείο που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ισχύς ενός Φ/Β πάνελ, η οποία προκύπτει από το γινόμενο της τάσης με την ένταση ρεύματος, δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε σχέση με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (irradiance, G) και της θερμοκρασίας. Οι κατασκευαστές των πάνελ δίνουν στα τεχνικά φυλλάδια τη μέγιστη ισχύ (Maximum Power Point, MPP) στις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες αντιστοιχούν σε ένταση ηλιακής ακτινοβολίας ίση προς $G=1000\text{W/m}^2$, και θερμοκρασία πάνελ ίση προς 25 βαθμούς Κελσίου. Σε οποιαδήποτε άλλες συνθήκες, η μέγιστη ισχύς μεταβάλλεται και μειώνεται με τη μείωση της ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητο κάθε αντιστροφέας να διαθέτει διατάξεις οι οποίες παρακολουθούν συνεχώς το σημείο λειτουργίας των πάνελ και το μεταβάλλουν, ώστε να αντιστοιχεί κάθε φορά στο σημείο της μέγιστης ισχύος.

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται διάφοροι αλγόριθμοι MPPT. Ένας απλός και διαδεδομένος αλγόριθμος είναι αυτός της μεθόδου P&O (perturbation and observe, διαταραχή και παρατήρηση). Στον αλγόριθμο αυτό το σημείο λειτουργίας μεταβάλλεται ελαφρά και παρατηρείται η μεταβολή στην ισχύ: αν η μεταβολή οδηγεί σε αύξηση της ισχύος (θετική παράγωγος), τότε επιβάλλεται νέα μεταβολή, έως το σημείο που η μεταβολή της ισχύος οδηγήσει σε μείωση ισχύος (αρνητική παράγωγος). Τότε το τελικό σημείο λειτουργίας ταλαντώνεται μεταξύ αυτών των δύο σημείων θετικής και αρνητικής παραγωγού, που αντιστοιχεί σε μέγιστο.

Τα τεχνικά φυλλάδια των αντιστροφέων αναφέρονται στο εύρος της DC τάσης εισόδου στο οποίο μπορεί να επιτευχθεί έλεγχος της μέγιστης ισχύος. Είναι υποχρέωση του μελετητή να εξασφαλίζει ότι σε όλο το δυνατό εύρος λειτουργίας, η DC τάση των Φ/Β πάνελ κείται εντός των ορίων ελέγχου μέγιστης τάσης, ώστε να εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία του αντιστροφέα.

Επίσης, συχνά τα φυλλάδια των κατασκευαστών αναφέρονται στο βαθμό απόδοσης της παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος (MPPT efficiency). Ο βαθμός απόδοσης ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας που λαμβάνει ο αντιστροφέας από τα Φ/Β

πάνελ προς το (θεωρητικό) ποσό της μέγιστης ενέργειας που μπορεί να λάβει για μία προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Δηλαδή ισχύει:

$$\eta_{MFFT} = \frac{\int_0^t P_{DC}(t)dt}{\int_0^t P_{MAX}(t)dt}$$

2.6.η Το φαινόμενο της νησιδοποίησης

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding) αναφέρεται σε ένα τμήμα του δικτύου με φωτοβολταϊκά συστήματα που έχει αποκοπεί από την κεντρική τροφοδοσία (δηλαδή αυτή του δικτύου της ΔΕΗ). Στην περίπτωση αυτή, ο φωτοβολταϊκός σταθμός λειτουργεί ως νησίδα παραγωγής ενέργειας και αν οι αντιστροφείς παραμένουν συνδεδεμένοι ελλοχεύουν κίνδυνοι για την ασφάλεια του προσωπικού που πιθανόν να εκτελεί εργασίες στο σημείο σύνδεσης ή και για τον ίδιο τον εξοπλισμό από μεταβατικά φαινόμενα κατά την αυτόματη ή χειροκίνητη επαναφορά του δικτύου.

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης χρήζει ειδικού χειρισμού από τον αντιστροφέα, ο οποίος πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίσει μέσω κατάλληλων μετρήσεων την ύπαρξη του. Συνήθως για τον προσδιορισμό της κατάστασης νησιδοποίησης χρησιμοποιείται το πρότυπο VDE 0126-1-1 (Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid) η συμμόρφωση προς το οποίο (ή αντίστοιχο ισοδύναμο του κατά τα πρότυπα άλλων χωρών πλην Γερμανίας ή χωρών που υιοθετούν τους Γερμανικούς κανονισμούς) είναι υποχρεωτική.

Η ανίχνευση της κατάστασης νησιδοποίησης γίνεται συνήθως με παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου μέσω μετρήσεων τάσης, συχνότητας και σύνθετης αντίστασης και αν προσδιοριστεί τότε ο αντιστροφέας αποσυνδέεται αυτόματα από το δίκτυο. Ωστόσο, μετά την επαναφορά του δικτύου, ο αντιστροφέας για λόγους προστασίας δε θα πρέπει να επανα-συνδέεται αυτόματα αλλά να αφήνει την πάροδο χρόνου τουλάχιστον 3 λεπτών.

Το φαινόμενο της νησιδοποίησης είναι αρκετά σοβαρό και η ΔΕΗ ζητά την προσκόμιση πιστοποιητικών συμμόρφωσης προς το πρότυπο VDE 0126-1-1 από τις εταιρείες κατασκευής των αντιστροφέων. Επιπλέον, αποτελεί έναν από τους κυριότερους ελέγχους της ΔΕΗ κατά τη δοκιμή ηλεκτρικής του σταθμού και την παραλαβή του.

2.6.θ Αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος και συντελεστής ισχύος

Η αρμονική παραμόρφωση του παραγόμενου ρεύματος και ο συντελεστής ισχύος συνδέονται άμεσα με την ποιότητα της παρεχόμενης προς το δίκτυο ισχύος. Ιδανικά, η ισχύς θα πρέπει να μεταφέρεται με συντελεστή ισχύος ίσο προς τη μονάδα, ώστε η άεργος ισχύς του σταθμού να είναι μηδενική και επιπλέον οι κυματομορφές τάσης και ρεύματος θα πρέπει να είναι σχεδόν ημιτονοειδούς μορφής, ώστε να μην εγχέονται ανεπιθύμητες αρμονικές στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Ως μέτρο της ποιότητας του ρεύματος αναφορικά με τις αρμονικές του χρησιμοποιείται ο ευρέως διαδεδομένος δείκτης της «ολικής αρμονικής παραμόρφωσης» περισσότερο γνωστός ως THD, από τα αρχικά των λέξεων Total Harmonic Distortion. Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως:

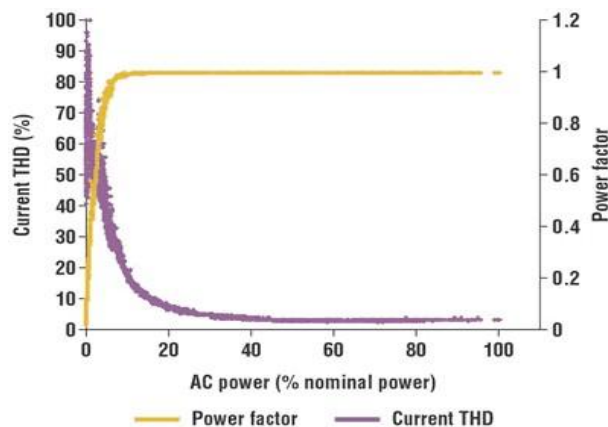
$$THD_i = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1}$$

Όπου I_h , $h=2,3,4,\dots$ είναι η ενεργός τιμή (rms) ή πλάτος της αρμονικής τάξης h (δηλαδή συχνότητας $50 \times h$) και I_1 , είναι η ενεργός τιμή (rms) ή πλάτος της αρμονικής τάξης 1, δηλαδή της θεμελιώδους των 50Hz.

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτει ότι για μία αμιγώς ημιτονοειδή κυματομορφή ο συντελεστής THD είναι ίσος με το μηδέν ενώ όσο μεγαλύτερα είναι τα πλάτη των αρμονικών τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του συντελεστή. Ο παραπάνω ορισμός έχει το μειονέκτημα ότι δεν ποσοτικοποιεί την επίδραση της συχνότητας της κάθε αρμονικής, παραμένει ωστόσο ένα διεθνώς αναγνωρισμένος δείκτης για την παρουσία αρμονικών.

Ο συντελεστής THD του ρεύματος που παράγεται από έναν αντιστροφέα φωτοβολταϊκών συστημάτων προσδιορίζεται στο πρότυπο IEC 61000-3-2. Θεωρώντας το φάσμα αρμονικών έως την αρμονική τάξης 49, ο συντελεστής THD του ρεύματος θα πρέπει να είναι μικρότερος από 5%. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι λόγω της υψηλής συχνότητας μεταγωγής των διακοπών ηλεκτρονικών ισχύος (τεχνολογίας IGBT) που χρησιμοποιούνται στις γέφυρες του αντιστροφέα και της χρησιμοποίησης της τεχνικής διαμόρφωσης εύρους παλμών (PWM) οι κυριότερες αρμονικές εμφανίζονται σε πολλαπλάσια της συχνότητας αυτής, σε τάξεις συνήθως μεγαλύτερες από την τάξη 50. Η AC ισχύς για την οποία πρέπει να ισχύει η προδιαγραφή της αρμονικής παραμόρφωσης δεν αναφέρεται και έτσι συνήθως νοείται η ονομαστική ισχύς. Η ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος αυξάνεται σημαντικά σε φορτία πολύ μικρότερα του ονομαστικού. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει ενδεικτικά τη μεταβολή του THD και του συντελεστή ισχύος με το φορτίο του αντιστροφέα, όπου φαίνεται ότι η συντελεστής THD είναι κάτω από 5% στο 50% του φορτίου και πάνω. Επιπλέον, παρατηρείται ότι ο συντελεστής ισχύος διατηρείται σχεδόν ίσος προς τη μονάδα ($>0,999$) για φορτία του αντιστροφέα από 20% και πάνω.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη Γερμανία ισχύει από 1η Ιουλίου 2010 ότι οι αντιστροφείς που τροφοδοτούν ενέργεια στο δίκτυο μέσης τάσης, θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα υποστήριξης του με την παραγωγή ή κατανάλωση αέργου ισχύος. Έτσι εμφανίζονται στην αγορά εκδόσεις αντιστροφέων που έχουν τη δυνατότητα μεταβολής της αέργου ισχύος και εμφανίζουν συντελεστή ισχύος μικρότερο της μονάδας.



Μεταβολή του συντελεστή ισχύος και της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης ρεύματος με το φορτίο του αντιστροφέα

2.6.κ Έγχυση DC ρεύματος

Μία σημαντική προδιαγραφή που τίθεται για τους αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο είναι αυτή της έγχυσης DC ρεύματος στο δίκτυο, γεγονός που σχετίζεται και με την ολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου. Το δυσμενές αποτέλεσμα της έγχυσης DC ρεύματος στο δίκτυο είναι η μεταβολή του σημείου λειτουργίας των μετασχηματιστών του δικτύου προς τον κορεσμό, το οποίο οδηγεί σε υψηλό ρεύμα πρωτεύοντος το οποίο μπορεί να ενεργοποιήσει μέσα προστασίας. Επιπλέον επηρεάζεται αρνητικά ο χρόνος ζωής και ο βαθμός απόδοσης των μετασχηματιστών, ενώ καταπονούνται επίσης και οι καλωδιώσεις.

Το θέμα της έγχυσης DC ρεύματος αποκτά σημασία σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή. Οι αντιστροφείς που διαθέτουν μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας (50Hz) πετυχαίνουν γαλβανική απομόνωση μεταξύ της DC και της AC πλευράς και έτσι αποφεύγεται η έγχυση DC ρεύματος. Αντίθετα, σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή, όπου το πρόβλημα μπορεί να εμφανιστεί, εφαρμόζονται εξελιγμένες τεχνικές για μέτρηση ρεύματος και ηλεκτρονικό έλεγχο. Οι αντιστροφείς που διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης σε υψηλή συχνότητα, αποτελούν μία ενδιάμεση κατάσταση στο βαθμό που επηρεάζεται ο τύπος του μέσου προστασίας που χρησιμοποιείται για έμμεσες επαφές στην DC πλευρά.

Σήμερα για τη σύνδεση ενός Φ/Β πάρκου η ΔΕΗ θέτει ως απαραίτητο όρο η έγχυση DC να είναι μικρότερη του 0,5% του ονομαστικού ρεύματος και πρέπει να προσκομιστούν τα ανάλογα πιστοποιητικά.

2.6.λ Λειτουργία με περιορισμό ισχύος

Η διαφορά ανάμεσα στην ονομαστική ισχύ και την ισχύ λειτουργίας από τα Φ/Β πάνελ προϋποθέτει ότι οι αντιστροφείς θα πρέπει να προστατευτούν από τη λειτουργία υπερφόρτισης, για παράδειγμα όταν η ισχύς που παράγεται από τα Φ/Β πάνελ είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη DC εισόδου του αντιστροφέα. Στην περίπτωση αυτή οι εσωτερικοί αλγόριθμοι ελέγχου μετατοπίζουν το σημείο λειτουργίας από το μέγιστο (MPP) ώστε να προστατευτεί ο αντιστροφέας από υπερθέρμανση. Δυστυχώς, στην περίπτωση αυτή η επιπλέον αυτή ενέργεια των Φ/Β πάνελ δεν αξιοποιείται.

Υπάρχουν επίσης αντιστροφείς στους οποίους δεν εκτελείται η παραπάνω διαδικασία, αλλά απλά ο αντιστροφέας σταματά τη λειτουργία του και προσπαθεί να επανασυνδεθεί μετά από μικρό χρονικό διάστημα.

Για το σκοπό αυτό είναι απαραίτητο να γίνεται σωστή διαστασιολόγηση των αντιστροφέων και να ληφθεί υπόψη μία μέση εκτίμηση της πραγματικά παραγόμενης ενέργειας από τα Φ/Β πάνελ. Το θέμα αυτό είναι σημαντικότερο σε Φ/Β πάρκα με τράκερ καθώς εμφανίζουν σημαντικά αυξημένη παραγωγή ενέργειας που επιφέρει τη λειτουργία αντιστροφέων σε υψηλότερα φορτία απ' ό,τι για παράδειγμα σε συστήματα σταθερών βάσεων.

2.6.μ Άλλα χαρακτηριστικά

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την επιλογή και τοποθέτηση των αντιστροφέα είναι ο βαθμός προστασίας του (IP class). Αν και αντιστροφείς με υψηλό δείκτη προστασίας (π.χ. IP 65) μπορούν να τοποθετηθούν στον εξωτερικό χώρο, γενικά συνιστάται να αποφεύγεται η απευθείας έκθεση τους στον ήλιο και να τοποθετούνται στο πίσω μέρος των σταθερών βάσεων ή στη βάση των τράκερ.

Αντιστροφείς με μικρότερο δείκτη προστασίας IP (π.χ. IP44) μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικό χώρο με πρόβλεψη κάποιου καλύμματος προστασίας από καιρικές συνθήκες. Αντίθετα αντιστροφείς με ακόμη μικρότερο δείκτη (π.χ. IP 21-23) θα πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο. Στην περίπτωση αυτή μέριμνα πρέπει να ληφθεί για τον επαρκή αερισμό του χώρου ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση του αντιστροφέα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, σε ορισμένες περιπτώσεις αν θεωρείται σκόπιμο θα πρέπει να προβλεφθεί και η τοποθέτηση κλιματιστικού μηχανήματος.

Αναφορικά με την αξιοπιστία των αντιστροφέων, οι περισσότεροι κατασκευαστές εγγυώνται μία περίοδο της τάξης των 5 ετών. Είναι ωστόσο δυνατόν, με αντίστοιχη αύξηση του κόστους η περίοδος εγγύησης να επεκταθεί αρκετά, σε διάστημα ακόμη και 20 ετών. Το γεγονός ότι οι αντιστροφείς εμφανίζουν σημαντικά μειωμένους χρόνους εγγύησης σε σχέση με τα υπόλοιπα βασικά τμήματα της Φ/Β εγκατάστασης (π.χ. πάνελ, βάσεις, καλώδια κτλ), λόγω της ηλεκτρονικής φύσης τους, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τους χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς καθώς είναι πολύ πιθανόν στο διάστημα της 20ετίας που προβλέπεται η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας από το ΔΕΣΜΗΕ να χρειαστεί να γίνει αντικατάσταση τους επί πληρωμή.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι όλοι οι αντιστροφείς της αγοράς είναι εξοπλισμένοι με συστήματα που επιτρέπουν την παρακολούθηση της λειτουργίας τους, την καταγραφή των δεδομένων και της δυνατότητα επικοινωνίας ώστε να καταστεί δυνατή η τοπική και απομακρυσμένη παρακολούθηση της πραγματικής παραγωγής του Φ/Β σταθμού. Ειδικά στην απομακρυσμένη παρακολούθηση, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές αντιστροφέων δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης μέσω διαδικτύου, μέσω αντίστοιχων ιστοσελίδων, ώστε να είναι δυνατή η επισκόπηση της λειτουργίας από απόσταση και η αναφορά σφαλμάτων.

2.7. ΚΑΛΩΔΙΩΣΕΙΣ

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm² για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του 1,5mm²) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματος τους. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ ή σφάλματα γης. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλινα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω στο 1 μέτρο.



Τυπικά καλώδια φωτοβολταϊκών πλαισίων

Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60°C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125°C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πάνελ με τους αντιστροφείς κυμαίνονται συνήθως από 4-16mm². Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πάνελ. Έτσι, με δεδομένη την γραμμική αύξηση των απωλειών με το μήκος των καλωδίων, είναι σκόπιμο ο κάθε μελετητής να προβαίνει σε υπολογισμούς απωλειών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποστάσεων αρκετών δεκάδων μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίσταση των καλωδίων. Είναι επίσης σκόπιμο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο.

Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες διατομές DC καλωδίων της τάξης των 25-70mm², σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί ο αριθμός των εισόδων ενός αντιστροφέα για την απευθείας σύνδεση όλων των επιμέρους DC καλωδίων των κλάδων. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά συνηθισμένη κυρίως σε κεντρικούς αντιστροφείς (της τάξης ονομαστικής ισχύος των 100kW και άνω. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλα κιττα τα οποία ομαδοποιούν πολλά ζεύγη καλωδίων κλάδων σε ένα ζεύγος. Στις περιπτώσεις αυτές τα κιττα αυτά είναι επίσης συνήθως εφοδιασμένα με απαγωγείς υπερτάσεων και DC διακόπτες φορτίου. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις διαθέτουν και διατάξεις επιτήρησης κλάδων (string monitoring) ώστε να δίνεται πληροφορία στον αντιστροφέα και το σύστημα εποπτείας για τη δυσλειτουργία ενός κλάδου. Στις περιπτώσεις αυτές ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη του για τον υπολογισμό της διατομής, πέραν των απωλειών, και το θερμικό φορτίο, λόγω του παραλληλισμού σημαντικού αριθμού κλάδων.

Επιπλέον, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γειτνίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τα τρωκτικά.

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των καλωδίων τόσο μεταξύ των πάνελ (δηλαδή από το (+) ενός πάνελ στο (-) του επόμενου κτλ) όσο και μεταξύ των κλάδων των πάνελ και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή.

Έτσι οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επικράτηση στην αγορά λύσεων τύπου “plug and play” με συνδέσμους καλωδίων που εξασφαλίζουν την απουσία επαφής με γυμνό αγωγό και τη μικρή ωμική αντίσταση (της τάξης των 5mΩ και μικρότερη). Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει παραδείγματα συνδέσμων καλωδίων:



Σύνδεσμοι DC φωτοβολταϊκών καλωδίων

Αναφορικά με τα καλώδια του εναλλασσομένου ρεύματος (AC) χρησιμοποιούνται οι συμβατικοί τύπου καλωδίων (π.χ. NYY, NYM, NYCWY) εφαρμόζοντας τις συνήθειες πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας αναφορικά με τον υπολογισμό της διατομής τους, τον τρόπο τοποθέτησης και την προστασία τους.

2.8. ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Οι υποσταθμοί μέσης τάσης είναι απαραίτητοι σε περιπτώσεις σύνδεσης Φ/Β σταθμών με εγκατεστημένη ισχύ άνω των 100kWp. Στην περίπτωση αυτή ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να εγκαταστήσει υποσταθμό για σύνδεση του σταθμού απευθείας στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) 20kV της ΔΕΗ.

Γενικά, ένας υποσταθμός ενός παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης.
- Τον ή τους μετασχηματιστές ισχύος.
- Το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης.

Σε κάθε περίπτωση ο παραγωγός πρέπει να προβλέψει ιδιαίτερο χώρο για τη στέγαση του υποσταθμού. Είναι προτιμότερο ο παραγωγός να προβλέψει τρεις ανεξάρτητους χώρους για την εγκατάσταση αντίστοιχα του τμήματος μέσης τάσης, του ή των μετασχηματιστών ισχύος και του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης. Είναι δυνατή η εγκατάσταση στον ίδιο χώρο του πίνακα μέσης τάσης και των μετασχηματιστών ισχύος. Ο

γενικός πίνακας χαμηλής τάσης πρέπει να είναι σε ανεξάρτητο χώρο. Οι διαστάσεις των παραπάνω χώρων υπαγορεύονται από τις διαστάσεις των μηχανημάτων που θα στεγάσουν και τη λειτουργικότητα των χώρων αυτών.

Οι χώροι των μετασχηματιστών και του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης πρέπει να είναι κλειστοί και κατασκευασμένοι από άκαυστα υλικά με μεταλλικές πόρτες από χαλυβδοέλασμα με ελάχιστο πάχος 1 χιλ. Οι πόρτες πρέπει να έχουν ανοίγματα αερισμού (περσίδες). Η διάταξη των μηχανημάτων και των συσκευών μέσα στους χώρους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η ευχερής συντήρηση και λειτουργία τους. Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση του υψηλότερου σημείου του μετασχηματιστή και του χαμηλότερου σημείου της οροφής είναι τουλάχιστον 40 εκ.

Ο αερισμός του χώρου μπορεί να είναι φυσικός ή τεχνητός. Σε περίπτωση φυσικού αερισμού απαιτούνται δύο ανοίγματα, ένα για την είσοδο και ένα για την έξοδο του αέρα. Το άνοιγμα εισόδου του αέρα ψύξης πρέπει να βρίσκεται οπωσδήποτε κάτω από το μέσο του ύψους του μετασχηματιστή και το άνοιγμα εξόδου όσο το δυνατό ψηλότερα. Το μέγεθος του ανοίγματος εξόδου καθορίζεται από σχετικό διάγραμμα σύμφωνα με το οποίο το άνοιγμα πρέπει να αυξηθεί κατά 10% όταν υπάρχουν γρίλιες και 50% όταν υπάρχουν γρίλιες και περσίδες. Το άνοιγμα εισόδου μπορεί να είναι το 90% του ανοίγματος εξόδου. Στην περίπτωση που ο μετασχηματιστής είναι ελαιόψυκτος, ο χώρος πρέπει να διαθέτει λεκάνη με επαρκή χωρητικότητα για την περισυλλογή του λαδιού σε περίπτωση διαρροής, χωρίς όμως να αφήνει το λάδι σε ελεύθερη επιφάνεια για την αποφυγή πυρκαγιάς. Αυτό συνήθως υλοποιείται με την τοποθέτηση σκύρων στο επάνω μέρος της λεκάνης. Στην περίπτωση που ο μετασχηματιστής είναι με ξηρή μόνωση η παραπάνω απαίτηση δεν ισχύει. Κατά τη μελέτη ενός υποσταθμού θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για τον προσδιορισμό:

- Μεγέθους και πλήθους των μετασχηματιστών ισχύος.
- Μεγέθους και είδους του καλωδίου μέσης τάσης.
- Μεγέθους και είδους των ζυγών στη μέση και χαμηλή τάση.
- Μεγέθους και είδους των μέσων προστασίας στη μέση και χαμηλή τάση.

Η ισχύς του ή των μετασχηματιστών ενός υποσταθμού υπολογίζεται με βάση τη μέγιστη ενεργό ισχύ του σταθμού η οποία καθορίζεται στη φάση της μελέτης. Η επιλογή ενός ή περισσότερων μετασχηματιστών καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος και τη χωροθέτηση του Φ/Β σταθμού και τις επιπτώσεις αυτής στις απώλειες του σταθμού, αλλά και για λόγους εφεδρείας. Για την επιλογή του μετασχηματιστή θα πρέπει να καθοριστεί επίσης η τάση βραχυκύκλωσής του, η ομάδα συνδεσμολογίας του και το είδος της μόνωσής του. Στις συνηθισμένες περιπτώσεις προτιμάται τάση βραχυκύκλωσης 4-6% για να διατηρείται η πτώση τάσης χαμηλή. Οι επικρατέστερες ομάδες συνδεσμολογίας για μετασχηματιστές 20/0,4 kV είναι οι Dy και Yz. Σε ιδιωτικούς υποσταθμούς ο συνηθέστερος τύπος συνδεσμολογίας είναι ο Dy.

Το είδος της μόνωσης του μετασχηματιστή επηρεάζει σημαντικά το κόστος του. Οι συνηθέστεροι τύποι μόνωσης μετασχηματιστών είναι το λάδι και η ξηρά μόνωση. Οι ελαιόψυκτοι μετασχηματιστές είναι φθηνότεροι αλλά απαιτούν ειδική διαμόρφωση του χώρου για την παραλαβή του λαδιού. Επίσης απαιτούν αυστηρότερα μέσα πυροπροστασίας. Οι μετασχηματιστές με ξηρή μόνωση είναι ακριβότεροι, αλλά δεν απαιτούν ειδικές διαμορφώσεις στο χώρο που εγκαθίστανται και θεωρούνται ουσιαστικά άκαυστοι. Η ξηρά μόνωση είναι συνήθως από εποξικές ρητίνες.

Ο παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος της διατομής του καλωδίου μέσης τάσης είναι η αντοχή του στο προσδοκώμενο σε εκείνο το σημείο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης είναι ιδιαίτερα επίπονος και είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων. Οι απαιτούμενοι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο VDE 0102. Ένας από τους συνηθισμένους τύπους καλωδίων μέσης τάσης που χρησιμοποιούνται σε

υποσταθμούς είναι το N(A)2XSY με μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο και μανδύα από PVC.

Οι ζυγοί της μέσης και χαμηλής τάσης υπολογίζονται με βάση δύο παραμέτρους: τη θερμική αντοχή τους στο ρεύμα του φορτίου και τη μηχανική αντοχή τους στις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος. Οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα VDE 0103/1988, DIN 57103/1988 και IEC 865.

2.9. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΗ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ

Ως μέσα προστασίας εννοούνται οι συσκευές εκείνες οι οποίες είναι σε θέση να διακόψουν έγκαιρα και με ασφάλεια μία μη ομαλή κατάσταση λειτουργίας όπως είναι η υπερφόρτιση, το βραχυκύκλωμα, η έλλειψη τάσης και η υπέρταση. Τα μέσα γενικής προστασίας που χρησιμοποιούνται από τον παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι ασφάλειες και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος. Οι ασφάλειες είναι μέσα προστασίας κυρίως έναντι των βραχυκυκλωμάτων δηλαδή ρευμάτων τα οποία είναι πολλαπλάσια του ονομαστικού ρεύματος. Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος είναι μέσα προστασίας τα οποία έχουν τη δυνατότητα να προστατεύσουν σε υπερφόρτιση, δηλαδή ρεύμα το οποίο είναι ακόμη και λίγο πάνω από το ονομαστικό ρεύμα, αλλά και σε βραχυκυκλώματα όπως οι ασφάλειες. Οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος έχουν επιπλέον τη δυνατότητα ρύθμισης των χαρακτηριστικών τιμών λειτουργίας τους. Αυτό είναι σημαντικό για το συντονισμό και τη ρύθμιση της λεγόμενης επιλογικής προστασίας. Ο υπολογισμός των μέσων προστασίας γίνεται για να προσδιοριστεί η ονομαστική τιμή τους αλλά και η συμπεριφορά τους σε μεταβατικές καταστάσεις. Έτσι, στις ασφάλειες προσδιορίζεται η ονομαστική τους τιμή αλλά και η καμπύλη που προσδιορίζει το χρόνο διακοπής ως συνάρτηση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Στους αυτόματους διακόπτες ισχύος προσδιορίζεται η ονομαστική τιμή τους και οι χρόνοι απόκρισής τους σε υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα. Εκτός των παραπάνω γενικών μέτρων προστασίας, υπάρχουν για τους μετασχηματιστές και ειδικά μέσα προστασίας τα οποία εφαρμόζονται κατά περίπτωση. Τέτοια μέσα προστασίας είναι η επιτήρηση της θερμοκρασίας, ο ηλεκτρονόμος Buchholz και η διαφορική προστασία. Η επιτήρηση της θερμοκρασίας γίνεται συνήθως με ειδικές αντιστάσεις και σε περίπτωση υπέρβασης της πάνω από κάποιο όριο διακόπτεται η παροχή. Άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει ένα βραχυκύκλωμα ή ακόμη και μία διαρκή υπερφόρτιση. Ο ηλεκτρονόμος Buchholz λειτουργεί με την παρουσία αερίων καύσης λαδιού ή μόνωσης σε ένα χώρο του ή με την παρουσία αέρα σ' αυτόν. Τα αέρια καύσης προκαλούνται από βραχυκυκλώματα ή σφάλματα μόνωσης στο μετασχηματιστή ενώ ο αέρας οφείλεται σε διαρροή λαδιού. Για οικονομικούς λόγους εφαρμόζεται σε μετασχηματιστές ισχύος 800 kVA και πάνω ή αν ζητηθεί. Η διαφορική προστασία είναι μία σχετικά πλήρης αλλά και ακριβής μέθοδος προστασίας. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να ανιχνευτούν σφάλματα τριφασικά, διφασικά, μονοφασικά, μεταξύ των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή και σφάλματα μεταξύ σπειρών ενός τυλίγματος. Η επιλογή του κατάλληλου μέσου προστασίας (ασφάλεια ή αυτόματος διακόπτης ισχύος) είναι μεταξύ άλλων και συνάρτηση του είδους της παροχής της ΔΕΗ όπως αναλύεται παρακάτω.

2.10. ΕΙΔΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΗ

Ανάλογα με το είδος του δικτύου (εναέριο ή υπόγειο) από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο υποσταθμός, τη συνολική ισχύ του και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του, η ΔΕΗ έχει διαμορφώσει ορισμένες τυπικές παροχές. Οι παροχές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Παροχές τύπου Α, όταν γίνονται από εναέριο δίκτυο της ΔΕΗ.
- Παροχές τύπου Β, όταν γίνονται από υπόγειο δίκτυο της ΔΕΗ.

Οι παροχές τύπου Α, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Α1, για ισχύεις μέχρι 630 kVA.
- Παροχές τύπου Α2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 630 kVA.

Οι παροχές τύπου Β, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Β1, για ισχύεις μέχρι 1250 kVA
- Παροχές τύπου Β2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 1250 kVA

Ο τύπος της παροχής καθορίζει και τη μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ και σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής. Στην παροχή τύπου Α1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλεια 30Α βραδείας τήξης ενώ το γενικό μέσο προστασίας του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 40 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος. Στη δεύτερη περίπτωση αυτός πρέπει να είναι εφοδιασμένος με στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας για να υπάρχει ικανοποιητική επιλογική συνεργασία. Στην παροχή τύπου Α2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι διακόπτης απομόνωσης. Αυτός είναι μία ειδική περίπτωση διακόπτη ο οποίος συνεργάζεται με το γενικό διακόπτη της γραμμής που χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τη ΔΕΗ. Το μέσο προστασίας από την πλευρά του παραγωγού μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 50 Α ταχείας τήξης ή αυτόματος διακόπτης ισχύος.

Στην παροχή τύπου Β1, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι ασφάλειες ταχείας τήξης. Ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση αφού η ΔΕΗ εξασφαλίζει την προστασία του μετασχηματιστή για σφάλματα στους ζυγούς της χαμηλής τάσης. Απαιτείται όμως να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη χαμηλή τάση το οποίο μπορεί να είναι ασφάλεια μέχρι 400 Α που αντιστοιχεί σε μετασχηματιστή μέχρι 250 kVA. Για μεγαλύτερες ισχύεις απαιτείται η εγκατάσταση αυτόματου διακόπτη ισχύος. Στην παροχή τύπου Β2, το μέσο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ είναι αυτόματος διακόπτης ισχύος. Και σε αυτήν την περίπτωση ο καταναλωτής δε χρειάζεται να εγκαταστήσει μέσο προστασίας στη μέση τάση επειδή το μέσο προστασίας της ΔΕΗ προστατεύει και το μετασχηματιστή του.

2.11. ΓΕΙΩΣΕΙΣ

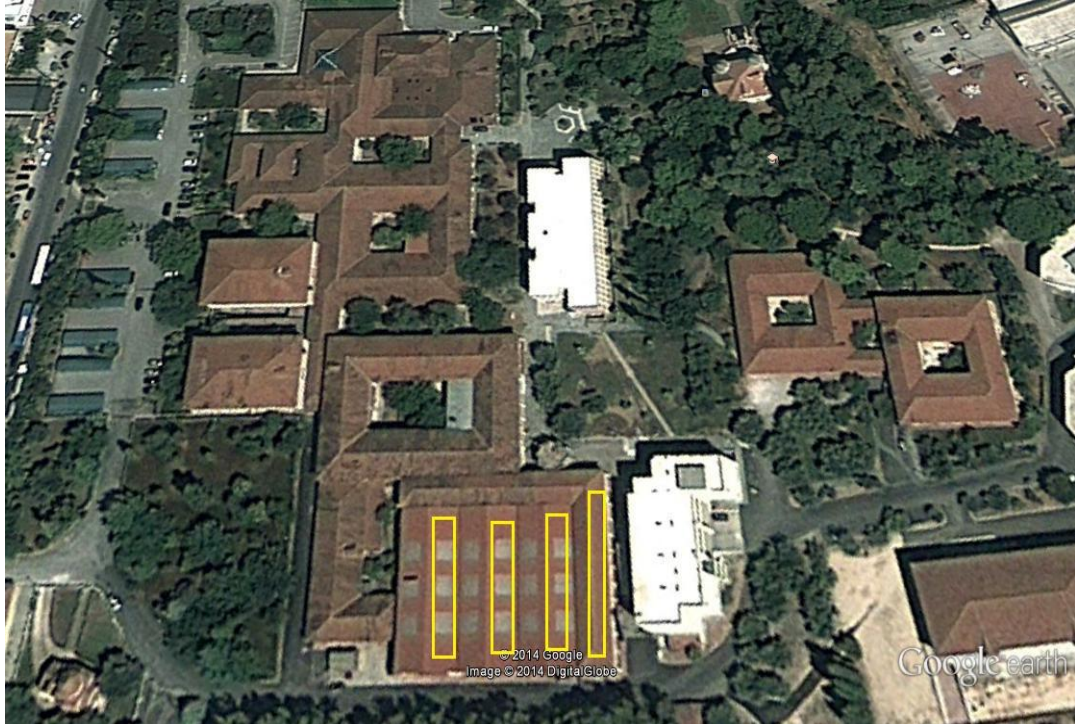
Η γείωση είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα ενός υποσταθμού και διακρίνεται σε γείωση λειτουργίας και γείωση προστασίας. Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση του ουδέτερου κόμβου των μετασχηματιστών. Γείωση προστασίας είναι η γείωση των μεταλλικών περιβλημάτων των πινάκων, των καλωδίων κτλ.

Βασικός ρόλος της γείωσης σε έναν υποσταθμό είναι η προστασία των ανθρώπων από τάσεις επαφής. Τάση επαφής είναι η τάση μεταξύ δύο μεταλλικών σημείων ή ενός μεταλλικού σημείου και του εδάφους που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος. Καλύτερη γείωση σε υποσταθμό θεωρείται η γείωση κατά μήκος των θεμελίων (θεμελιακή γείωση). Η διατομή του αγωγού γείωσης καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού αυτού στο προσδοκώμενο ρεύμα κατά τη διάρκεια μονοφασικού βραχυκυκλώματος και για όσο χρόνο διαρκεί αυτό το βραχυκύκλωμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις η θεμελιακή γείωση λόγω της έκτασής της εξασφαλίζει συνολική αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1 Ω. Όταν δεν είναι εφικτή η υλοποίηση θεμελιακής γείωσης τότε κατασκευάζονται τρίγωνα γείωσης. Σε αυτήν την περίπτωση είναι αρκετά πιο δύσκολο να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1Ω και για το λόγο αυτό απαιτούνται συνήθως περισσότερα του ενός τρίγωνα γείωσης. Εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη του 1Ω πρέπει να κατασκευαστούν χωριστές γειώσεις για τη

μέση και χαμηλή τάση. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αντίσταση γείωσης για τη μέση τάση πρέπει να είναι μικρότερη των 40 Ω και για τη χαμηλή τάση μικρότερη των 10 Ω. Ειδικά σε παροχές τύπου Α απαιτείται επιπλέον η κατασκευή ισοδυναμικού πλέγματος στο χώρο του υποσταθμού για την αποφυγή τάσεων επαφής. Επιπλέον, οι δύο γειώσεις πρέπει να είναι πραγματικά ανεξάρτητες μεταξύ τους που σημαίνει ότι πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20 μέτρα η μία από την άλλη που είναι πρακτικά δύσκολο. Για το λόγο αυτό πρέπει να επιδιώκεται πάντοτε η κατασκευή κοινής γείωσης με αντίσταση μικρότερη του 1 Ω.

2.12 ΜΕΛΕΤΗ Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Αφού πρώτα εξετάσαμε τις διαθέσιμες επιλογές χώρου στις στέγες του κεντρικού κτηρίου του ΑΤΕΙ Πατρών, αποφασίσαμε να τα εγκαταστήσουμε στην οροφή του κτιρίου όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα με κίτρινο χρώμα. Εγκαταστήσαμε συνολικά 570 πάνελ τα οποία καλύπτουν περίπου το 20% της συνολικής κατανάλωσης



Στην συνέχεια πραγματοποιήσαμε δύο μελέτες. Η πρώτη μελέτη βασίστηκε στον από κατασκευή προσανατολισμό του ΤΕΙ (Αζιμούθιο -40 μοίρες) καθώς και ήταν η μόνη πραγματοποιήσιμη λύση.

2.12.α Μελέτη με Αζιμούθιο -40 μοίρες

Sunny Design - Αζιμούθιο -40*

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούθιο -40
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασιών
 Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Τιμηματική εργασία 1
 Ονομαστική ισχύς AC: 98,00 kW

Φ/Β γεννήτρια 1
 Αζιμούθιο: -40° / Ώση: 30°

6 x STP 15000TLEE-10
 Λόγος αναμ. ισχύος: 88 %

1 x STP 8000TL-20
 Λόγος αναμ. ισχύος: 85 %

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων

Μέγιστη ισχύς

Αριθμός μετατροπέων

Ονομαστική ισχύς AC

Ενεργή ισχύς AC

Σχέση ενεργής ισχύος

Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*

Επισκόπηση εργασιών

Απόδοση

Βοήθεια

Δεδομένα εργασίας

Όνομα εργασίας*: Αζιμούθιο -40
 Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Πελάτης: ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ

Τοποθεσία

Περιοχή*: Southern Europe
 Χώρα*: Greece
 Πόλη*: Athens
 Δημοσίευση της δικής σας τοποθεσίας

Ειδικές ρυθμίσεις

Θερμοκρασίες

Θερμοκρασία κυψέλης ● Θερμοκρασία περιβάλλοντος

Ελάχιστη Θερμοκρασία: -5 °C
 Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50 °C
 Μέγιστη Θερμοκρασία: 60 °C

Σύνδεση δικτύου

Χαμηλή τάση ● Μέση τάση

Τάση δικτύου*: 230V (230V / 400V) ± 10 %
 Ανοχή τάσης: 5,00 kVA
 Τριφασική τροφοδοσία
 Λάβετε υπόψη το μέγ. μη αντισταθμισμένο...
 Προεπιλογή για το συντελεστή μετα...
 Η επιλεγμένη τάση δικτύου επηρεάζει την επίλυση των διαβέβαιμων μετατροπέων!

Σχόλιο

Sunny Design - Αζιμούβιο -40°
 Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούβιο -40
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Δεδομένα εργασίας Φ/Β εγκατάσταση Υπολογισμός διαστάσεων αγωγού Ιδιοκατανάλωση Επισκόπηση Βοήθες εκτύπωσης

Φ/Β γεννήτρια 1

Όνομασία: Φ/Β γεννήτρια 1
 Κατσακι: Yingli Solar
 Φ/Β δομοσ: YL200C-24b (03/12)
 Προεπιλογή: Αρ. Φ/Β μονάδων Μέγιστη ισχύς
 Αξιμούβιο: -40°; Κλίση: 30°
 Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

Θερμοκρασία κυψέλης: -5 ... 60 °C
 Ευθυγράμμιση: Αξιμούβιο: -40°; Κλίση: 30°

Μετατροπέας: STP 8000TL-20
 Αριθμός μετατροπέων: 1

Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1): 8,20 kW
 Μέγ. ισχύς AC: 8,00 kW
 Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1): 8,00 kW
 Συνέδεση AC: τριφασική
 Τύση δικτύου: 230V (230V / 400V)
 Συντελεστής μετατόπισης cos φ: 1,00

1 x STP 8000TL-20

Επισκόπηση μετατροπέων

Μέγιστη ισχύς	Αριθμός μετατροπέων	Όνομαστική ισχύς AC	Ενεργή ισχύς AC	Σχέση ενεργής ισχύος	Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*
Φ/Β γεννήτρια 1 570 / 570	3 x 29 (A)	104,40 kWp	88 %	100 %	
6 x STP 15000TLEE-10	1 x 26 (A) 1 x 22 (B)	9,60 kWp	85 %	99,9 %	

Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Διαμόρφωση

Μετατροπέας	Ανεξάρτητες εισοδοι	Φ/Β γεννήτρια	Αρ. Φ/Β μονάδων (εισοδος)	Εισοδος A	Εισοδος B
STP 8000TL-20	2	Φ/Β γεννήτρια	26	Φ/Β γεννήτρια 1	Φ/Β γεννήτρια 1

Επισκόπηση εργασιών

- Επισκόπηση εργασιών: Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp
- Τμηματική εργασία 1: Ονομαστική ισχύς AC: 98,00 kW
- Φ/Β γεννήτρια 1: Αξιμούβιο: -40°; Κλίση: 30°
- 6 x STP 15000TLEE-10: Λόγος ονομ. ισχύος: 88 %
- 1 x STP 8000TL-20: Λόγος ονομ. ισχύος: 85 %

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων

Μέγιστη ισχύς

Αριθμός μετατροπέων

Όνομαστική ισχύς AC

Ενεργή ισχύς AC

Σχέση ενεργής ισχύος

Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*

Επισκόπηση εργασιών

Απόδοση

Βοήθεια

Sunny Design - Αζιμούδιο -40*

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούδιο -40
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασίας
 Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Τμηματική εργασία 1
 Ονομαστική ισχύς AC: 98,00 kW

Φ/Β γεννήτρια 1
 Αζιμούδιο: -40°-Κύλιση: 30°

6 x STP 15000TLEE-10
 Λόγος ονομ. ισχύος: 88 %

1 x STP 8000TL-20
 Λόγος ονομ. ισχύος: 85 %

Δεδομένα εργασίας Φ/Β εγκατάσταση Υπολογισμός διαστάσεων αγωγού Επισκόπηση Βοήθος εκτύπωσης

Εργασία

Αγωγοί DC Αγωγοί AC1 Αγωγοί AC2 Διαθέσιμος υποδιανομέας

Ρυθμίσεις

Να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες αγωγού στον υπολογισμό απόδοσης: DC AC

Συνολικές απώλειες

	DC	AC	Συνολικά
Συνολικό μήκος αγωγού:	400,00 m	70,00 m	470,00 m
Διατομές αγωγών:	4 mm ²	1,5 mm ² -4 mm ²	1,5 mm ² -4 mm ²
Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	495,58 W	412,03 W	907,60 W
Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	0,09 %	0,42 %	0,51 %

Κατά την επύλιση της διατομής των αγωγών λαμβάνεται υπόψη τις θηβές και τις διεθνείς οδηγίες (π.χ. VDE NEC κλπ.). Η εταιρεία SMA Solar Technology AG συνιστά μία σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία < 1% στην πλευρά AC ή στην πλευρά DC. Για την τριφασική καλωδίωση δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση διαφόρων παραγόντων μετατόπισης!

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων

Μέγιστη ισχύς

Αριθμός μετατροπέων

Ονομαστική ισχύς AC

Ενεργή ισχύς AC

Σχέση ενεργής ισχύος

Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*

Επισκόπηση εργασίας

Απόδοση

Βοήθεια

Sunny Design - Αζιμουβιο -40*

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμουβιο -40
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασίας
 Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Τμηματική εργασία 1
 Ονομαστική ισχύς AC: 98,00 kW
 Αζιμουβιο: -40°, Ωση: 30°
 6 x STP 15000TLEE-10
 Λόγος αναμ. ισχύος: 88 %
 1 x STP 8000TL-20
 Λόγος αναμ. ισχύος: 85 %

Αειδαμένα εργασιές Φ/β εγκατάσταση Υπολογισμός διαστάσεων αγωγού Ιδιοκατανάλωση Επισκόπηση Βοήθες εκτύπωσης

Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης

Καμία ιδιοκατανάλωση
 Ιδιωτική κατοικία
 Επαγγελματική επιχείρηση (κατά τις εργάσιμες ημέρ...)

Προσωπικά προφίλ κατανάλωσης
 Διαχείριση προσωπικών προφίλ κατανάλωσης

Τύπος:

Κατανάλωση ενέργειας ανά έτος: kWh

Αποτελέσματα

Ενεργειακή απόδοση της Φ/β εγκατάστασης:	164,55 MWh
Τροφοδοσία δικτύου:	4389,11 kWh
Χρήση δικτύου:	1279,84 MWh
Ιδιοκατανάλωση:	160,16 MWh
Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης (σε % φωτοβολταϊκής ενέργειας):	97,3 %

Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης 97,3 %

Τα προβλεπόμενα αποτελέσματα είναι κατά εκτίμηση τιμές. Υπολογίζονται μεθόδους. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική ιδιοκατανάλωση, η οποία μπορεί να διαφέρει από τις εδώ προβλεπόμενες τιμές. Η πιθανή ιδιοκατανάλωση καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την εξοικονομημένη κατανάλωτική συμπεριφορά, η οποία μπορεί να διαφέρει από το προφίλ κατανάλωσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό.

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων
 Μέγιστη ισχύς
 Αριθμός μετατροπέων
 Ονομαστική ισχύς AC
 Ενεργή ισχύς AC
 Σχέση ενεργής ισχύος
 Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*

Επισκόπηση εργασίας
 Απόδοση
 Βοήθεια

Sunny Design - Αζιμούδιο -40*

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούδιο -40
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασιών
 Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Τμηματική εργασία 1
 Ονομαστική ισχύς AC: 98,00 kW
 Φ/Β γεννήτρια 1
 Αζιμούδιο: -40°, Κλίση: 30°
 6 x STP 15000TLEE-10
 Λόγος ονομ. ισχύος: 88 %
 1 x STP 8000TL-20
 Λόγος ονομ. ισχύος: 85 %

Αποτέλεσματα

	Μη αντισταθμισμένο φορτίο			Φάσεις			Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Αποδοτικότητα μετατροπείας	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)
	L1	L2	L3	L1	L2	L3				
✓ Αζιμούδιο -40	0,00 VA	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	164,55 MWh	1443 kWh/kWp	97,7 %	85,1 %
✓ Τμηματική εργασία 1	0,00 VA	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	164,55 MWh	1443 kWh/kWp	97,7 %	85,1 %
✓ 6 x STP 15000TLEE-10	0,00 VA		6				150,75 MWh	1444 kWh/kWp	97,7 %	85,3 %
✓ 1 x STP 8000TL-20	0,00 VA		1				13796,00 kWh	1437 kWh/kWp	97,3 %	84,9 %

Επιλογή στηλών

Υποδείξεις

- ✓ Αζιμούδιο -40
- ✓ Τμηματική εργασία 1
- ✓ 6 x STP 15000TLEE-10

Αυτή η διατάξη συνιστάται μόνον όταν η μέση τάση δικτύου στο μετασχηματιστή δεν υπερβαίνει την επιλεγμένη για τη διατάξη τάση δικτύου. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση εξασφαλίζεται η λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP).

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων

Μέγιστη ισχύς

Αριθμός μετατροπείων

Ονομαστική ισχύς AC

Ενεργή ισχύς AC

Σχέση ενεργής ισχύος

Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*

Επισκόπηση εργασιών

Απόδοση

Βοήθεια

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ

Αναγνωστόπουλος Παναγιώτης
Αντουέρα Δομίνικος
Μάριζας Δημήτριος

pan.anagnosto@gmail.com
jimarizas21@hotmail.com
domiadu@gmail.com

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο -40

Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens


Τάση δικτύου: 3~230 V

Επιτήρηση συστήματος

570 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12) (Φ/Β γεννήτρια 1)

Αζιμούθιο: -40°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη, Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

 6 x STP 15000TLEE-10

 1 x STP 8000TL-20

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	570	Συντ.ενεργ. χρήσης:	99,9 %
Μέγιστη ισχύς:	114,00 kWp	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση):*	85,1 %
Αριθμός μετατροπέων:	7	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	1443 kWh/kWp
Ονομαστική ισχύς AC:	98,00 kW	Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας):	---
Ενεργή ισχύς AC:	98,00 kW	Μη αντισταθμισμένο φορτίο:	0,00 VA
Σχέση ενεργής ισχύος:	86 %	Ιδιοκατανάλωση:	160,16 MWh
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	164,55 MWh	Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης:	97,3 %

Sunny Design 2.30.0.R

Υπογραφή

*Σημαντικό: οι προβαλλόμενες τιμές απόδοσης είναι τιμές κατ' εκτίμηση. Προσδιορίζονται με μαθηματικό υπολογισμό. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική τιμή απόδοσης που μπορεί να διαφέρει από τις τιμές απόδοσης που προβάλλονται εδώ. Λόγοι για τυχόν αποκλίσεις είναι διάφορες εξωτερικές περιστάσεις, π. χ. ακαθαρσίες στις φωτοβολταϊκές μονάδες ή διακυμάνσεις των βαθμών απόδοσης των Φ/Β μονάδων.

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Αζμούθιο -40

Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

Θερμοκρασία κυψέλης:

Ελάχιστη θερμοκρασία: -5,00 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 60,00 °C

Τμηματική εργασία 1

6 x STP 15000TLEE-10

Μέγιστη ισχύς:	104,40 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	522
Αριθμός μετατροπέων:	6
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	15,26 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	15,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος:	88 % ✔
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



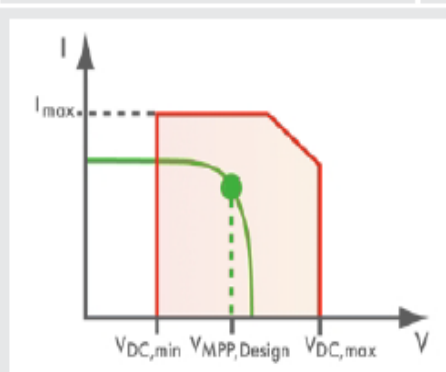
STP 15000TLEE-10

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια 1

87 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζμούθιο: -40°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

	Είσοδος A:		
Αριθμός στοιχειοσειρών:	3		
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	29		
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	17,40 kWp		
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	632 V ✔		
Ελάχ. Φ/Β τάση:	603 V ✔		
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	570 V		
Μέγ. Φ/Β τάση:	973 V ✔		
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V		
Μεγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	24,7 A ✔		
Μέγ. ρεύμα DC:	36,0 A		



Υπό συνθήκες συμβατ. Φ/Β-μετ.

Sunny Design 2.30.0.R

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο -40

Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

Θερμοκρασία κυψέλης:

Ελάχιστη θερμοκρασία: -5,00 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 60,00 °C

Τμηματική εργασία 1

1 x STP 8000TL-20

Μέγιστη ισχύς:	9,60 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	48
Αριθμός μετατροπέων:	1
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	8,20 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	8,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος:	85 %
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



STP 8000TL-20

Τεχνικά χαρακτηριστικά

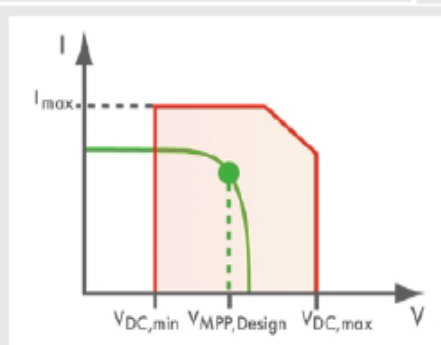
Είσοδος Α: Φ/Β γεννήτρια 1

26 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζιμούθιο: -40°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

Είσοδος Β: Φ/Β γεννήτρια 1

22 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζιμούθιο: -40°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

	Είσοδος Α:		Είσοδος Β:	
Αριθμός στοιχειοσειρών:	1		1	
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	26		22	
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	5,20 kWp		4,40 kWp	
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	566 V	✓	479 V	✓
Ελάχ. Φ/Β τάση:	540 V	✓	457 V	✓
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	150 V		150 V	
Μέγ. Φ/Β τάση:	872 V	✓	738 V	✓
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V		1000 V	
Μεγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	8,2 A	✓	8,2 A	✓
Μέγ. ρεύμα DC:	15,0 A		10,0 A	



Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Sunny Design 2.30.0.R

Υποδείξεις

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο -40

Τοποθεσία: Greece / Athens

Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Αρχείο έργου:

✓ Αζιμούθιο -40

✓ Τμηματική εργασία 1

✓ 6 x STP 15000TLEE-10

Αυτή η διάταξη συστήνεται μόνον όταν η μέση τάση δικτύου στο μετατροπέα δεν υπερβαίνει την επιλεγμένη για τη διάταξη τάση δικτύου. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση εξασφαλίζεται η λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP).

Ιδιοκατανάλωση

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο -40

Τοποθεσία: Greece / Athens

Αριθμός εργασίας: 2η Εργασία

Αρχείο έργου:

Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης

Προφίλ κατανάλωσης: Επαγγελματική επιχείρηση (κατά τις εργάσιμες ημέρες ώρα 8-18)
Επαγγελματικές επιχειρήσεις υψηλής κατανάλωσης ενέργειας κατά τις εργάσιμες ημέρες από τις 8 έως τις 18. Παραδείγματα: γραφεία, καντίνες, τράπεζες, παροχή υπηρεσιών, συνεργεία, οικοδομικός τομέας.

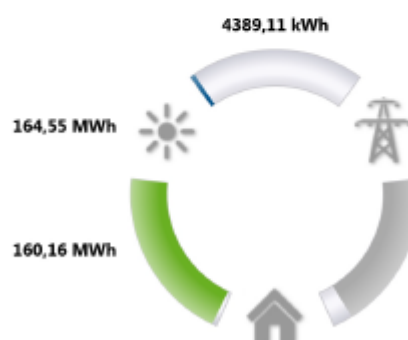
Κατανάλωση ενέργειας ανά 1440000,00 kWh

Αποτέλεσμα

Ενεργειακή απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης	164,55 MWh
Τροφοδοσία δικτύου	4389,11 kWh
Χρήση δικτύου	1279,84 MWh
Ιδιοκατανάλωση	160,16 MWh
Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης (σε % φωτοβολταϊκής ενέ...	97,3 %



Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης 97,3 %



Τα προβαλλόμενα αποτελέσματα είναι κατ' εκτίμηση τιμές. Υπολογίζονται μαθηματικά. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική ιδιοκατανάλωση, η οποία μπορεί να διαφέρει από τις εδώ προβαλλόμενες τιμές. Η πιθανή ιδιοκατανάλωση καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την εξατομικευμένη καταναλωτική συμπεριφορά, η οποία μπορεί να διαφέρει από το προφίλ κατανάλωσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό.

2.12.β Μελέτη με Αζιμούθιο 0 μοίρες

Στην δεύτερη μελέτη χρησιμοποιήσαμε τον ίδιο αριθμό πάνελ αλλά σε ιδανικό προσανατολισμό (Αζιμούθιο 0 μοίρες, μη εφικτό λόγω μορφολογίας)

The screenshot displays the Sunny Design software interface for a PV system simulation. The main window is titled "Αζιμούθιο 0" and "Τοποθεσία: Athens, Greece". The interface is organized into several sections:

- Δεδομένα εργασίας (Job Data):** Includes "Όνομα εργασίας*" (Project Name) set to "Αζιμούθιο 0", "Αριθμός εργασίας" (Job Number) set to "1η Εργασία", and "Πελάτης" (Client) set to "ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ".
- Τοποθεσία (Location):** Includes "Περιοχή*" (Region) set to "Southern Europe", "Χώρα*" (Country) set to "Greece", and "Πόλη*" (City) set to "Athens". A note indicates "Δημογραφία της δικής σας τοποθεσίας" (Demographics of your location).
- Συνθήκες δικτύου (Grid Conditions):** Includes "Τάση δικτύου*" (Grid Voltage) set to "230V (230V / 400V)", "Ανοχή τάσης" (Voltage Tolerance) set to "± 10 %", and "Τριφασική τροφοδοσία" (Three-phase supply) checked. Other options include "Αβέστε υπόψη το μέγ. μη αντισταθμισμένο φορτ..." (Ignore max. non-compensated load...) and "Προσέγγιση για το συντελεστή μετατάπ..." (Approximation for the transformer ratio...). A note states: "Η επιλεγμένη τάση δικτύου επηρεάζει την επιλογή των διαθέσιμων μετατροπέων!" (The selected grid voltage affects the selection of available inverters!).
- Θερμικές (Thermal):** Includes "Θερμικότητα κινήμενης" (Moving heat capacity) and "Θερμικότητα περιβάλλοντος" (Ambient heat capacity). Sliders for "Ελάχιστη θερμοκρασία:" (Minimum temperature) and "Θερμικότητα ηλιακή" (Solar heat capacity) are shown, with values of -5 °C and 50 °C respectively.
- Πλήκτρο "Δεδομένα εργ..." (Data Key):** A tooltip is visible, stating: "Για να μπορείτε να διαμορφώσετε φωτοβολταϊκές γεννήτριες και μετατροπείς ορίζετε αρχικά το απαιτούμενα δεδομένα εργασίας." (To be able to configure photovoltaic generators and inverters, first define the required job data.)

Sunny Design - Αζιμούθιο 0°

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούθιο 0
Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασιών
Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Part project 1
Ονομαστική ισχύς AC: 98,00

Φ/Β γεννήτρια
Αζιμούθιο: 0° - Κλίση: 30°

6 x STP 15000TLEF
Λόγος ονομ. ισχύος: 88

1 x STP 8000TL-20
Λόγος ονομ. ισχύος: 85

Λειτουργία: Φ/Β εγκατάσταση
Υπολογισμός διαστάσεων αγωγού
Επισκόπηση
Βοήθος εκτύπωσης

Δεδομένα εργασίας

AC 1

DC

AC

Αγωγοί DC

Αγωγοί AC1

Αγωγοί AC2

Διαθέσιμος υποδιανομέας

Ρυθμίσεις

Να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες αγωγού στον υπολογισμό απόδοσης:

Συνολικές απώλειες

	DC	AC	Συνολικά
Συνολικό μήκος αγωγού:	400,00 m	70,00 m	470,00 m
Διατομές αγωγών:	4 mm ²	1,5 mm ² ...4 mm ²	1,5 mm ² ...4 mm ²
Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	495,58 W	412,03 W	907,60 W
Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	0,09 %	0,42 %	0,51 %

Κατά την επιλογή της διατομής των αγωγών λαμβάνεται υπόψη τις εθνικές και τις διεθνείς οδηγίες (π.χ. VDE NEC κλπ.). Η εταιρεία SMA Solar Technology AG συνιστά μια σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία < 1% στην πλευρά AC ή στην πλευρά DC. Για την τριφασική καλωδίωση δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση διαφόρων παραγόντων μετατόπισης!

Πλήκτρο „Υπολογισμός“
Εδώ παρέχεται η δυνατότητα διαστασιολόγησης των αγωγών.
Το γράφημα απεικονίζει τα στη τοποθέτηση των αγωγών στη εγκατάσταση:
• Η ένδειξη «DC» χαρακτηρίζει ανωλύους από το μετατροπέα

Επισκόπηση εργασιών
Απόδοση
Βοήθεια

Sunny Design - Αζιμούθιο 0*

Αρχείο Εργασία Εργασία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούθιο 0
Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασία
Μέγεθος ισχύος: 114,00 kWp

Part project 1
Ονομαστική ισχύς AC: 98,00
Φ/Β γεννήτρια
Αζιμούθιο: 0° - Ισχύς: 30°
6 x STP 15000TLEE
Λογός αναμ. ισχύος: 88
1 x STP 8000TL-20
Λογός αναμ. ισχύος: 85

Επιλογή οθόνης «ίδιοκ»
Εδώ μπορείτε να προσδιορίσετε τις ιδιοκατανάλωση ενέργειας απενεργοποιώντας τον προσβ. της ιδιοκατανάλωσης. Προσέτ. είναι η επιλογή «χωρίς ιδιοκατανάλωση».
Εάν θέλετε να προσδιορίσετε τις ιδιοκατανάλωση, εκτελέστε

Επισκόπηση εργασία
Απόδοση
Βοήθεια

Λεωομένα εργασία Φ/Β εγκατάσταση Υπολογισμός διαστάσεων αγώου Επισκόπηση Βοήθος εκτύπωσης

Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης

Καμία ιδιοκατανάλωση
Επαγγελματική εργασία (κατά τις εργάσιμες ημέρες,...)
1440000 kWh

Κατανάλωση ενέργειας ανά έτος: 1440000 kWh

Τύπος: Επαγγελματική εργασία (κατά τις εργάσιμες ημέρες,...)
Επαγγελματική εργασία
Προσωπικά προφίλ κατανάλωσης
Διαχείριση προσωπικών προφίλ κατανάλωσης

Αποτελέσματα

Ενεργειακή απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης:	170,25 MWh
Τροφοδοσία δικτύου:	5409,80 kWh
Χρήση δικτύου:	1275,16 MWh
Ιδιοκατανάλωση:	164,84 MWh
Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης (σε % φωτοβολταϊκής ενέργειας):	96,8 %

Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης 96,8 %

Τα προβολόμενα αποτελέσματα είναι κατά εκτίμηση τιμές. Υπολογίζονται μαθηματικά. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική ιδιοκατανάλωση, η οποία μπορεί να διαφέρει από τις εδώ προβολόμενες τιμές. Η πιθανή ιδιοκατανάλωση καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την εξοπλισμένη κατανάλωση συμπεριφορά, η οποία μπορεί να διαφέρει από το προφίλ κατανάλωσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό.

Sunny Design - Αζιμούθιο 0*

Αρχείο Εργασία Εργαλεία Βοήθεια

Εργασία: Αζιμούθιο 0
 Τοποθεσία: Athens, Greece

Επισκόπηση εργασιών
 Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

Part project 1
 Ονομαστική ισχύς AC: 98,00
 Αζιμούθιο: 0° - Ιούλιος: 30°
 6 x STP 15000TLEE-10
 Λόγος αναμ. ισχύος: 88
 1 x STP 8000TL-20
 Λόγος αναμ. ισχύος: 85

Φ/Β γεννήτρια

Υπολογισμός διαστάσεων αγωγού

Υποδοκιμασία

Επισκόπηση

Βοήθος εκτίμησης

Δεδομένα εργασίας

Φ/Β εγκατάσταση

Ισοκατανάλωση

Αποτελέσματα

	Μη αντισταθμισμένο φορτίο			Φάσεις			Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Αποδοτικότητα μετατροπής	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)
	L1	L2	L3	L1	L2	L3				
✓ Αζιμούθιο 0	0,00 VA	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	170,25 MWh	1493 kWh/kWp	97,7 %	85,2 %
✓ Part project 1	0,00 VA	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	32,67 kW	170,25 MWh	1493 kWh/kWp	97,7 %	85,2 %
✓ 6 x STP 15000TLEE-10	0,00 VA			6			155,98 MWh	1494 kWh/kWp	97,7 %	85,4 %
✓ 1 x STP 8000TL-20	0,00 VA			1			14273,30 kWh	1487 kWh/kWp	97,3 %	85 %

Υποδείξεις

✓ Αζιμούθιο 0

✓ Part project 1

✓ 6 x STP 15000TLEE-10 Αυτή η διάταξη συνιστάται μόνον όταν η μέση τάση δικτύου στο μετατροπέα δεν υπερβαίνει την επιλεγμένη για τη διάταξη τάση δικτύου. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση εξασφαλίζεται η λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP).

Πλήκτρο οθόνης «Επισκ»
 Στην περιοχή «Αποτελέσματα» προβλάνονται οι τιμές αποτελέσματος για το σχεδιασμό σε στήλες.

- Μέσω του πεδίου [Επιλογή] μπορείτε να επιλέξετε περαιτέρω στήλες με τιμές αποτελεσμάτων ή να διαγράψετε υφιστάμενες με τιμές αποτελεσμάτων από το πεδίο [Επιλογή].

Επισκόπηση εργασιών

Απόδοση

Βοήθεια

ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ

Αναγνωστόπουλος Παναγιώτης
Αντουέρα Δομίνικος
Μάριζας Δημήτριος

pan.anagnosto@gmail.com
jimarizas21@hotmail.com
domiadu@gmail.com


Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο 0
Αριθμός εργασίας: 1η Εργασία
Αρχείο έργου:


Τοποθεσία: Greece / Athens
Τάση δικτύου: 3~230 V

Επιτήρηση συστήματος

570 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12) (Φ/Β γεννήτρια)

Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη, Μέγιστη ισχύς: 114,00 kWp

 6 x STP 15000TLEE-10

 1 x STP 8000TL-20

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	570	Συντ.ενεργ. χρήση:	99,9 %
Μέγιστη ισχύς:	114,00 kWp	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)*:	85,2 %
Αριθμός μετατροπέων:	7	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	1493 kWh/kWp
Ονομαστική ισχύς AC:	98,00 kW	Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας):	---
Ενεργή ισχύς AC:	98,00 kW	Μη αντισταθμισμένο φορτίο:	0,00 VA
Σχέση ενεργής ισχύος:	86 %	Ιδιοκατανάλωση:	164,84 MWh
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	170,25 MWh	Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης:	96,8 %

Sunny Design 2.30.0.R

Υπογραφή

*Σημαντικό: οι προβαλλόμενες τιμές απόδοσης είναι τιμές κατ' εκτίμηση. Προσδιορίζονται με μαθηματικό υπολογισμό. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική τιμή απόδοσης που μπορεί να διαφέρει από τις τιμές απόδοσης που προβάλλονται εδώ. Λόγοι για τυχόν αποκλίσεις είναι διάφορες εξωτερικές περιστάσεις, π. χ. ακαθαρσίες στις φωτοβολταϊκές μονάδες ή διακυμάνσεις των βαθμών απόδοσης των Φ/Β μονάδων.

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Αζμούθιο 0

Αριθμός εργασίας: 1η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

Θερμοκρασία κυψέλης:

Ελάχιστη θερμοκρασία: -5,00 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 60,00 °C

Part project 1

6 x STP 15000TLEE-10

Μέγιστη ισχύς:	104,40 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	522
Αριθμός μετατροπέων:	6
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	15,26 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	15,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος:	88 %
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



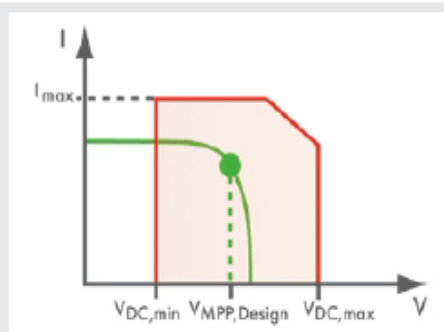
STP 15000TLEE-10

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια

87 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

	Είσοδος A:		
Αριθμός στοιχειοσειρών:	3		
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	29		
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	17,40 kWp		
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	632 V	✓	
Ελάχ. Φ/Β τάση:	603 V	✓	
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	570 V		
Μέγ. Φ/Β τάση:	973 V	✓	
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V		
Μέγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	24,7 A	✓	
Μέγ. ρεύμα DC:	36,0 A		



Υπό συνθήκες συμβατ. Φ/Β-μετ.

Sunny Design 2.30.0.R

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο 0

Αριθμός εργασίας: 1η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

Θερμοκρασία κυψέλης:

Ελάχιστη θερμοκρασία: -5,00 °C

Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C

Μέγιστη θερμοκρασία: 60,00 °C

Part project 1

1 x STP 8000TL-20

Μέγιστη ισχύς:	9,60 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	48
Αριθμός μετατροπέων:	1
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	8,20 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	8,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος:	85 % ✓
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



STP 8000TL-20

Τεχνικά χαρακτηριστικά

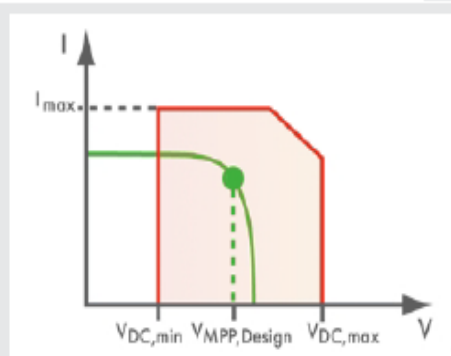
Είσοδος Α: Φ/Β γεννήτρια

26 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

Είσοδος Β: Φ/Β γεννήτρια

22 x Yingli Solar YL200C-24b (03/12), Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Στέγη

	Είσοδος Α:	Είσοδος Β:
Αριθμός στοιχειοσειρών:	1	1
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	26	22
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	5,20 kWp	4,40 kWp
Χαρακτηριστική Φ/Β τάση:	566 V ✓	479 V ✓
Ελάχ. Φ/Β τάση:	540 V ✓	457 V ✓
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	150 V	150 V
Μέγ. Φ/Β τάση:	872 V ✓	738 V ✓
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V	1000 V
Μεγ. ρεύμα Φ/Β γεννήτρ.:	8,2 A ✓	8,2 A ✓
Μέγ. ρεύμα DC:	15,0 A	10,0 A



Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Sunny Design 2.30.0.R

Υποδείξεις

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο 0

Αριθμός εργασίας: 1η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

✓ Αζιμούθιο 0

✓ Part project 1

✓ 6 x STP 15000TLEE-10

Αυτή η διάταξη συνιστάται μόνον όταν η μέση τάση δικτύου στο μετατροπέα δεν υπερβαίνει την επιλεγμένη για τη διάταξη τάση δικτύου. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση εξασφαλίζεται η λειτουργία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP).

Ιδιοκατανάλωση

Όνομα εργασίας: Αζιμούθιο 0

Αριθμός εργασίας: 1η Εργασία

Αρχείο έργου:

Τοποθεσία: Greece / Athens

Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης

Προφίλ κατανάλωσης: Επαγγελματική επιχείρηση (κατά τις εργάσιμες ημέρες ώρα 8-18)
Επαγγελματικές επιχειρήσεις υψηλής κατανάλωσης ενέργειας κατά τις εργάσιμες ημέρες από τις 8 έως τις 18. Παραδείγματα: γραφεία, καντίνες, τράπεζες, παροχή υπηρεσιών, συνεργεία, οικοδομικός τομέας.

Κατανάλωση ενέργειας ανά 1440000,00 kWh

Αποτέλεσμα

Ενεργειακή απόδοση της Φ/Β εγκατάστασης 170,25 MWh

Τροφοδοσία δικτύου 5409,80 kWh

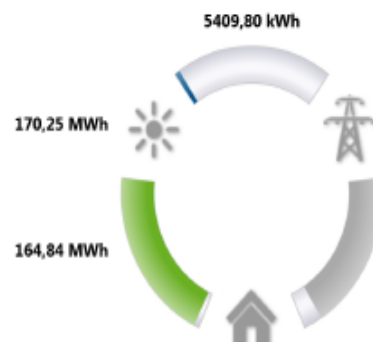
Χρήση δικτύου 1275,16 MWh

Ιδιοκατανάλωση 164,84 MWh

Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης (σε % φωτοβολταϊκής ενέ... 96,8 %



Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης 96,8 %



Τα προβαλλόμενα αποτελέσματα είναι κατ' εκτίμηση τιμές. Υπολογίζονται μαθηματικά. Η εταιρεία SMA Solar Technology AG δεν αναλαμβάνει καμία ευθύνη για την πραγματική ιδιοκατανάλωση, η οποία μπορεί να διαφέρει από τις εδώ προβαλλόμενες τιμές. Η πιθανή ιδιοκατανάλωση καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την εξατομικευμένη καταναλωτική συμπεριφορά, η οποία μπορεί να διαφέρει από το προφίλ κατανάλωσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό.

Παρατηρήσεις

Ο λόγος που έγιναν οι δυο μελέτες ήταν ώστε από την σύγκριση τους να προκύψει, αν η πρώτη μελέτη θα μπορούσε να είναι αποδοτική και συμφέρουσα λύση για το ίδρυμα.

Επίσης όσο αφορά το οικονομικό κομμάτι της μελέτης, με βάση τα πάνελ που χρησιμοποιήσαμε (~200 Ευρώ / πάνελ), τους Inverters και τα λοιπά αναλώσιμα υπολογίζουμε ότι το συνολικό κόστος της υλοποίησης της συγκεκριμένης μελέτης εκτιμάται στα 150.000 Ευρώ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

3.1.1.Ορισμός Γεωθερμίας

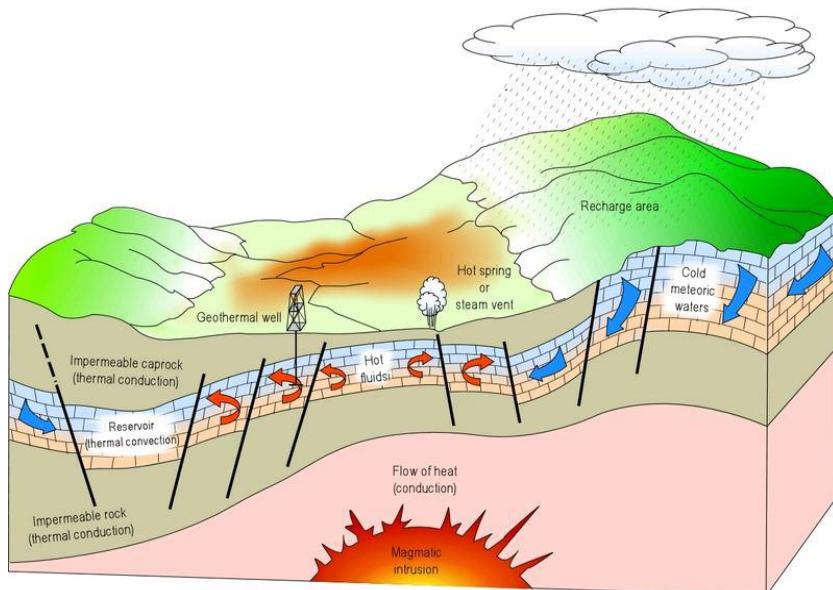
Η λέξη γεωθερμία (Geothermics) προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις «Γεω» και «θερμός» και περιγράφει την θερμική ενέργεια, η οποία βρίσκεται αποθηκευμένη στο εσωτερικό της γης. Ο όρος «γεωθερμία» αναφέρεται στην διεθνή βιβλιογραφία στον εφαρμοσμένο επιστημονικό κλάδο που περιλαμβάνει όλο το φάσμα της έρευνας από την μελέτη της γήινης ροής θερμότητας, τις συνθήκες κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος, τον μηχανισμό της κυκλοφορίας των υπογείων θερμών ρευστών σε συνδυασμό με τις γεωλογικές συνθήκες, καθώς και τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, μέχρι τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των γεωθερμικών πεδίων με κατάλληλες παραγωγικές γεωτρήσεις.

3.1.2.Η Γεωθερμία Γενικά

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και σε σημαντικό βαθμό ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια, σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε θερμά-ξηρά πετρώματα. Η ενέργεια αυτή είναι εκμεταλλεύσιμη μόνο με την προϋπόθεση ότι οι γεωλογικές συνθήκες σε συνδυασμό με το θερμικό φορτίο, αποτελούν μια βιώσιμη οικονομικά λύση (αξιόλογες ποσότητες ρευστών σε βάθη μέχρι 3000m). Πιο συγκεκριμένα Γεωθερμία ή Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε την φυσική θερμική ενέργεια του μάγματος του πυρήνα της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια, είτε μέσω ηφαιστειακών εκροών, είτε μέσω ρηγμάτων του υπεδάφους που αναβλύζουν ατμούς και θερμό νερό.

Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους :

- Με αγωγή θερμότητας από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0,06 - 0,08 W/m².
- Με ρεύματα μεταφοράς, (είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της), που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.



Εικόνα 3.1

(Ένα γεωθερμικό πεδίο που παράγει ατμό και τα κύρια συστατικά του. Η περιοχή επαναφόρτισης, το μη περατό κάλυμμα, ο ταμιευτήρας ρευστών και η πηγή ενέργειας)

Η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος (Ήταν ήδη γνωστό από τον 17ο αιώνα ότι η θερμοκρασία σε βαθιά ορυχεία είναι μεγαλύτερη από αυτή της επιφάνειας της γης), η μέση δε τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας στις ηπείρους για μάζες που βρίσκονται σχετικά κοντά στην επιφάνεια είναι $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$, δηλαδή για κάθε χιλιόμετρο βάθους η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 30°C . Κάθε αύξηση (ανωμαλία) στην τιμή της μέσης γεωθερμικής βαθμίδας μεταφράζεται ως αύξηση της ροής θερμότητας προς την επιφάνεια και βελτιώνει τις γεωθερμικές συνθήκες αποτελώντας γεωθερμικό πεδίο. Σε πολύ μεγάλα βάθη, η θερμοκρασία δεν είναι με ακρίβεια γνωστή. Πιστεύεται ότι στο κέντρο της γης η θερμοκρασία φτάνει λίγο παραπάνω από τους 4.000°C .



Εικόνα 3.2

(Θερμοκρασία στο εσωτερικό της γης)

Είναι γνωστός σε όλους ο βασικός φυσικός νόμος που αναγκάζει την θερμότητα να μεταδίδεται από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σημείο. Αυτό προκαλεί μια συνεχή ροή θερμότητας από τα πολύ θερμά εσωτερικά σημεία της γης προς τα κρύα επιφανειακά σημεία και εν συνεχεία προς την ακόμα ψυχρότερη ατμόσφαιρα. Έτσι από τον πυρήνα (με θερμοκρασία που υπολογίζεται ότι είναι λίγο μεγαλύτερη των 4.000°C) μέχρι της επιφάνεια της γης (που έχει μέση ετήσια θερμοκρασία από μερικές μονάδες έως λίγες δεκάδες $^{\circ}\text{C}$) και την ατμόσφαιρα (η θερμοκρασία της οποίας στην τροπόσφαιρα μειώνεται με το ύψος με ρυθμό περίπου $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$), δημιουργείται φυσιολογικά μία συνεχής ροή θερμότητας. Αυτή η ροή μεταφέρει θερμική ενέργεια από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια της γης, φαινόμενο χρήσιμο για τον άνθρωπο, ο οποίος έχει περιορισμένες επιλογές για να ικανοποιήσει τις ενεργειακές του ανάγκες. Η ροή θερμότητας που προσδιορίζεται στο φλοιό της γης εξαρτάται από την θερμική αγωγιμότητα των πετρωμάτων και από την γεωθερμική βαθμίδα και αποτελεί το γινόμενο τους. Η θερμότητα που περιέχεται στον φλοιό της γης θεωρείται ότι είναι τεράστια της τάξης των $5,4 \times 10^{21} \text{ MJ}$ (Armstead 1983). Ο White (1965) υπολόγισε ότι η ολική ποσότητα θερμότητας που περιέχεται στα πρώτα 10 km της γης (βάθος που αποτελεί συνήθως το όριο των ερευνητικών γεωτρήσεων, αν και η βαθύτερη γεώτρηση που έχει γίνει προσέγγισε τα 12 km) είναι περίπου $1,25 \times 10^{27} \text{ J}$, ποσό που είναι 2000 φορές μεγαλύτερο από την συνολική ποσότητα θερμικής ενέργειας την οποία θα μπορούσαν να προσφέρουν όλα μαζί τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων της γης. Θα πρέπει όμως να διευκρινιστεί, ότι μια τέτοια τεράστια ποσότητα ενέργειας δεν είναι εκμεταλλεύσιμη παρά μόνο σε ένα πολύ μικρό ποσοστό, διότι δυστυχώς δεν βρίσκεται συγκεντρωμένη, αλλά διάχυτη.

3.1.3. Επιφανειακές Εκδηλώσεις Θερμότητας της γης

Η θερμική κινητικότητα που χαρακτηρίζει το γήινο μανδύα σε συνδυασμό με τις τεκτονικές κινήσεις των σεισμικά ενεργών περιοχών, αποτελούν τα βασικότερα αίτια για την μεταφορά γεωθερμικών ρευστών σε περιοχές πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Τα αποτελέσματα της παρουσίας των γεωθερμικών ρευστών σε περιοχές κοντά στην επιφάνεια του εδάφους έχουν ως εξής :

- 1) Υδροθερμικοί ή φρεατικοί κρατήρες : Πρόκειται για κρατήρες που σχηματίζονται μετά από έκρηξη υπέρθερμων γεωθερμικών ρευστών τα οποία είναι εγκλωβισμένα σε μικρό βάθος υπό πίεση.
- 2) Θερμές Πηγές : Πρόκειται για φυσικές εξόδους ζεστού νερού το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασίες πλησίον του σημείου ζέσεως. Σημαντικό στοιχείο από το οποίο κρίνεται ο βαθμός εκμετάλλευσης των θερμών πηγών είναι η παροχή τους.
- 3) Θερμοπίδακες (geysers) : Οι θερμοπίδακες αποτελούν ειδική περίπτωση θερμών πηγών στους οποίους παρουσιάζεται ροή νερού προς την επιφάνεια του εδάφους το οποίο βρίσκεται σε μικρά βάθη από την επιφάνεια της γης σε κατάσταση υπέρθερμου ατμού. Τα νερά αυτά αποκτούν περιοδικά υψηλή πίεση ώστε να δημιουργούν πολλές φορές εντυπωσιακές εκρήξεις κατά την άνοδο τους στην επιφάνεια του εδάφους.
- 4) Ατμίδες : Οι ατμίδες περιλαμβάνουν μείγματα υπέρθερμων ατμών και αερίων τα οποία αναδύονται από ρωγμές του εδάφους χωρίς υψηλή πίεση αλλά με σταθερούς ρυθμούς.
- 5) Λεκάνες Ιλύος : Οι λεκάνες Ιλύος σχηματίζονται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει μεγάλη ροή και πίεση νερού σε μια θερμή πηγή ώστε να μεταφέρει σε μακρυνές αποστάσεις τα αργυλοπυριτικά σωματίδια που συμπαρασύρονται από το νερό.

- 6) **Θερμά Εδάφη :** Τα θερμά εδάφη σχηματίζονται συνήθως από την θερμική αγωγή των πετρωμάτων (μη γεωλογικών σχηματισμών) που παρεμβάλλονται μεταξύ μερικών σημείων της γης και των υποκείμενων αβαθών και πολύ θερμών ρευστών.

3.1.4. Κατηγορίες Γεωθερμικών πεδίων

Τα γεωθερμικά πεδία σε επίπεδο ενεργειακής αξιοποίησης διακρίνονται στις κάτωθι κατηγορίες :

A. Υψηλής Ενθαλπίας ($T > 150 \text{ }^\circ\text{C}$) , απόδοση 8-18% , που χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με εκτόνωση ατμού. Η εγκατεστημένη ισχύς των γεωθερμικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο ανέρχεται σε 6.000 MWe περίπου.

B. Μέσης Ενθαλπίας ($100^\circ\text{C} < T < 150 \text{ }^\circ\text{C}$) , απόδοσης 2-8% , που χρησιμοποιούνται για θέρμανση οικισμών (Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με την βοήθεια ενός δικτύου αγωγών) , για ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων καθώς και για την παραγωγή ηλεκτρισμού με χρησιμοποίηση πτητικού ρευστού π.χ. με κλειστό κύκλωμα φρέον που έχει χαμηλό σημείο ζέσεως .

Γ. Χαμηλής Ενθαλπίας ($25^\circ\text{C} < T < 100 \text{ }^\circ\text{C}$) , απόδοσης 2-8% , που χρησιμοποιούνται για θέρμανση χώρων, για θέρμανση θερμοκηπίων, για θέρμανση νερού για οικιακή χρήση , στις ιχθυοκαλλιέργειες δεδομένου ότι πολλά είδη υδροβίων οργανισμών, όπως χέλια, γαρίδες ή φύκια αναπτύσσονται γρηγορότερα σε αυξημένες θερμοκρασίες, αλλά και για παραγωγή γλυκού νερού στις άνυδρες νησιωτικές και παραθαλάσσιες περιοχές μέσω της θερμικής αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Δ. Αβαθής γεωθερμία ($T < 250 \text{ }^\circ\text{C}$) , απόδοσης $< 2\%$, που χρησιμοποιούνται για θέρμανση-ψύξη κτιρίων. Όπως γίνεται αντιληπτό, έχει μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας για κάλυψη των αναγκών του.

3.1.5. Παράμετροι αξιοποίησης γεωθερμικών πεδίων

Για να καταστεί ένα γεωθερμικό πεδίο εκμεταλλεύσιμο ενεργειακά θα πρέπει να πληρούνται δυο προϋποθέσεις :

- 1) Να διασφαλίζεται η ροή του ρευστού στον ταμιευτήρα ώστε να μπορεί να επιτευχθεί είτε με φυσικές αυθόρμητες μεθόδους, είτε να υποβοηθηθεί από τεχνητές διευθετήσεις. Στην περίπτωση της φυσικής αναπλήρωσης το ρευστό που ανεβαίνει στην επιφάνεια της γης αναπληρώνεται μέσω των υδατικών πόρων που μπορεί να υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή του γεωθερμικού πεδίου. Στην περίπτωση υποβοήθησης πραγματοποιείται επανεισαγωγή ρευστού στον ταμιευτήρα μετά την απόληψη από αυτό της θερμογόνου δύναμης του.
- 2) Να διασφαλίζεται η παρουσία θερμότητας μέσα στο ταμιευτήρα ώστε να εξαρτάται από την κυκλοφορία των ρευστών μέσα σε αυτόν και από την θερμική αγωγιμότητα του πεδίου. Η θερμότητα του ταμιευτήρα ενισχύεται σημαντικά σε περιπτώσεις που ο τελευταίος βρίσκεται κοντά σε περιοχή που υπάρχει μάγμα το οποίο χάρις στην υψηλή θερμοκρασία του προσδίδει στον ταμιευτήρα υψηλά ποσά θερμότητας σε εξαιρετικά ταχείς ρυθμούς.

3.1.6. Βασικοί στόχοι Γεωθερμίας

Ο βασικός στόχος της γεωθερμίας εστιάζεται στις προσπάθειες εντοπισμού και μελέτης περιοχών στις οποίες παρατηρούνται υψηλές τιμές θερμικής ροής από το εσωτερικό προς την επιφάνεια της γης. Το φαινόμενο της αυξημένης θερμικής ροής ονομάζεται και θερμική ανωμαλία. Οι περιοχές της γης στις οποίες παρατηρείται αυτού του είδους η ανωμαλία τίθενται σε προτεραιότητα από πλευράς εξέτασης των δυνατοτήτων αξιοποίησης του γεωθερμικού δυναμικού τους. Ωστόσο η παρουσία γεωθερμικής ανωμαλίας δεν αποτελεί από μόνη της ικανή συνθήκη για την εμπορική αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας. Παράγοντες όπως τα γενικά ενεργειακά χαρακτηριστικά των εκάστοτε περιοχών, το βάθος, η σύσταση του υπεδάφους, η χωροταξία των περιοχών, το κλίμα, και η ανάπτυξη τους αποτελούν μερικά από τα κριτήρια τα οποία καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την λήψη αποφάσεων σχετικά με την ενεργειακή αξιοποίηση περιοχών με αυξημένο γεωθερμικό δυναμικό. Η αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού σε μεγάλα βάθη έχει διαπιστωθεί πως εμπεριέχει δυσκολίες με αποτέλεσμα ο ρυθμός με τον οποίο αναπτύσσεται η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τις δυνατότητες που παρέχει για διείσδυση σε μεγαλύτερα βάθη, υπό την προϋπόθεση πάντοτε ότι πληρούνται οι εκάστοτε σχέσεις κόστους-οφέλους κάθε περίπτωσης.

Σε αντίθεση με τις δυσκολίες που εμπεριέχει η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας που βρίσκεται σε μεγάλα βάθη, η δυνατότητες εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας σε μικρότερα βάθη αναπτύσσονται συνεχώς έστω και αν τα ενεργειακά μεγέθη στα βάθη αυτά υπολείπονται κατά πολύ από τα αντίστοιχα στα μεγαλύτερα. Ο ειδικός κλάδος της γεωθερμίας που ασχολείται με την ενεργειακή αξιοποίηση των μικρών βαθών ονομάζεται «Αβαθής Γεωθερμία». Τα βάθη αυτά κυμαίνονται από μερικά εκατοστά κάτω από την επιφάνεια της γης μέχρι τα 150 μετρά. Στα βάθη αυτά δεν είναι μόνο η παρουσία ενός ρευστού σε υψηλή θερμοκρασία η οποία καθιστά τις εκάστοτε περιοχές ελκυστικές για ενεργειακή αξιοποίηση.

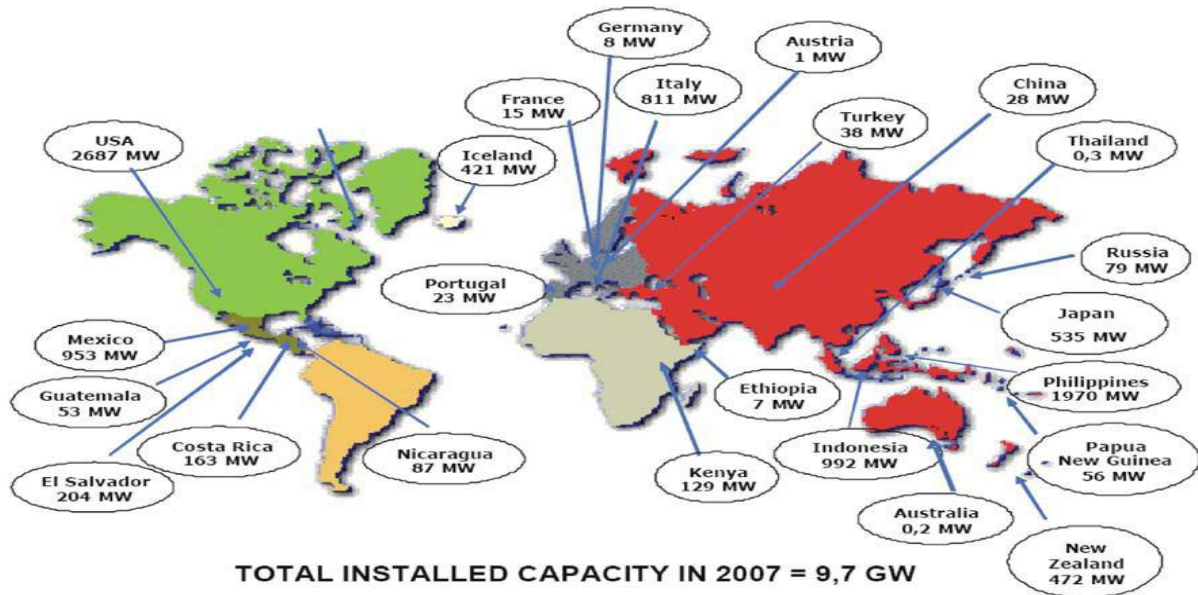
Ανεξαρτήτως της παρουσίας ενός παράγοντα θερμικής ανωμαλίας το υπέδαφος χαρακτηρίζεται από την ιδιότητα της «Θερμικής Αδράνειας». Χάρη στην ιδιότητα αυτή η θερμοκρασία του υπεδάφους σε μια ζώνη η οποία κυμαίνεται κατά μέσο όρο από 5 έως 15 μετρά κάτω από την επιφάνεια δεν μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του έτους, συγκριτικά με την μεταβολή της θερμοκρασίας που παρατηρείται στην ατμόσφαιρα. Αυτή η δυνατότητα καθιστά το υπέδαφος ελκυστικό για την αξιοποίηση του με την μορφή «ενεργειακής δεξαμενής» σταθερής θερμοκρασίας. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί πως η θερμική αδράνεια αποτελεί ιδιότητα η οποία εξαρτάται και αυτή από μια σειρά παραγόντων όπως η σύσταση του εδάφους, την υγρασία καθώς και μια σειρά άλλων παραμέτρων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω διαπιστώνουμε πως η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να συμπεριλαβεί τόσο την άμεση αξιοποίηση της θερμότητας η οποία προέρχεται από το εσωτερικά της γης όσο και την αξιοποίηση των θερμοφυσικών ιδιοτήτων του υπεδάφους ανεξαρτήτως της παρουσίας παραγόντων θερμικής ανωμαλίας

Ειδικότερα η εκμετάλλευση της γεωθερμίας μπορεί να συμβάλει :

1. Στην εξοικονόμηση συναλλάγματος, αφού θα έχουμε μείωση των εισαγωγών πετρελαίου που χρησιμοποιείται για θέρμανση.
2. Στην εξοικονόμηση φυσικών πόρων, κυρίως με την ελάττωση κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη.
3. Στην καθαρότερη ατμόσφαιρα. Τα σημερινά γεωθερμικά πεδία παράγουν μόνο το 1/6 CO₂ σε σύγκριση με τις γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με φυσικό αέριο, και καθόλου νιτρικά (NO_x) και θειικά (SO_x) αέρια. Για κάθε 1.000 MW ηλεκτρικού ρεύματος

που προέρχεται από γεωθερμικές πηγές εκπέμπονται 1 εκατομμύριο kg λιγότερα τοξικά αέρια το χρόνο και 4 δισεκατομμύρια kg λιγότερο CO₂, από ότι αν σαν πρώτη ύλη χρησιμοποιούταν άνθρακας.



Εικόνα 3.3

(Χάρτης των χωρών με εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ από γεωθερμική Ενέργεια)

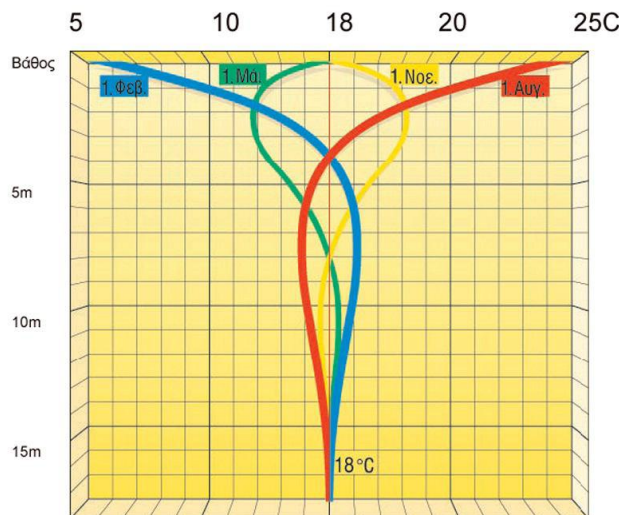


Σχήμα 10.1. Χάρτης γεωθερμικών περιοχών της Ελλάδας (Τροποποίηση χάρτη του ΙΓΜΕ).

Εικόνα 3.4
 (Γεωθερμικές περιοχές στην Ελλάδα)

3.2. ΑΒΑΘΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Ως αβαθής γεωθερμία χαρακτηρίζεται η μορφή της γεωθερμικής ενέργειας κατά την οποία ενέργεια λαμβάνεται (ή απορρίπτεται) από μικρά βάθη με την χρήση αντλιών θερμότητας. Τα συστήματα αυτά συχνά καλούνται γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ). Η ανάκτηση της θερμότητας επιτυγχάνεται με την ανακυκλοφορία νερού σε κλειστές υδροφόρες ή ξηρές γεωτρήσεις ή σε ρηχές επιφάνειες εδάφους/πετρωμάτων, καθώς και με την απευθείας χρήση νερών. Η τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι η θερμοκρασία του υπεδάφους μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο από 6 m , ενώ και στα 2 m δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Θα μπορούσαμε δε να πούμε ότι σε βάθος από 6 μ. έως 100 μ. η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και είναι περίπου ίση με την μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα για τον συγκεκριμένο τόπο. Στην χώρα μας αυτό σημαίνει ότι σε τέτοιο βάθος η θερμοκρασία βρίσκεται ανάμεσα στους 16-20°C. Για την Αθήνα, η θερμοκρασία αυτή είναι 18°C.



Εικόνα 3.5
(Μέσες θερμοκρασίες εδάφους)

Αυτή η ενέργεια προέρχεται από την απορρόφηση-αποθήκευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (σχεδόν το 50% απ' τη συνολική ποσότητα που φθάνει στη Γη) απ' τη γήινη επιφάνεια, και όπου στα γεωγραφικά πλάτη της εύκρατης ζώνης κάτω από κάποιο βάθος παραμένει περίπου σταθερή (10-20°C), καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η διατήρηση της θερμοκρασίας αυτής οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ο ήλιος ζεσταίνει την επιφάνεια του εδάφους, το οποίο απορροφά σε βάθος την θερμότητα που του παρέχεται, ενώ στη διάρκεια του χειμώνα η ίδια επιφάνεια ψύχεται και αφαιρεί θερμότητα από εκείνη που είχε συσσωρευτεί στο υπέδαφος. Αυτό όμως γίνεται πολύ αργά και με μεγάλη διαφορά φάσης, έτσι ώστε ενώ στην επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία παρουσιάζει σημαντική διακύμανση, όσο προχωρούμε σε βάθος η διακύμανση αυτή στη διάρκεια ενός έτους γίνεται μικρότερη και ουσιαστικά κάτω από τα 6 μ. σχεδόν εξαφανίζεται. Με τον τρόπο αυτό αποκαθίσταται μια κατάσταση ισορροπίας στο επίπεδο των 16-20°C. Έτσι το καλοκαίρι, όπου η θερμοκρασία του εδάφους είναι μικρότερη από εκείνη του περιβάλλοντος, το σύστημα απάγει την θερμότητα του χώρου στο έδαφος, ενώ αντίστροφα, τον χειμώνα, το σύστημα μεταφέρει θερμότητα από το έδαφος στον χώρο. Άρα η σταθερή και μόνιμη αυτή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί, το μεν χειμώνα για θέρμανση νερού κεντρικής θέρμανσης έως 50°C, το δε καλοκαίρι για ψύξη νερού κλιματισμού έως 10°C,

όπως επίσης και για ζεστό νερό χρήσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας μπορεί να γίνει με την χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ) και δικτύου σωληνώσεων εντός του υπεδάφους. Με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιώντας ένα οριζόντιο ή κατακόρυφο δίκτυο από υπόγειους σωλήνες, η αντλία θερμότητας μπορεί είτε να δροσίσει είτε να θερμάνει το κτίριο, διοχετεύοντας νερό σε σωληνώσεις που καλύπτουν όλο το δάπεδο ή τους τοίχους. Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλον τον χρόνο και δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της ατμόσφαιρας. Πλεονεκτεί έναντι της κάθε αυτού γεωθερμίας στο ότι βρίσκεται διαθέσιμη και εκμεταλλεύσιμη παντού, είναι αρκετά εύκολη στην αξιοποίησή της και μπορεί να συνδυαστεί και με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως π.χ. με την ηλιακή. Σύμφωνα με έρευνα του ΚΑΠΕ, το ποσό για την εγκατάσταση ενός συστήματος αβαθούς γεωθερμίας σε μία κατοικία 150 τετραγωνικών φθάνει τα 10.000 ευρώ περίπου, ποσό στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η αγορά, η εγκατάσταση του εξοπλισμού και η εκσκαφή για την τοποθέτηση των υπόγειων σωλήνων. Συγκριτικά με ένα συμβατικό σύστημα ψύξης με ηλεκτρισμό και θέρμανσης με πετρέλαιο, η απόσβεση της αρχικής επένδυσης υπολογίζεται ότι θα γίνει σε 5 χρόνια, χρόνος που αυξάνεται κατά μία διετία περίπου αν συγκριθεί με ένα συμβατικό σύστημα που χρησιμοποιεί λέβητα φυσικού αερίου. Έτσι με τη γεωθερμία επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας έως και 40% για τη θέρμανση και 50% - 70% για την ψύξη.

3.3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ (GROUND SOURCE HEAT PUMPS)

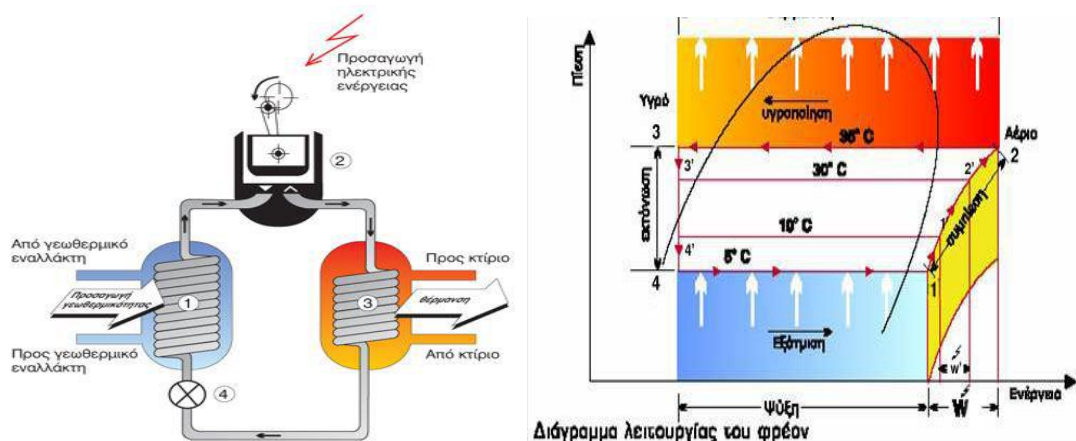
3.3.α. Γενικά για τις Αντλίες Θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας (ΑΘ) είναι θερμικές μηχανές οι οποίες λειτουργούν με βάση τη μεταφορά ή την άντληση θερμότητας (με τη μορφή ψύξης ή θέρμανσης) από μια δεξαμενή θερμότητας (αέρας περιβάλλοντος, δεξαμενή νερού, υπόγεια νερά, λίμνη, έδαφος) προς ένα χώρο, μέσω ενός κύκλου εξάτμισης και συμπύκνωσης ενός εργαζόμενου μέσου, με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα λειτουργίας τόσο για την παραγωγή θέρμανσης όσο και την παραγωγή ψύξης. Έτσι, με μία κεντρική μονάδα μπορεί να αντικατασταθεί ένας αριθμός άλλων θερμικών συσκευών, για θέρμανση και ψύξη, οδηγώντας σε ολοκληρωμένες λύσεις κλιματισμού. Επιπλέον, οι αντλίες θερμότητας έχουν πολύ καλύτερη ενεργειακή απόδοση από άλλα συστήματα θέρμανσης. Και ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι απλός: αντί να καταναλώνει καύσιμα, αυτό που κάνει είναι να "μεταφέρει τη θερμότητα". Για το λόγο αυτό οι αντλίες θερμότητας είναι μέχρι πέντε φορές περισσότερο αποδοτικές, από πλευράς ενέργειας, από άλλα συστήματα θέρμανσης.

Οι Αντλίες Θερμότητας απορροφούν περίπου το 75% της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη από το περιβάλλον. Το υπόλοιπο 25% το παίρνουμε με την μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι πετυχαίνουμε θερμική άνεση 100%.

Λειτουργία ψύξης (καλοκαίρι): Η αντλία θερμότητας «αντλεί» θερμότητα από το εσωτερικό του κτιρίου και την απορρίπτει σε εξωτερική "δεξαμενή" θερμότητας (αέρας, έδαφος, νερό). Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία της εξωτερικής δεξαμενής θερμότητας τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της αντλίας θερμότητας. Λειτουργία θέρμανσης (χειμώνας): Η αντλία θερμότητας «αντλεί» θερμότητα από εξωτερική πηγή θερμότητας (αέρας, έδαφος, νερό) και την προσάγει στο εσωτερικό του κτιρίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της εξωτερικής πηγής θερμότητας τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση της αντλίας θερμότητας. Η συνοπτική λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας έγκειται στις παρακάτω διαδικασίες:

1. Αντιψυκτικό υγρό κυκλοφορεί σε ένα σωλήνα (συλλέκτη) και απορροφά θερμότητα (ενέργεια) από το έδαφος, το νερό ή τον αέρα.
2. Στην αντλία θερμότητας υπάρχει ένας εναλλάκτης που καλείται εξατμιστής. Εκεί μεταφέρεται η ενέργεια (θερμότητα) από το αντιψυκτικό υγρό στο ψυκτικό υγρό (μέσο). Αυτό έχοντας χαμηλό σημείο ζέσης (εξατμίζεται στους 5-10°C) , εξατμίζεται και κυκλοφορεί σε ένα κλειστό κύκλωμα.
3. Στον συμπιεστή με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας συμπιέζεται το αέριο πλέον ψυκτικό μέσο, με στόχο την ανύψωση της πίεσης και θερμοκρασίας του.
4. Το αέριο ψυκτικό μέσο συμπυκνώνεται αποδίδοντας την θερμοκρασία του στον κλιματιζόμενο χώρο, όταν έρχεται σε επαφή με το νερό κυκλοφορίας θέρμανσης του κτιρίου, διαμέσου ενός εναλλάκτη θερμότητας. Το θερμό νερό μεταβιβάζεται στο κτίριο με στόχο τη θέρμανση του, ενώ το υγρό πια ψυκτικό μέσο εκτονώνεται στην βαλβίδα εκτόνωσης για τη πτώση της πίεσης του.
5. Το ψυκτικό υγρό μεταφέρεται πάλι στον εξατμιστή και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Η επανάληψη του κύκλου δημιουργεί τη συνεχή θέρμανση του κτιρίου.
6. Στην καλοκαιρινή λειτουργία, αντιστρέφεται ο κύκλος του ψυκτικού δια της βαλβίδας αντιστροφής, με αποτέλεσμα το έδαφος, το νερό ή ο αέρας να αποτελεί τον αποδέκτη της θερμότητας, ενώ το κτίριο την πηγή ενέργειας (εξατμιστής).



Εικόνα 3.6:
(Αρχή λειτουργίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας)

Για την ενεργειακή αξιολόγηση των αντλιών θερμότητας χρησιμοποιείται ο βαθμός απόδοσης COP (Coefficient of Performance) που είναι ο λόγος της αποδιδόμενης θερμότητας προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

$$COP = \text{Μεταφερόμενη θερμική ενέργεια} / \text{Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια}$$

Έτσι μία αντλία θερμότητας που έχει COP = 4, μεταφέρει 4 kW θερμικής ισχύος για κάθε 1 kW καταναλισκόμενης ισχύος. Στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ο συντελεστής αυτός κυμαίνεται από 3 μέχρι 5. Δηλαδή ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%. Οι σύγχρονες αντλίες θερμότητας έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης (COP = 4~6). Η αυξημένη τιμή του είναι επιθυμητή γιατί σημαίνει ότι τόσο πιο αποδοτική ενεργειακά είναι η χρήση της αντλίας αφού παράγεται μεγαλύτερο θερμικό φορτίο σε σχέση με το ηλεκτρικό έργο που προσφέρουμε στον συμπιεστή. Ο βαθμός απόδοσης μίας αντλίας εξαρτάται από τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και χώρου, και γενικά ισχύει ότι όσο μικρότερη είναι η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του μέσου από το οποίο αντλείται η θερμότητα και της

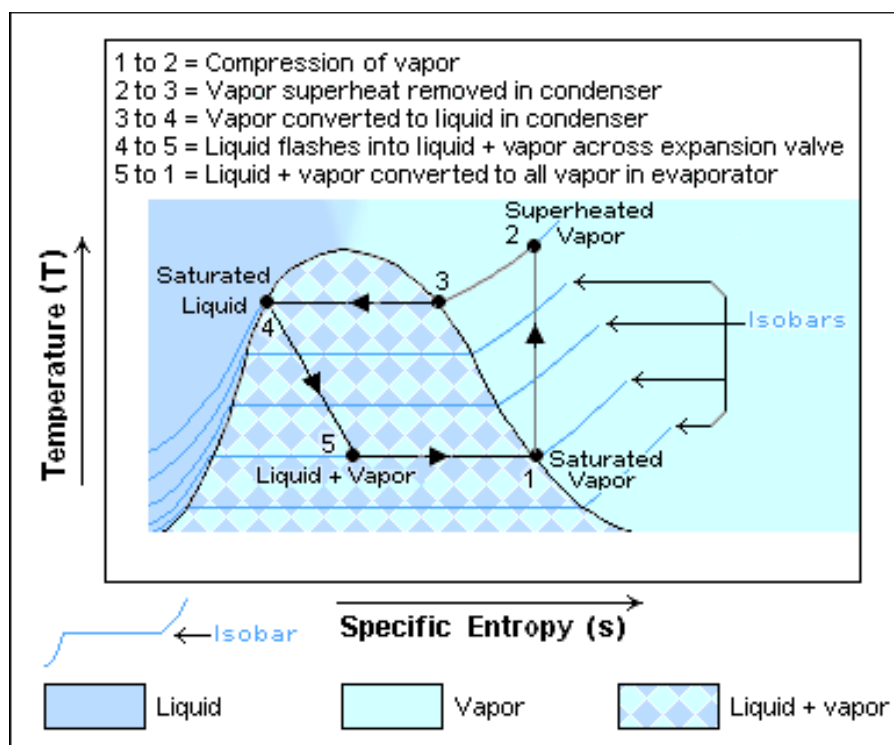
θερμοκρασίας του μέσου στο οποίο απορρίπτεται η θερμότητα, τόσο υψηλότερος είναι ο βαθμός απόδοσης. Για την απόδοση της αντλίας κατά τη λειτουργία σε ψύξη χρησιμοποιείται συχνά και ο λόγος ενεργειακής απόδοσης EER (Energy Efficient Ratio) που είναι ο λόγος της αποδιδόμενης ψύξης προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια:

$$EER = \text{Ψυκτική Ισχύς Εξατμιστή (BTU/h)} / \text{Ηλεκτρική ισχύς συμπιεστή (W)}$$

Συνήθεις τιμές για τον συντελεστή αυτόν είναι από 10 μέχρι 17 αλλά μπορούν να φτάσουν ακόμα και το 20 για μεγάλες εφαρμογές. Μία αντλία θερμότητας θεωρείται ότι έχει ικανοποιητική απόδοση, εάν $EER > 10$ και $COP > 3$.

3.3.β Αρχή του Κύκλου Συμπίεσης Ατμού

Στην εικόνα 3.7 φαίνεται η αρχή λειτουργίας του κύκλου συμπίεσης ατμού μιας αντλίας θερμότητας σε διάγραμμα T-S.



Εικόνα 3.7:
(Αρχή λειτουργίας του κύκλου συμπίεσης ατμού)

Στην αντλία θερμότητας ως ψυκτικό μέσο κυκλοφορεί ένα συνηθισμένο ψυκτικό μέσο ίδιο με αυτά που κυκλοφορούν σε ένα κλιματιστικό μηχάνημα. Ο κορεσμένος ατμός κατάστασης 1 εισέρχεται στον συμπιεστή και συμπιέζεται. Στην έξοδο του συμπιεστή έχουμε υπέρθερμο ατμό κατάστασης 2. Αυτός ο ατμός εισέρχεται στη διάταξη του συμπυκνωτή όπου συμπυκνώνεται (3) απορρίπτοντας θερμότητα στο περιβάλλον και διατηρώντας σταθερή την πίεση (4). Η έξοδος του συμπυκνωτή αποτυπώνεται στην κατάσταση (4) όπου έχουμε κορεσμένο ατμό. Αυτός περνά από την βαλβίδα αποτόνωσης από όπου με μειωμένη την πίεση σε μορφή υγρού κατευθύνεται στον ατμοποιητή σε κατάσταση

(5). Αφού εισέλθει στον ατμοποιητή, απορροφώντας ενέργεια από τον χώρο που θέλουμε να ψύξουμε εξατμίζεται και βρίσκεται πάλι στην κατάσταση (1) εισόδου του συμπιεστή.

3.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΑΘ

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας (Geothermal Heat Pump ή για συντομία GHP) αντί να χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αποβάλλει (καλοκαίρι) ή να αντλήσει (χειμώνας) θερμότητα, χρησιμοποιεί την θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας ή την θερμότητα που περικλείει το χώμα. Έτσι η ΓΑΘ χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο σωληνώσεων, όπου κυκλοφορεί νερό, κατάλληλα τοποθετημένων ανταλλάζει θερμότητα με το έδαφος ή με τη θάλασσα αναλόγως με την εγκατάσταση. Αν κάνουμε μία σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα κλιματισμού με αερόψυκτες εξωτερικές μονάδες όπως πχ. τα κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου, τις εξωτερικές μονάδες των οποίων τις συναντούμε στα μπαλκόνια των διαμερισμάτων ή στα δώματα των κτιρίων, θα έχουμε παρατηρήσει ότι το καλοκαίρι κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας (35 ή και 40° C), έχουμε μία μεγάλη πτώση της απόδοσής τους και αδυναμία να μας δροσίσουν ικανοποιητικά. Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευή καλείται να αποβάλει θερμότητα σε ένα ήδη κορεσμένο από θερμικό φορτίο περιβάλλον και καταβάλλει μια μάταιη προσπάθεια καταναλώνοντας υπερβολικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Αν όμως η κλιματιστική συσκευή απέβαλε την θερμότητα σε ένα ψυχρότερο περιβάλλον, όπως πχ αυτό του εσωτερικού του εδάφους, όπου ακόμα και στις θερμότερες μέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία του δεν ξεπερνάει τους 20° C, τότε η απόδοσή της θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη και η οικονομία σε ηλεκτρική ενέργεια τεράστια. Σε αυτή την αρχή της θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των γεωθερμικών εναλλακτών, που κατά μια έννοια «μεταφέρουν», με την βοήθεια της αντλίας θερμότητας, τους 20° C του εδάφους μέσα στο σπίτι καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια. Κατ' ανάλογο τρόπο, το χειμώνα, το γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 16-17° C του εδάφους μέχρι τους 20-22° C για να ζεστάνει το χώρο μας. Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική αντλία θερμότητας αέρα. Να σημειωθεί ότι τα συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω των 0° C. Ουσιαστικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά σε θερμοκρασίες μικρότερες των 5° C. Αντίθετα οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας ξεπερνούν το μειονέκτημα των συστημάτων με ατμοσφαιρικό αέρα και λειτουργούν ικανοποιητικά ακόμα και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

3.4.1. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας

Τα πλεονεκτήματα των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας σε σχέση με τις αντλίες θερμότητας με πηγή αέρα είναι τα κάτωθι:

A. Ο βαθμός απόδοσης (COP) μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, δηλαδή η ποσότητα θερμικής ενέργειας που παράγει σε σχέση με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει, είναι στην πράξη 4,0 έως 5,5, ενώ στην αντλία θερμότητας με πηγή αέρα είναι κατώτερη από 2,8, εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

B. Λειτουργεί χωρίς πρόβλημα σε οποιοσδήποτε καιρικές και θερμοκρασιακές συνθήκες περιβάλλοντος, υπό το μηδέν το χειμώνα και πάνω από 40°C το καλοκαίρι, διότι η γεωθερμική αντλία τροφοδοτείται από το γεωθερμικό εναλλάκτη με νερό αμετάβλητης θερμοκρασίας, ίσης περίπου με αυτή που επικρατεί στο υπέδαφος κάτω από το κτίριο.

Γ. Το κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος γεωθερμικού κλιματισμού είναι πολύ χαμηλότερο, απ' ό,τι στο σύστημα με αντλία θερμότητας με πηγή αέρα.

Δ. Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας δεν δημιουργούν θόρυβο κατά τη λειτουργία τους και ο γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας στο έδαφος διαρκεί τουλάχιστον 25 έτη.

Ε. Συμβάλλει θετικά σε δύο υψηλούς αναπτυξιακούς – κοινωνικούς στόχους :

1. Στην εξοικονόμηση ενέργειας με την πολύ χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και την παραγωγή πολλαπλάσιας θερμικής και ψυκτικής ενέργειας από την επιτόπια γεωθερμική ενέργεια. Τα γεωθερμικά συστήματα μπορούν να μειώσουν το κόστος θέρμανσης ως και 70% και το κόστος ψύξης έως και 50% και να παρέχουν ζεστό νερό χρήσης για τις ανάγκες της κατοικίας.

2. Στην προστασία του περιβάλλοντος, διότι, χρησιμοποιώντας την καθαρή γεωθερμική ενέργεια, εκτοπίζει το ρυπογόνο πετρέλαιο και μειώνει την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, που, όπως είναι γνωστό, παράγεται στη χώρα μας κυρίως στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς από τα ρυπογόνα συμβατικά καύσιμα. Οι Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας λοιπόν λειτουργούν με τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα άλλα είδη Αντλιών Θερμότητας έχοντας μικρές και

σταθερές διαφορές θερμοκρασιών και με βαθμό απόδοσης στη θέρμανση μέχρι και 500%.

Επίσης σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα τα γεωθερμικά διαρκούν περισσότερο, καθώς αποτελούν «κλειστά» συστήματα, όπως το ηλεκτρικό ψυγείο, που εγκαθίστανται μέσα στα κτίρια ή στο υπόγειο χώρο τους. Ακόμα τα γεωθερμικά συστήματα δεν παρουσιάζουν βλάβες μετά από παρατεταμένη χρήση όπως ορισμένα συμβατικά συστήματα. Έχοντας ένα παρόμοιο τρόπο κατασκευής με αυτό των ηλεκτρικών ψυγείων, οι Γ.Α.Θ. έχουν πολύ λίγα κινούμενα εξαρτήματα που θα μπορούσαν να χαλάσουν. Ο Γεωθερμικοί Εναλλάκτες είναι κατασκευασμένοι από πιστοποιημένους πλαστικούς σωλήνες και μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά πενήντα χρόνια μετά την εγκατάστασή τους. Ωστόσο τα συστήματα γεωθερμικού κλιματισμού έχουν και κάποια μειονεκτήματα όπως τα παρακάτω:

- Το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο από του συμβατικού.
- Υπάρχει δυσκολία στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα.
- Για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού.

3.4.2. Κατηγορίες Γεωθερμικών Αντλιών Ανάλογα με την Δεξαμενή Θερμότητας που Λειτουργούν

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ) χωρίζονται σε 3 κατηγορίες με κριτήριο την δεξαμενή θερμότητας με την οποία λειτουργούν. Έτσι έχουμε:

A. ΓΑΘ που λειτουργούν με υπόγεια νερά (ground water open loop heat pumps) με θερμοκρασία μικρότερη των 25°C.

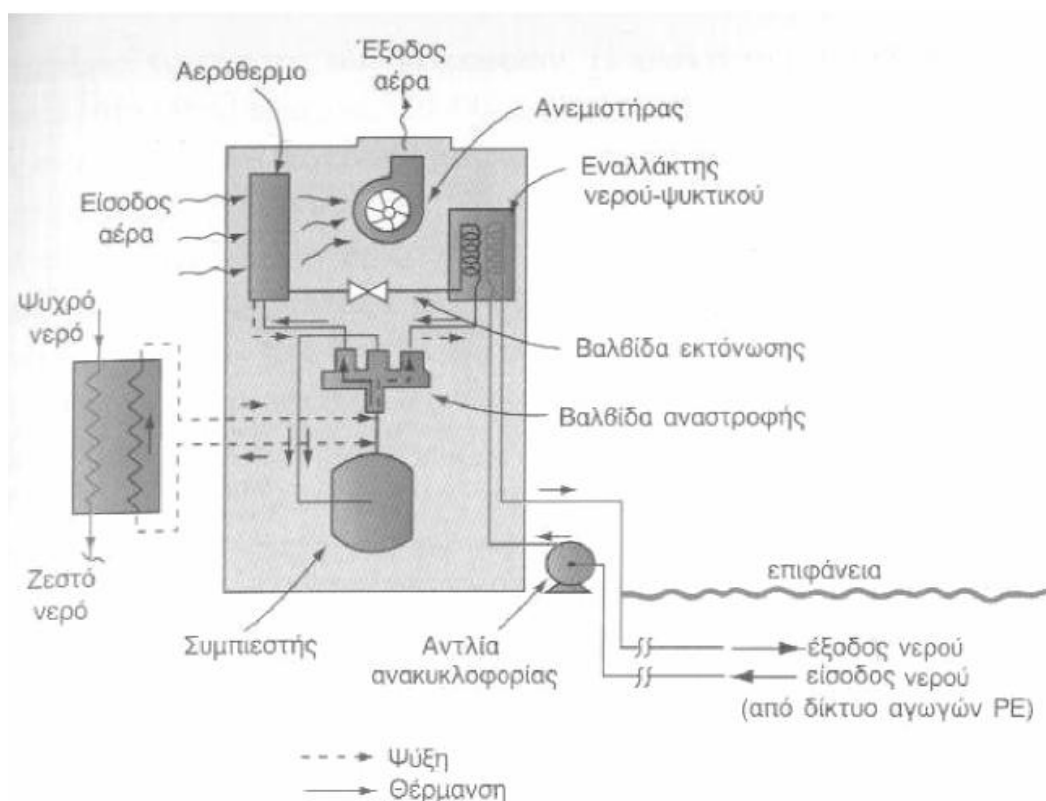
B. ΓΑΘ που λειτουργούν με επιφανειακά νερά (surface water heat pumps).

Γ. ΓΑΘ που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος (ground coupled heat pumps).

Όταν αξιοποιείται το νερό γεώτρησης ή πηγαδιού ή λίμνης ή ποταμού ή της θάλασσα χρησιμοποιείται γεωεναλλάκτης ανοικτού κυκλώματος. Όταν αξιοποιείται το υπέδαφος χρησιμοποιείται ο γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος, σε κατακόρυφο ή οριζόντιο σύστημα. Όπως γίνεται κατανοητό οι δυο πρώτες κατηγορίες αναφέρονται σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ταμιευτήρας νερού σε κάποιο βάθος κάτω από το έδαφος είτε επιφανειακά νερά σε χαμηλή θερμοκρασία κοντά στην εγκατάσταση. Έτσι οι δυο αυτές περιπτώσεις δεν θα μας απασχολήσουν αλλά θα ασχοληθούμε μόνο με τις ΓΑΘ που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος.

3.4.3. ΓΑΘ Συνδεδεμένες με το Υπέδαφος (Ground Coupled Heat Pumps)

Τα συστήματα αυτά συχνά καλούνται ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος και αποτελούνται ουσιαστικά από σύστημα κύκλου συμπίεσης ατμών, το οποίο είναι συνδεδεμένο με υπεδάφιο εναλλάκτη (εδάφους-νερού) που βρίσκεται θαμμένος στο έδαφος. Η θερμοκρασία του εδάφους όπως έχουμε προαναφέρει μένει σχεδόν αμετάβλητη σε βάθος μεγαλύτερο από 6 m προσεγγίζοντας τη μέση ετήσια θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, ενώ ακόμα και σε βάθος 2 m η θερμοκρασία του εδάφους αποκρίνεται στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος χωρίς μεγάλες διακυμάνσεις, με καθυστέρηση ορισμένης χρονικής περιόδου. Σε αυτά τα βάθη η αποθηκευμένη ενέργεια του εδάφους προέρχεται βασικά από την ηλιακή ακτινοβολία και μόνο ένα μικρό ποσοστό (2-3%) προέρχεται από την θερμότητα της γης. Βέβαια η θερμότητα σε βάθη μεγαλύτερα από 15 m προέρχεται μόνο από την γεωθερμία. Το πλέον χρησιμοποιούμενο σύστημα είναι μία αντλία θερμότητας νερού-αέρα, στον εξατμιστή της οποίας κυκλοφορεί σε κλειστό κύκλωμα (συχνά υπό πίεση) νερό ή νερό με αντιψυκτικό διάλυμα. Βέβαια για τη λειτουργία της αντλίας για παραγωγή ψύξης το καλοκαίρι, το υγρό του κλειστού κυκλώματος διέρχεται μέσα από το συμπυκνωτή.



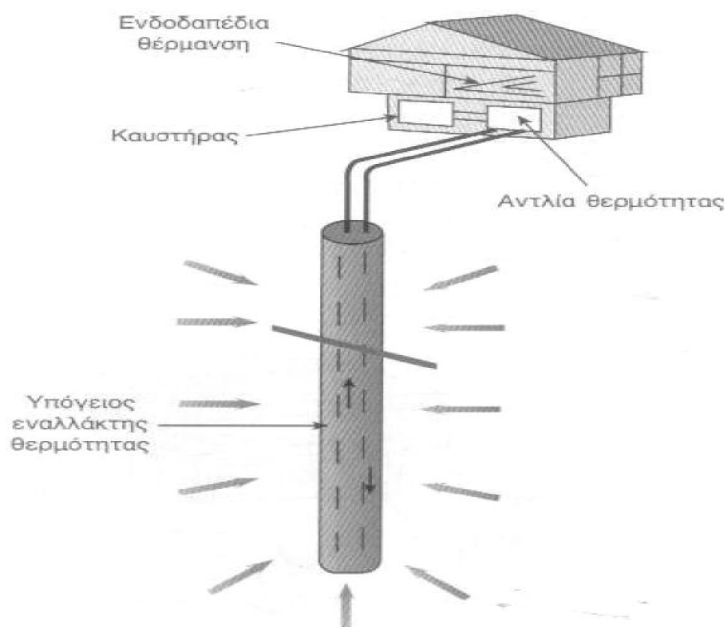
Εικόνα 3.8

(Γεωθερμική αντλία θερμότητας κλειστού κυκλώματος)

Το υγρό αυτό απορροφά θερμότητα από το έδαφος στην διάρκεια του χειμώνα και απορρίπτει θερμότητα σε αυτό στην διάρκεια του καλοκαιριού. Ως αντιψυκτικά χρησιμοποιούνται οι γλυκόλες (αιθυλένο- και προπυλένο-γλυκόλη), το χλωριούχο ασβέστιο, το οξικό κάλιο κ.α. Τα συστήματα ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος διαχωρίζονται περαιτέρω σε κάθετα και οριζόντια ανάλογα με την γεωμετρία του υπόγειου εναλλάκτη.

3.4.4. Κάθετα Συστήματα ΓΑΘ Κλειστού Κυκλώματος

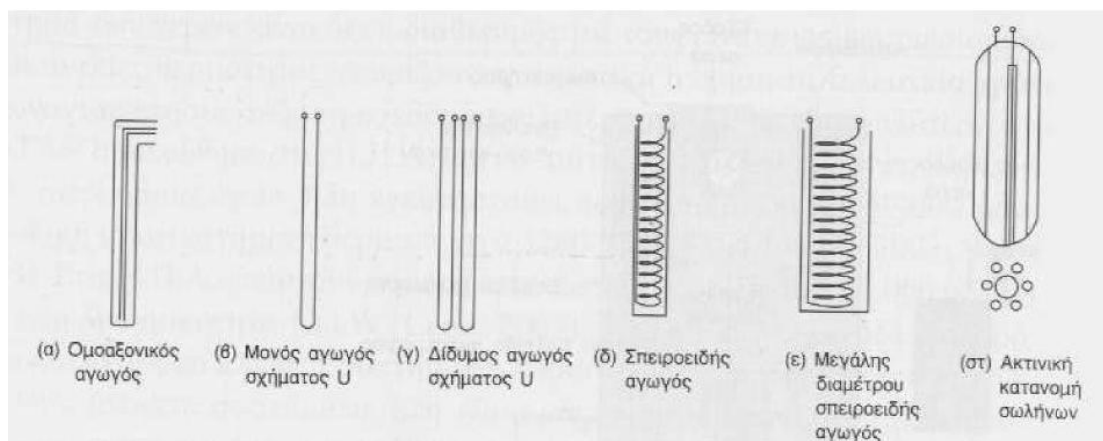
Τα κάθετα συστήματα αποτελούνται συνήθως από ένα ζεύγος σωληνώσεων μικρής διαμέτρου (20-40 mm) από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HPDE) που τοποθετείται συνήθως σε μία ή περισσότερες κατακόρυφες γεωτρήσεις το εσωτερικό των οποίων γεμίζεται εν συνεχεία από στερεό υλικό.



Εικόνα 3.9

(Αρχή του κατακόρυφου συστήματος ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος με χρήση υπόγειου εναλλάκτη θερμότητας (Ομοαξονικός διπλός πλαστικός σωλήνας))

Το ζεύγος των σωληνώσεων είναι συνδεδεμένο με θερμοκόλληση στο κάτω άκρο σχηματίζοντας U. Εκτός από αυτό το σχήμα έχουν εφαρμοστεί και άλλες γεωμετρίες, με σκοπό την αύξηση της επιφάνειας του υπόγειου εναλλάκτη όπως τα διπλά ζεύγη σωληνώσεων και η σπειροειδής τοποθέτηση του πλαστικού αγωγού.



Εικόνα 3.10

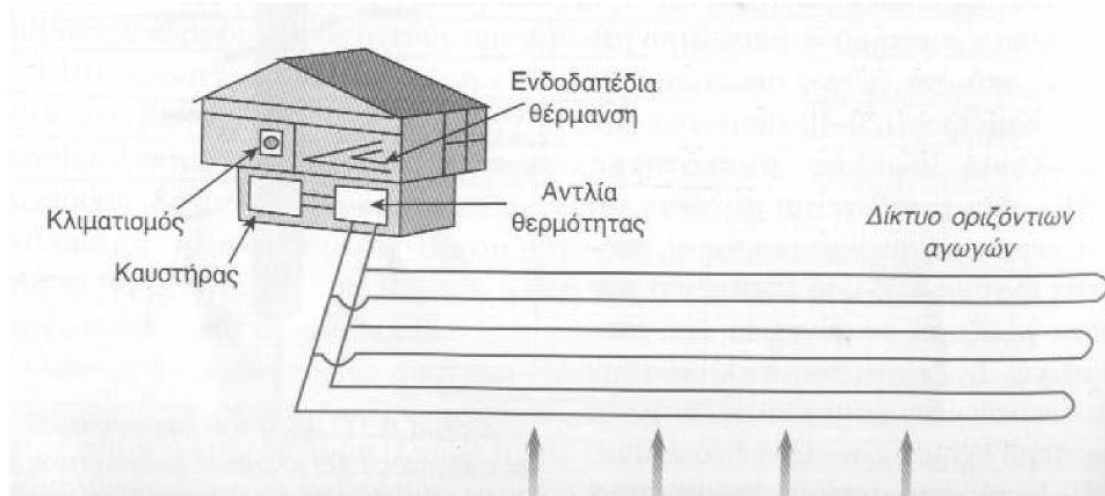
(Διάφοροι τύποι εγκατάστασης των σωληνώσεων (μέσα στην γεώτρηση) στα κατακόρυφα συστήματα)

Το βάθος των γεωτρήσεων ποικίλλει από 15 μέχρι και 200 m, ανάλογα με τις συνθήκες, το κόστος διάτρησης και τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου. Οι πιο πάνω

παράμετροι ρυθμίζουν και τον αριθμό των γεωτρήσεων. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των γεωτρήσεων είναι μικρή (2-3 m) επειδή η επίδραση της μιας γεώτρησης στην άλλη είναι ελάχιστη. Έτσι μπορούμε να έχουμε μεγάλη πύκνωση των γεωτρήσεων και επομένως, εξασφάλιση σημαντικών ποσοτήτων θερμότητας σε μικρό χώρο. Η παροχή θερμότητας στον υπόγειο εναλλάκτη προέρχεται από διάφορες πηγές, από την γεωθερμική ροή θερμότητας, από αγωγή σε οριζόντιο επίπεδο και από την ανοδική πορεία του υπόγειου νερού, αν υπάρχει. Η απόδοση που επιτυγχάνεται κυμαίνεται μεταξύ 40 – 70 W/m² ανάλογα με την σύσταση του υπεδάφους. Οι κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και για βραχώδη εδάφη. Η απόδοση τους παρουσιάζει σταθερότητα και η λειτουργία της αντλίας θερμότητας είναι ομαλή καθ' όλο το έτος. Το κόστος κατασκευής είναι σχετικά μεγαλύτερο σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους και οδηγεί την εγκατάσταση σε απόσβεση σε 6 έως 9 έτη. Τα πλεονεκτήματα των κάθετων συστημάτων είναι ότι απαιτούν μικρότερο χώρο, λιγότερες σωληνώσεις και μικρότερη παροχή ενέργειας στην αντλία, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν πολύ αποδοτικά. Στα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών θα μπορούσε να αναφερθεί το υψηλό αρχικό κόστος που προέρχεται από την διαθεσιμότητα του κατάλληλου εξοπλισμού αλλά και έμψυχου δυναμικού που απαιτείται για την κατασκευή ενός τέτοιου έργου.

3.4.5. Οριζόντια Συστήματα ΓΑΘ Κλειστού Κυκλώματος

Στα οριζόντια συστήματα οι σωληνώσεις PE τοποθετούνται οριζόντια στο έδαφος σε ορισμένο βάθος και με διάφορες γεωμετρίες.



Εικόνα 3.11

(Αρχή συστήματος ΓΑΘ με χρήση οριζόντιου κυκλώματος αγωγών)

Το δίκτυο των αγωγών τοποθετείται σε βάθος 1-2 m ή και βαθύτερα αν το επιτρέπει το κόστος των εκσκαφών. Η εκσκαφή μπορεί να γίνει με τη μορφή ορυγμάτων, συνήθως πλάτους 20-60 cm ή με τη μορφή της ολικής απομάκρυνσης του εδάφους. Μετά την τοποθέτηση του δικτύου των σωληνώσεων, ο χώρος καλύπτεται με το χώμα της εκσκαφής. Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε τρεις ομάδες: μονής σωλήνωσης, πολλαπλής σωλήνωσης και σπειροειδούς σωλήνωσης. Τα συστήματα μονής σωλήνωσης τοποθετούνται σε στενά αυλάκια τουλάχιστον 1-2 m βαθιά. Αυτά τα συστήματα απαιτούν τον μεγαλύτερο χώρο για την εγκατάστασή τους. Τα συστήματα πολλαπλής σωλήνωσης συνίστανται στην τοποθέτηση συνήθως 2 ή 4 σωληνώσεων σε ένα αυλάκι κι έτσι μειώνεται ο χώρος που απαιτείται. Οι σωλήνες απέχουν μεταξύ τους 30-70 cm. Με τη χρήση πολλαπλών σωληνώσεων μπορεί το

μήκος των αυλακώσεων να μειωθεί, όμως πρέπει να αυξηθεί το συνολικό μήκος των σωληνώσεων για να υπερνικηθούν οι θερμικές επιδράσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις γειτονικές σωληνώσεις. Τα συστήματα σπειροειδών σωληνώσεων μειώνουν ακόμα περισσότερο την απαιτούμενη επιφάνεια. Τα μήκη των αυλακώσεων σε αυτή την περίπτωση είναι μόνο το 20-30% του μήκους για μονές σωληνώσεις, όμως πάλι πρέπει να αυξηθεί σημαντικά το μήκος των σωληνώσεων για να υπερνικηθούν οι θερμικές επιδράσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις γειτονικές σωληνώσεις.



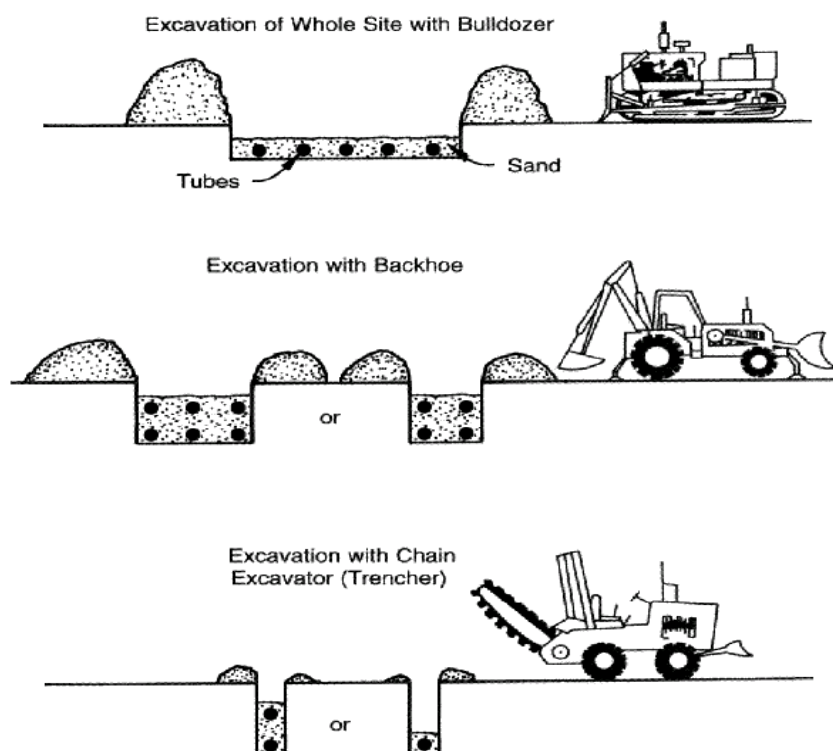
Εικόνα 3.12

(Εκσκαφή μορφής ολικής απομάκρυνσης εδάφους και πολλαπλές Σωληνώσεις)



Εικόνα 3.13

(Εκσκαφή μορφής ορύγματος και σπειροειδείς σωληνώσεις)



Εικόνα 3.14

(Τρόποι εκσκαφής για οριζόντια συστήματα ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος)

Κύριο πλεονέκτημα των οριζόντιων συστημάτων σε σύγκριση με τα κάθετα είναι το μικρότερο κόστος εγκατάστασης, (η απόσβεση της γίνεται σε 2 έως 4 έτη) και η ευκολία κατασκευής. Η απόδοση του γεωεναλλάκτη αυτού κυμαίνεται μεταξύ 20 – 35 W/m² ανάλογα με την σύσταση του εδάφους εγκατάστασης. Σοβαρός περιορισμός είναι η ανάγκη ύπαρξης ικανού χώρου για την τοποθέτηση των υπεδάφινων σωληνώσεων, γεγονός που περιορίζει την χρήση αυτών των συστημάτων σε εξοχικές κατοικίες. Οι κατακόρυφες γεωτρήσεις πάντως καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο (έτσι μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές με πολλά κτίρια) και είναι περισσότερο αποδοτικές, γιατί η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι περισσότερο σταθερή σε μεγαλύτερα βάθη αφού δεν έχουμε την εποχική διακύμανση των θερμοκρασιών και των θερμικών χαρακτηριστικών που έχουμε στο βάθος των 2 m.

3.5. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΒΑΘΟΥΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Ένα σύστημα αντλία θερμότητας - γεωεναλλάκτη είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση στην αβαθή γεωθερμία είναι:

- 1) ο σχεδιασμός γεωθερμικού συστήματος
- 2) η αποδοτικότητα της αντλίας θερμότητας
- 3) η ποιότητα εγκατάστασης
- 4) το επίπεδο θερμοκρασίας στο σύστημα διανομής θερμότητας
- 5) οι απώλειες θερμότητας από το κέλυφος του κτιρίου

6) οι κλιματικές συνθήκες στο σημείο τοποθέτησης της αντλίας θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (ΓΑΘ), όπως όλοι οι άλλοι τύποι αντλιών θερμότητας, βαθμονομούνται σύμφωνα με το συντελεστή απόδοσης (COP), ο οποίος προσδιορίζει την ενέργεια που το σύστημα παράγει σε σχέση με αυτή που χρησιμοποιεί. Τα περισσότερα συστήματα γεωθερμικών αντλιών θερμότητας έχουν COP 3-5. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε μία μονάδα ενέργειας που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει το σύστημα, 3-5 μονάδες παρέχονται ως θερμότητα. Ένας καυστήρας ορυκτών καυσίμων μπορεί να είναι 78-95% αποδοτικός, ενώ μια γεωθερμική αντλία θερμότητας είναι 300% -500%.

Τα συστήματα αβαθούς γεωθερμίας πρακτικά δεν χρειάζονται συντήρηση. Με ορθή εγκατάσταση ο εναλλάκτης γεωθερμίας 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 εξωτερικές συνθήκες. Συνήθως οι περιοδικοί έλεγχοι για τη σωστή λειτουργία είναι η μόνη απαραίτητη συντήρηση.

3.6. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΙΑΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΑΘ

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας εγκατάστασης ΓΑΘ κλειστού κυκλώματος είναι :

A. Το κλίμα

B. Οι θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους

Γ. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας

Δ. Το κόστος ανόρυξης της γεώτρησης ή της εκσκαφής των ορυγμάτων

Ε. Οι τυχόν επιδοτήσεις και τα κίνητρα για την εγκατάσταση μονάδων εξοικονόμησης ενέργειας

Είναι φανερό ότι η αύξηση των ΓΑΘ στον κόσμο και οι τεχνολογική πρόοδος των τελευταίων χρόνων έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ιδιαίτερο κλίμα της Ελλάδας, με την αυξημένη ηλιοφάνεια και τους δροσερούς καλοκαιρινούς άνεμους, αποτελούν παράγοντες που επιτρέπουν την εφαρμογή και την αποτελεσματική λειτουργία των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής στα κτήρια.

Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει, προέρχεται από τον σωστό και ορθολογικό σχεδιασμό σε σχέση με τη χωροθέτηση και το προσανατολισμό του κτηρίου, το μέγεθος και τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων, τις τεχνικές προστασίας του κελύφους με την θερμομόνωση, την ανεμοπροστασία, την ηλιοπροστασία. Όλα τα παραπάνω θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη από τους μελετητές.

Ο προσανατολισμός πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά και να βασίζεται στο μικροκλίμα, την ηλιακή έκθεση, με σκοπό την αύξηση της πιθανής εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό πραγματοποιείται με την τοποθέτηση των πάνελ με νότια κατεύθυνση μεγιστοποιώντας τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας.

Η μόνωση πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζονται οι θερμικές απώλειες από το κτηριακό κέλυφος εφαρμόζοντας τις αυστηρές προδιαγραφές της μόνωσης.

Αυτό επιτυγχάνεται με τη γνωστοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών και την ανάλογη μόνωση. Όταν πολλαπλασιαστεί η θερμοπερατότητα ενός στοιχείου της όψης με ένα ειδικό συντελεστή που εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, παρέχει μια χονδρική εκτίμηση της ετησίας ποσότητας ενέργειας που χάνεται από το στοιχείο αυτό.

Ένα στοιχείο που πρέπει να αποφεύγεται είναι η ανεξέλεγκτη διείσδυση του αέρα, με την παροχή ικανοποιητικής στάθμης ελεγχόμενου αερισμού. Οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν για την υλοποίηση αυτού του στόχου είναι με το κατάλληλο σχεδιασμό, κατασκευή, σφράγισμα των ρωγμών και των οπών των καλωδίων και των σωλήνων με την επιλογή συνεχομένων τελειωμάτων αντί για επικαλύψεων με ενώσεις.

Για την εκπόνηση της παραπάνω θεωρητικής εργασίας ελήφθησαν υπόψη τα στοιχεία που μας δόθηκαν από την τεχνική υπηρεσία του Τ.Ε.Ι. Πάτρας, όπως η κάτοψη του τοπογραφικού σχεδίου και οι ετήσιες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του Ιδρύματος.

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Sunny Design (version 2.3) της SMA. Η μελέτη έγινε σε δυο σκέλη. Στην πρώτη περίπτωση έγινε με ευθυγράμμιση σε άξιμούθιο 0 (ιδανική περίπτωση) μοίρες και η δεύτερη σε άξιμούθιο -40 μοίρες (περίπτωση Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρων)

Η ενδελεχής μελέτη κατέδειξε πως έπρεπε να χρησιμοποιηθούν τα συγκεκριμένα είδη των inverters Sunny Design 6 x STP 15000TLEE-10, 1 x STP 8000TL-20. Η επιλογή των

Φ/Β πάνελ έγινε σύμφωνα με οικονομοτεχνικούς λόγους και χρησιμοποιήθηκε της Yingli Solar το μοντέλο YL200C-24b (03/12). Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 570 πάνελ τα οποία τοποθετήθηκαν σε 30 μοίρες κλίση λόγω των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του κτηρίου.

Από τις δύο μελέτες που πραγματοποιήσαμε παρόλο που η ιδανική λύση δεν είναι εφικτή λόγω μορφολογίας και προσανατολισμού του κτηρίου, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η πραγματοποιήσιμη λύση είναι εξίσου βιώσιμη για το χώρο του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών με μικρή απόκλιση.

Όσο αφορά το κομμάτι της εφαρμογής της γεωθερμίας στο Α.Τ.Ε.Ι. διαπιστώθηκε ότι δεν μπορεί να υλοποιηθεί. Ο κυριότερος λόγος που δεν μπορεί να εφαρμοστεί η λύση της γεωθερμίας είναι διότι θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί θεμελιακά κατά την ανέγερση του ιδρύματος. Επίσης η οποιαδήποτε παρέμβαση στην παρούσα κατάσταση του είναι οικονομικά και τεχνικά ασύμφορη. Αυτό συμβαίνει διότι το κτήριο έχει κατασκευαστεί με παλιά ενεργειακά πρότυπα (έλλειψη όλων των ειδών σε μονώσεις) άρα καθιστά αδύνατη την όποια γεωθερμική παρέμβαση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Από σημειώσεις Φ/Β Δρ. Σταθάτου Ηλία
2. Καγκαράκης Κ., Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1992.
3. Tomas R., Fordham M. & Partners, Photovoltaics and Architecture, London & New York.
4. Ledener H., Solare Stromversorgung, Grundland, Planung, Anwendung.
5. Ζερβός Αρθούρος, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Αθήνα 2006
6. Μπεργελές Γεώργιος, Ανεμοκινητήρες, Αθήνα 2005.
7. Φύτικας Δ. Μιχάλης, Ανδρίτσος Β. Νικόλαος, Γεωθερμία, Θεσσαλονίκη 2004.
8. Φραγκιαδάκης Ι.Ε., Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Θεσσαλονίκη 2004.
9. Steve Kavanaugh, Kevin Rafferty, Design of Geothermal Systems For Commercial and Institutional Buildings ASHRAE, Atlanta 1997

Λιαδίκτυο

10. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής :
<http://www.ypeka.gr/>
11. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας: <http://www.rae.gr/>
12. Ελληνική Εταιρεία Εξοικονόμησης Ενέργειας: <http://www.eeee.gr>
13. Ελληνικό Portal για την Ενέργεια και το Περιβάλλον:
http://www.energia.gr/bizdir.asp?cat_id=34
14. Bonair, Ενεργειακές Μελέτες και Έργα: <http://www.bonair.gr/>
<http://www.bonair.gr/data/>
15. Παγκόσμια Πλατφόρμα για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:
http://www.renewablesb2b.com/ahk_greece/el/portal
16. Περιοδικό για την Ενέργεια: <http://www.energypoint.gr/>
17. Διαδικτυακή Κοινότητα Ελλήνων Μηχανικών: <http://www.michanikos.gr/>
18. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System):
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php#>
19. Λογισμικό Υπολογισμού της εγκατάστασης SUNNY DESIGN: <http://www.sma-hellas.com/el.html>
20. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) : <http://www.helapco.gr/>
21. Εταιρεία Heliosystems: <http://www.selasenergy.gr/index.php>
22. Εταιρεία Solar Systems: <http://www.solar-systems.gr/index.htm>
23. Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας: <http://www.eletaen.gr/>
24. Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας, Εφαρμογές : <http://www.geoexchange.gr/faq.php>
25. International Geothermal Association: http://www.geothermal-energy.org/319,_.html
26. Αντλίες θερμότητας CIAT : <http://www.ciat.com/>
27. Geothermal Heat Pump Design Manual:
http://www.mcquay.com/mcquaybiz/literature/lit_systems/AppGuide/AG_31-008_Geothermal_021607b.pdf
28. Portal για το Περιβάλλον: <http://www.ecofinder.gr/αρχική>
29. Ενέργεια και Περιβάλλον, Εφημερίδα Έθνος:
<http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=13122&subid=2&pubid=149130>

30. Greenpeace
<http://www.greenpeace.org/raw/content/greece/press/118523/32557.pdf>
31. Εταιρεία Compa Solar: <http://www.compasolar.gr/>
32. Εταιρεία Παραγωγής Φωτοβολταϊκών Solar Cells Hellas :
<http://www.schellas.gr/categories.asp?catid=90>
33. Ιστοσελίδα για τα Φωτοβολταϊκά:
<http://www.iqsolarpower.com/pvpanels.htm>
34. Διεθνής Υπηρεσία Ενέργειας: <http://www.iea.org/>
35. Διαδικτυακή Εγκυκλοπαίδεια Wikipedia: www.el.wikipedia.org/wiki
36. Αντλίες Θερμότητας Sieline: http://sieline.gr/pages/gr/products/heat_pumps.php
37. Εταιρεία Βουδούρης: <http://www.boudouri.gr/sistim.php>
38. Εταιρεία IdealTherm: <http://www.idealtherm.gr/site/>
39. Online Κοινότητα Τεχνικών: <http://www.texnikos.gr/blog/?p=9>
40. Εταιρεία Γεωθερμικού Κλιματισμού Energy Homes:
<http://www.energyhomes.gr/material/pages/nrginfo/geoantlies.htm>
41. Εταιρεία RETD AE (Renewable Energy Technology & Development)
<http://www.retd.gr/index.php?cat=2&page=4&language=gr>
42. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη ΤΕΕ:
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/library/DIGITAL_LIBRARY
43. Απόδοση Πειραματικής Φωτοβολταϊκής Εγκατάστασης - Βέλτιστη Κλίση Φωτοβολταϊκών και Ωφέλιμη Ηλιακή Ενέργεια στις Ελληνικές Περιοχές: <http://vergina.eng.auth.gr/IHT/Proc8th/034.doc>
44. Τα γεωθερμικά πεδία της χώρας, ΙΓΜΕ, Αθήνα (2007)
http://portal.igme.gr/pls/portal/docs/PAGE/IGME_PORTAL/IGME_HOME_PAGE_EXT/RESEARCH/GEOTHERMICAL/GEOTHERMAL-FIELDS2007.PDF
45. Αρβανίτης Α. , (2009) Μύθοι και πραγματικότητα για την Γεωθερμία, ΙΓΜΕ,
<http://www.ypan.gr/ape/files/mythoi-geothermia.pdf>
46. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας : <http://www.cres.gr>
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/pdf/4_Benou.pdf
http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/EUBIONET/B2_EUBIONET_Voulgaraki_22.4.pdf
http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf
47. Διαδικτυακή Πύλη για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: www.aenaon.net
48. WWF Ελλάδαος: <http://climate.wwf.gr/>

Διπλωματικές

49. Εφαρμογή Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου, Αραπογιάννη Αθανασία, Αθήνα, Ιούλιος 2008
http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/2695/3/arapogiannia_renewable.pdf
50. Πηγές Ενέργειας και Μετατροπή τους σε Ηλεκτρική Ενέργεια, Ιωάννης Βούλγαρης, Θεσσαλονίκη 2005
http://vivliothmmy.ee.auth.gr/248/1/%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%9F%CE%9C_%CE%99_%CE%92%CE%9F%CE%A5%CE%9B%CE%93%CE%91%CE%A1%CE%97.pdf

