

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1553

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ : ΚΟΛΛΙΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (6174)

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ανεξάντλητη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που η εκμετάλλευσή της απασχολεί όλο και περισσότερο καθημερινά τον κόσμο μας, στην προσπάθεια του ανθρώπου να βρει τη λύση εξοικονόμησης των ορυκτών πλούτων αλλά και μείωσης των ρύπων που αυτοί παράγουν. Στόχος της εργασίας αυτής είναι , η γνωστοποίηση του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη μας , η γνωριμία με τη φωτοβολταϊκή ενέργεια , οι τρόποι, καθώς και τα αποτελέσματα εκμετάλλευσής της .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μια ανεξάντλητη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας που η εκμετάλλευση της απασχολεί όλο και περισσότερο καθημερινά τον κόσμο μας, στην προσπάθεια του ανθρώπου να βρει τη λύση εξοικονόμησης των ορυκτών πλούτων αλλά και μείωσης των ρύπων που αυτοί παράγουν. Στόχος της εργασίας αυτής είναι , η γνωστοποίηση του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη μας , η γνωριμία με τη φωτοβολταϊκή ενέργεια , οι τρόποι, καθώς και τα αποτελέσματα εκμετάλλευσης της . Ειδικότερα η μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου θα περιλαμβάνει :

- Περιγραφή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.
- Αρχή λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Εφαρμογές φωτοβολταϊκών και ανάγκες που μπορούν να καλύψουν.
- Ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ηλιακής.
- Τεχνική ανάλυσης κατασκευής Φ/Β σταθμού.
- Ενεργειακή μελέτη (αποτίμηση ηλιακού δυναμικού του χώρου , υπολογισμός παραγόντων όπως : θερμοκρασία , υγρασία , μέσος όρος ηλιοφάνειας , μορφολογίας εδάφους κ.α.).
- Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός.
- Αναφορά στον τελικό καταναλωτή (Δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας).
- Προδιαγραφές έργου.
- Αναλυτική περιγραφή των συλλεκτών που θα χρησιμοποιήσουμε.
- Απόδοση των συλλεκτών.
- Επίδραση διάφορων παραγόντων (π.χ θερμοκρασία) στους συλλέκτες.
- Αναλυτική περιγραφή των αντιστροφών που θα χρησιμοποιήσουμε για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που θα παράγουν τα πάνελ σε εναλλασσόμενο.
- Συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από όλη αυτή τη μελέτη.
- Προοπτικές που μπορούν να ληφθούν υπόψη σχετικά με τους ορίζοντες που ανοίγονται χρησιμοποιώντας μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας όπως η ηλιακή.
- Φωτογραφικό υλικό από άλλα φωτοβολταϊκά πάρκα ανά την Ελλάδα και τον κόσμο, και σύντομες αναφορές στα οφέλη που αποκομίζουμε μέσω αυτών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.1 Εισαγωγή.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1 Το ενεργειακό πρόβλημα.....	3
2.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα.....	4
2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	5
2.4 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα.....	9
2.5 Αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3.1 Εισαγωγή.....	15
3.3 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η φωτοβολταϊκή τεχνολογία.....	16
3.4 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο.....	16
3.5 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	19
3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αξιοποίησης φωτοβολταϊκών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	22
3.7 Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα και την Ευρώπη.....	23
3.8 Συμπεράσματα, εφαρμογές των φωτοβολταϊκών και ανάγκες που μπορούν να καλύψουν.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4.1 Εισαγωγή.....	26
4.2 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού συστήματος.....	26
4.3 Τα κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.....	27
4.3.1 Το φωτοβολταϊκό κελί.....	27
4.3.2 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο.....	28

4.3.3 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	30
4.3.4 Αντιστροφείς (Inverters).....	33
4.3.5 Οικογένειες αντιστροφέων	35
4.3.6 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
5.1 Εισαγωγή.....	40
5.2 Τεχνική ανάλυση κατασκευής φωτοβολταϊκού σταθμού με σταθερές βάσεις στην περιοχή της Μεσσηνίας.....	40
5.3 Ηλιακό Δυναμικό της περιοχής.....	41
5.4 Φωτοβολταϊκά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν.....	43
5.5 Ηλεκτρονικός αντιστροφέας που θα χρησιμοποιηθεί	46
5.6 Ηλεκτρολογική μελέτη εγκατάστασης	48
5.7 Μελέτη χωροθέτησης εγκατάστασης	49
5.8 Σύστημα στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	52
5.9 Καλωδιώσεις.....	53
5.10 Κεντρικός πίνακας εγκατάστασης.....	54
5.11 Σύστημα γείωσης προστασίας.....	55
5.12 Οικονομικές και ενεργειακές απολαβές από το εγχείρημα	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
6.1 Συμπεράσματα και προοπτικές.....	58
6.2 Παράρτημα	59
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

«Κάθε φυσικό σύστημα περιέχει (ή εναλλακτικά αποθηκεύει) μία ποσότητα που ονομάζεται ενέργεια. Ενέργεια, συνεπώς, είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να παραγάγει έργο.»

Ο άνθρωπος από την αρχή της ύπαρξής του, είναι απόλυτα συνδεδεμένος με τον όρο ενέργεια και την εκμετάλλευσή της. Ξεκίνησε χρησιμοποιώντας την δική του ενέργεια και με την πάροδο των χρόνων άρχισε να ενσωματώνει και άλλες μορφές της όπως, η ζωική ενέργεια εξημερώνοντας άγρια ζώα προς όφελος του. Ψάχνοντας συνεχώς τρόπους να βελτιώσει το βιοτικό του επίπεδο, ο άνθρωπος αποκτούσε όλο και μεγαλύτερο έλεγχο προς τη φύση και έτσι η ανάγκη για ενέργεια συνεχώς μεγάλωνε. Η ανάγκη αυτή έθεσε τις βάσεις για την δημιουργία του ενεργειακού προβλήματος.

Το ενεργειακό πρόβλημα εμφανίστηκε χρονολογικά στην βιομηχανική επανάσταση και αρχικά ήταν αντικείμενο φιλοσοφικής συζήτησης, καθώς κανείς δεν ήταν σε θέση εκείνη την εποχή να γνωρίζει την έννοια των φυσικών πόρων, των ρύπων που αυτοί παράγουν και της εξάντλησής τους. Η ενεργειακή κρίση του 1973 έκανε τον άνθρωπο να συνειδητοποιήσει την κυριολεκτική ύπαρξη του ενεργειακού προβλήματος, και να αναζητήσει τα αίτια δημιουργίας του, τις επιπτώσεις του, αλλά και τους τρόπους αντιμετώπισης του.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος είναι η στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, οι οποίες είναι ανεξάντλητες και δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον. Είναι ένα τεράστιο 'όπλο' στην προσπάθεια του ανθρώπου να βρει τη λύση εξοικονόμησης των ορυκτών πλούτων αλλά, και των ρύπων που αυτοί παράγουν.

Η εργασία αυτή αναφέρεται ειδικότερα στην ηλιακή ενέργεια η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος έναντι των υπόλοιπων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ανεξάντλητη και απασχολεί όλο και περισσότερο τον άνθρωπο. Σκοπός λοιπόν είναι, η γνωστοποίηση του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη γενικότερα αλλά και της Ελλάδας, η γνωριμία με την ηλιακή και την φωτοβολταϊκή ενέργεια, οι τρόποι καθώς και τα αποτελέσματα εκμετάλλευσής της.

Αναλυτικότερα, το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη, της Ελλάδας και στην αντιμετώπιση του μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Θα γίνει μια περιγραφή τους και αναφορά στο πως μπορούν να συμβάλλουν στην καταπολέμηση του ενεργειακού προβλήματος.

Το κεφάλαιο 3, αναφέρεται στην ηλιακή ενέργεια και την περιγραφή της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, πώς μπορεί κάποιος να την εκμεταλλευτεί και τι οφέλη μπορεί να αποκομίσει από αυτή. Ξεκινώντας από τον ήλιο και την ηλιακή ενέργεια, θα περιγραφούν αναλυτικά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, το φωτοβολταϊκό στοιχείο, καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Το κεφάλαιο 4, αποτελεί την εισαγωγή για την μελέτη εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ή σταθμού. Αναφέρονται αναλυτικά όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για την δημιουργία του, καθώς και η αρχή λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος γενικά.

Το κεφάλαιο 5, αποτελεί ένα παράδειγμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου στην περιοχή της Μεσσηνίας με σταθερές βάσεις, διασυνδεδεμένο με το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) . Περιγράφονται, η τεχνική ανάλυση κατασκευής του, η μελέτη του ηλιακού δυναμικού, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί, το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων και η αποτίμηση των ενεργειακών απολαβών από αυτό το εγχείρημα.

Τέλος, στο κεφάλαιο 6, βρίσκονται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής και οι προοπτικές που μπορούν να ληφθούν υπόψη, σχετικά με τους ορίζοντες που ανοίγονται χρησιμοποιώντας μια μορφή ενέργειας όπως η ηλιακή. Υπάρχει επίσης και το παράρτημα στο οποίο, υπάρχει φωτογραφικό υλικό από άλλα φωτοβολταϊκά πάρκα ανά την Ελλάδα και τον κόσμο και σύντομες αναφορές στην ενέργεια που παράγουν και τα οφέλη που αποκομίζουν οι γύρω περιοχές από αυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Το ενεργειακό πρόβλημα

Το ενεργειακό πρόβλημα κάνει την εμφάνιση του μαζί με την βιομηχανική επανάσταση το 1760. Η βιομηχανοποίηση των προϊόντων και ο ανταγωνισμός, οδήγησαν σε όλο και μεγαλύτερες ανάγκες εκμετάλλευσης της ενέργειας από τον άνθρωπο. Το ενεργειακό πρόβλημα εμφανίζεται αρχικά ως αντικείμενο φιλοσοφικής συζήτησης, αφού ο ανθρώπινος νους δεν μπορούσε να κατανοήσει την έννοια των φυσικών πόρων και της εξάντλησης τους.

Το 1973 ξεσπά η πετρελαϊκή κρίση και ο άνθρωπος αρχίζει να κατανοεί το ενεργειακό πρόβλημα ξεκινώντας την αναζήτηση των αιτιών δημιουργίας του, αλλά και τους τρόπους αντιμετώπισης του. Η ενεργειακή κρίση οδήγησε σε αυξημένο ενδιαφέρον για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ξεκίνησε μια μεγάλη έρευνα στον τομέα της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας. Ωστόσο η κρίση αυτή οδήγησε τη Δύση σε εκμετάλλευση των πηγών πετρελαίου της Β. Αμερικής καθώς και σε άμεση εξάρτηση της από τον άνθρακα και την πυρηνική ενέργεια.

Στις μέρες μας το ενεργειακό πρόβλημα υφίσταται ακόμα και η ανάγκη για να βρεθεί κάποια λύση μοιάζει πιο επιτακτική από ποτέ. Το ενεργειακό σύστημα του πλανήτη είναι σχεδόν αποκλειστικά εξαρτημένο από τα ορυκτά καύσιμα καθώς το 80% προέρχεται από αυτά, ενώ μόνο το 14% προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης υπάρχει και ένα ποσοστό 6% το οποίο προέρχεται από την πυρηνική ενέργεια. Η ουσία του ενεργειακού προβλήματος βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται, με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας διαρκώς να αυξάνονται. Επίσης η εξόρυξη των ορυκτών πλούτων του πλανήτη έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή των κλιματικών αλλαγών, την γιγάντωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, τον αφανισμό εκατοντάδων ειδών χλωρίδας και πανίδας και άλλων παραγόντων που κάνουν τον πλανήτη ένα αφιλόξενο μέρος.

Είναι φανερό ότι για να υπάρξει ένας τρόπος αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος είναι απαραίτητο να ελαχιστοποιηθεί η χρήση των ορυκτών καυσίμων. Έτσι έχουν αναλυθεί δύο 'στρατηγικές' που πρέπει να υλοποιηθούν διαδοχικά και αναλύονται σε :

- Εξοικονόμηση ενέργειας που σημαίνει ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων.
- Υποκατάσταση συμβατικών ενεργειακών πηγών με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

2.2 Το ενεργειακό πρόβλημα στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια σπάταλη ενεργειακή χώρα, ξοδεύοντας τεράστιες ποσότητες εισαγόμενου πετρελαίου και άνθρακα για να ικανοποιήσει τις ανάγκες της. Ενδεικτικά ο τομέας των κτιρίων συμβάλλει κατά 40% στην παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ενώ καταναλώνει 30% ενέργεια. Είναι κατανοητό λοιπόν πως το ενεργειακό πρόβλημα είναι αρκετά μεγάλο και σημαντικό για τη χώρα. Βάσει του λανθασμένου ενεργειακού μοντέλου που εφαρμόζει η χώρα, εμφανίζονται τα κυριότερα προβλήματα. Η χώρα μας χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή ένταση, υψηλή εξάρτηση από πετρέλαιο και λιγνίτη που αποτελούν τα πλέον ρυπογόνα καύσιμα, και άσκοπη κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό και τριτογενή τομέα.

Το ενεργειακό πρόβλημα της Ελλάδας υφίσταται επίσης ως ένας από τους σημαντικούς παράγοντες επηρεασμού της οικονομίας. Αυτό συμβαίνει λόγω της χαμηλής απόδοσης του ενεργειακού τομέα και την άμεση εξάρτηση της χώρας από την εισαγόμενη ενέργεια. Αυτοί οι παράγοντες καθιστούν την ενεργειακή πολιτική της Ελλάδας μη φιλική προς το περιβάλλον.

Βασική πηγή ορυκτών πλούτων της Ελλάδας αποτελεί ο λιγνίτης, όπου τα κυριότερα κοιτάσματα βρίσκονται στην περιοχή της Μεγαλόπολης (Πελοπόννησος), της Φλώρινας, της Πτολεμαΐδας, της Δράμας και του Αμύνταιου. Σύμφωνα με μελέτες τα κοιτάσματα αυτά θα επαρκέσουν για περίπου 60-100 χρόνια.

Είναι εύκολα κατανοητό λοιπόν, πως ο τρόπος που παράγεται και καταναλώνεται η ενέργεια μέχρι τώρα δεν μπορεί να συνεχιστεί. Εκτός του ότι δεν είναι πρακτικά βιώσιμο λόγω της εξάντλησης των κοιτασμάτων στο εγγύς μέλλον, οι συνέπειες που βαραίνουν το περιβάλλον συνεχώς αυξάνονται και αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερα προβλήματα υπονομεύοντας το μέλλον των επόμενων γενεών.

Συμπερασματικά, καθίσταται απαραίτητη η ανάγκη για εύρεση νέων πηγών ενέργειας που θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον και σταδιακή κατάργηση των ρυπογόνων μορφών ενέργειας. Αυτό μπορεί να γίνει με την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας οι οποίες είναι πρακτικά ανεξάντλητες, δεν ρυπαίνουν και μπορούν να οδηγήσουν τον άνθρωπο σε νέα επίπεδα βιωσιμότητας.

2.3 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κεφάλαιο για τον άνθρωπο και την παραγωγή ενέργειας την οποία αυτός χρειάζεται. Είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από φυσικές διαδικασίες. Πρακτικά είναι ανεξάντλητες, με μηδενικούς ρύπους και στόχος είναι να απαρτίζουν σύντομα ένα σημαντικό μέρος του συνολικού ενεργειακού συστήματος.

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα (κυρίως για θέρμανση) , είτε μπορούν να μετατραπούν σε άλλες μορφές ενέργειας. Κυριότερα μετατρέπονται σε μηχανική ενέργεια και ηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με υπολογισμούς το εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας ανάγκης κατανάλωσης.

Ο άνθρωπος ξεκίνησε να ενδιαφέρεται για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με το ξέσπασμα της πετρελαϊκής κρίσης του 1973. Ερέθισμα του ωστόσο, ήταν η ποιότητα ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας αλλά και η αλλοίωση του περιβάλλοντος. Οι κυβερνήσεις πλέον αρχίζουν και επαναπροσδιορίζουν τα ενεργειακά προγράμματα τους, εντάσσοντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέσα σε αυτά.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν αποτελούν ακόμα τον κύριο παράγοντα παραγωγής ενέργειας κάποιας χώρας, όμως με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας και τη συνεχή έρευνα, σύντομα θα είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι στην προσπάθεια του ανθρώπου να δημιουργήσει ένα πιο υγιεινό περιβάλλον και ταυτόχρονα να ικανοποιήσει τις ενεργειακές του ανάγκες.

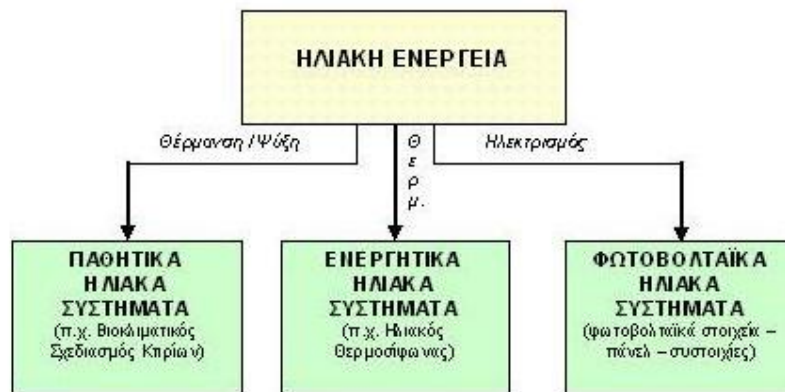
Πλεονεκτήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Φιλικές προς το περιβάλλον
- Ανεξάντλητες εν αντιθέσει με τα ορυκτά καύσιμα
- Απλές στην κατασκευή
- Πολύ μεγάλος χρόνος ζωής
- Βοηθούν στην ενεργειακή αυτάρκεια
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις

Κύριες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

• Ηλιακή ενέργεια

Το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον ήλιο λογίζονται ως ηλιακή ενέργεια. Είναι ανεξάντλητη και δεν υπάρχει κανένας περιορισμός χρόνου και χώρου για να μπορέσει κάποιος να την εκμεταλλευτεί. Καλύτερος τρόπος αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας γίνεται μέσω φωτοβολταϊκών γεννητριών που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια κατευθείαν σε ηλεκτρική. Η ηλιακή ενέργεια χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών που είναι : τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργειακά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα ενεργειακά και τα παθητικά συστήματα εκμεταλλεύονται την θερμότητα μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Διάγραμμα Κατηγοριών στις οποίες χωρίζεται η ηλιακή ενέργεια

• Αιολική ενέργεια

Η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η ονομασία της προέρχεται από τον αρχαίο Θεό του ανέμου που ονομαζόταν Αίολος. Περιλαμβάνεται και αυτή όπως και η ηλιακή ενέργεια στις καθαρές αφού δεν εκπέμπουν ρύπους. Λογίζεται ως μια από τις αρχαιότερες μορφές εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς τα ιστιοφόρα στην αρχαιότητα χρησιμοποιούσαν τον άνεμο ως μέσο για να κινηθούν. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται πλέον με την χρήση των ανεμογεννητριών.



ΕΙΚΟΝΑ 2 : Ιστιοφόρο πλοίο και ανεμόμυλος

- **Υδατόπτωση**

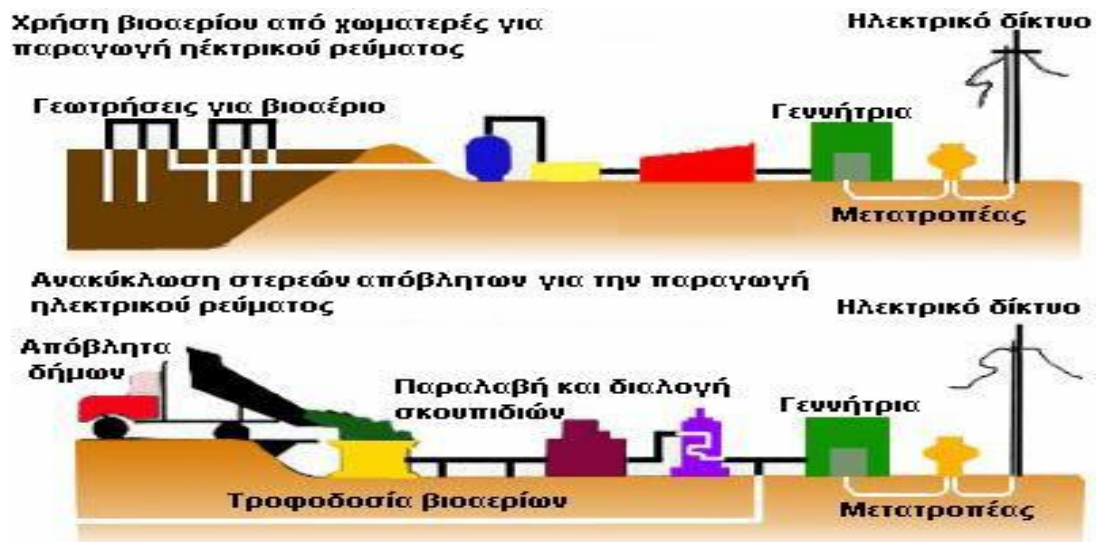
Βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς ύψους των σημείων εισόδου και εξόδου. Κατασκευάζεται για τον σκοπό αυτό ένα φράγμα για να συγκρατείται η απαιτούμενη ποσότητα νερού. Το νερό αυτό περνάει από έναν αγωγό πτώσεως και κινείται ένας στρόβιλος ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Η κινητική ενέργεια που δημιουργείται όταν το νερό περνάει από τον αγωγό πτώσεως μπορεί να χρησιμοποιείται κατευθείαν με τη χρήση νερόμυλων ή να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις. Ο άνθρωπος κατάλαβε από την αρχή την αξία της εκμετάλλευσης του νερού και προσπάθησε να την εκμεταλλευτεί όσο καλύτερα γίνεται. Η υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας καλύπτει, περίπου, το 7% της παγκόσμιας ενεργειακής παραγωγής.



ΕΙΚΟΝΑ 3 : Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στη Νορβηγία

- **Βιομάζα**

Ξυλεία και άλλα προϊόντα του δάσους, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανικών τροφίμων και άλλα, παράγονται από ζωντανούς οργανισμούς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Χαρακτηρίζεται ως η παλαιότερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας καθώς και η πιο διαδεδομένη. Όλα τα υλικά που προέρχονται από το φυτικό κόσμο, υγρά απόβλητα καθώς και ένα μεγάλο μέρος των αστικών απορριμμάτων των βιομηχανιών και των πόλεων μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια. Επίσης από ορισμένα φυτά ή σπόρους μπορούν να παραχθούν υγρά καύσιμα, που λέγονται βιοκαύσιμα. Τέτοια καύσιμα είναι η βιοαιθανόλη και το βιοντίζελ. Τα καύσιμα αυτά δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον όπως τα ορυκτά καύσιμα, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα αυτοκίνητα ή για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η καύση αποτελεί μια ουδέτερη διαδικασία από την άποψη του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σήμερα καλύπτει το 14% της παγκόσμιας απαιτούμενης ενέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 4 : Χρήση βιοαερίου από χωματερή για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος στο πάνω μέρος της εικόνας. Στο κάτω μέρος της εικόνας παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσω της ανακύκλωσης αποβλήτων

- **Γεωθερμική ενέργεια**

Η φυσική θερμική ενέργεια του πλανήτη που διαρρέει το θερμό εσωτερικό προς την επιφάνεια ονομάζεται γεωθερμική ενέργεια. Είναι και αυτή μια ανεξάντλητη μορφή ενέργειας και αναλόγως τη θερμοκρασία μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις. Στην Ιταλία έγινε για πρώτη φορά χρήση της γεωθερμικής ενέργειας. Στην Ιταλία έγινε επίσης πρώτη φορά παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος με τη χρήση της γεωθερμίας. Πρωτοπόρος στον τομέα της γεωθερμικής ενέργειας είναι η Ισλανδία, η οποία καλύπτει ένα πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση.



ΕΙΚΟΝΑ 5 : Θερμική ενέργεια από το εσωτερικό της Γης προς την επιφάνεια

2.4 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα που διαθέτει ένα τεράστιο και πολύ αξιόλογο δυναμικό στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έμενε για πολύ καιρό ανεκμετάλλευτο. Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πολύ περιορισμένη και περίπου στο 6% στη συνολική κατανάλωση ενέργειας της χώρας. Στόχος της Ελλάδας στην προσπάθεια που κάνει για εξοικονόμηση των φυσικών πόρων και αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών είναι, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αποτελούν το 20% της παραγόμενης ενέργειας μέσα στα επόμενα χρόνια.

- **Ηλιακή ενέργεια**

Διαθέτει πλούσιο ηλιακό δυναμικό και υπάρχει η εκτίμηση ότι μπορεί να καλύψει περίπου το ένα τρίτο των ενεργειακών αναγκών. Αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο παράγοντα του ενεργειακού προφίλ της χώρας. Έχουν δημιουργηθεί πέντε μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών πάνελ, έτσι ώστε να τροφοδοτείται με τον κατάλληλο εξοπλισμό η αγορά. Ωστόσο το κόστος εγκατάστασης μιας μονάδας φωτοβολταϊκού σταθμού είναι αρκετά υψηλό, πράγμα το οποίο λειτουργεί ανασταλτικά στην προσπάθεια να γίνει η ηλιακή ενέργεια ο κύριος ‘συμπαίκτης’ στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας.



ΕΙΚΟΝΑ 6 : Φωτοβολταϊκό πάρκο

- **Αιολική ενέργεια**

Στην Ελλάδα η εκμετάλλευση της ενέργειας που μπορεί να μας δώσει ο άνεμος είναι αρκετά διαδεδομένη, υπάρχει ενημέρωση και πρόθεση για περαιτέρω αξιοποίηση της. Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας γίνεται πλέον με την χρήση των ανεμογεννητριών η οποίες δημιουργούν ηλεκτρικό ρεύμα. Πολλές ανεμογεννήτριες μαζί δημιουργούν ένα αιολικό πάρκο. Υπάρχουν αρκετά αιολικά πάρκα στην Ελλάδα αλλά τα κυριότερα εξ'αυτών βρίσκονται στη Λακωνία, τη Θράκη και την Εύβοια, εκεί δηλαδή που η μέση θερμοκρασία του ανέμου μπορεί να ξεπεράσει τα 7 m/sec.



ΕΙΚΟΝΑ 7 : Ανεμογεννήτριες

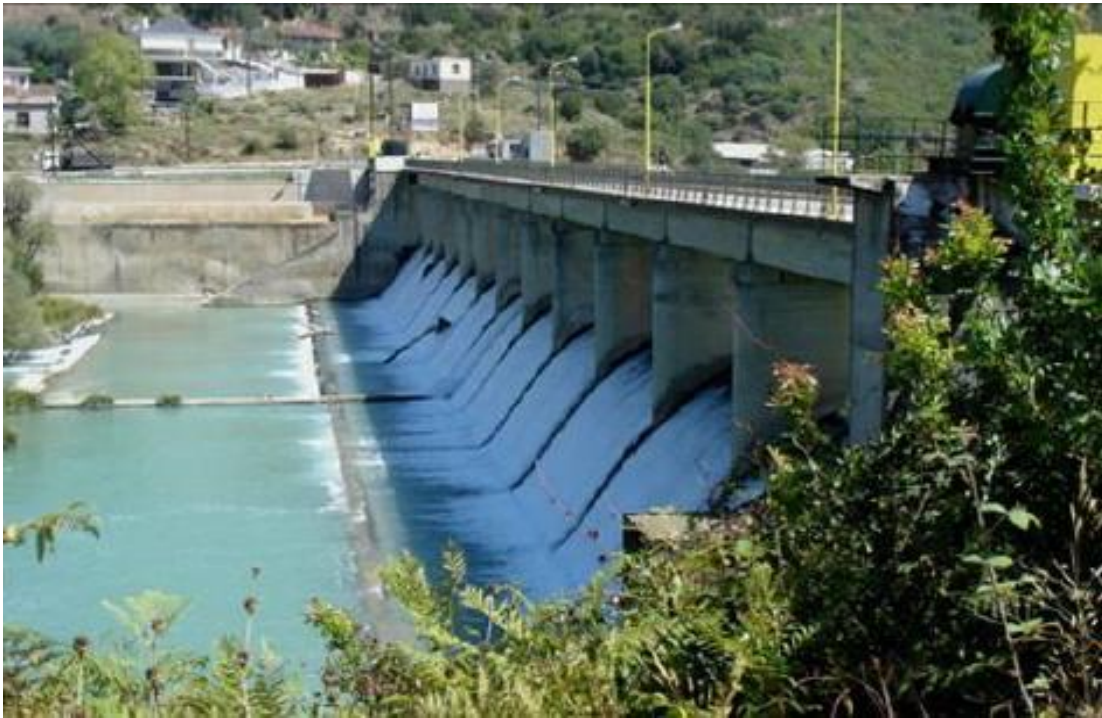


ΕΙΚΟΝΑ 8 : Μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική

- **Υδατόπτωση**

Τα υδροηλεκτρικά έργα στην Ελλάδα είναι σε μεγάλο βαθμό ανεπτυγμένα. Ωστόσο υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο μέρος του δυναμικού το οποίο μένει αναξιοποίητο. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια παράγουν ηλεκτρική ενέργεια εκμεταλλευόμενα την δυναμική ενέργεια του νερού. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των εργοστασίων αυτών είναι ότι δεν παράγουν κάποια θερμική ή κάποια άλλη μόλυνση στο περιβάλλον. Επίσης η παροχή νερού στα εργοστάσια αυτά είναι ανανεώσιμη και ανεξάντλητη το οποίο είναι και αυτό ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Υπάρχει ένας αρκετά ικανοποιητικός αριθμός υδροηλεκτρικών εργοστασίων στην Ελλάδα, με ένα από τα κυριότερα εργοστάσια να βρίσκεται στην περιοχή της Ημαθίας περίπου 8 χιλιόμετρα μακριά από την πόλη της Βέροιας. Εκεί αξιοποιείται η παροχή του ποταμού Αλιάκμονα. Η ετήσια μέση παραγωγή του σε ηλεκτρική ενέργεια είναι 4 GWh. Υπάρχουν επίσης και αρκετά άλλα πλεονεκτήματα από την λειτουργία ενός τέτοιου

εγχειρήματος όπως , η δημιουργία υδροβιότοπου και η αποφυγή εκπομπής αερίων διοξειδίου του άνθρακα κατά 4000tn ετησίως.



ΕΙΚΟΝΑ 9: Το υδροηλεκτρικό έργο στην περιοχή της Ημαθίας

- **Βιομάζα**

Η Βιομάζα στην Ελλάδα είναι αρκετά ανεπτυγμένη και έχει πάρα πολλές χρήσεις και εφαρμογές. Βιομάζα χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από κάποιον ζωντανό οργανισμό, και η καύση του μπορεί να μας δώσει ενέργεια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ικανοποιήσει πολλές ανάγκες, μερικές από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω.

Βιομάζα στις γεωργικές και κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις : Η βιομάζα χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη για να ικανοποιήσει τις ανάγκες της εγκατάστασης, η οποία έχει αυξημένες ανάγκες σε θερμότητα. Υπάρχει σε σημαντικές ποσότητες και δημιουργείται από τα υπολείμματα άλλων υλικών, ή είναι υποπροϊόν της παραγωγικής διαδικασίας.

Θέρμανση των κτιρίων με καύση βιομάζας : Υπάρχουν αρκετές περιοχές της χώρας, όπου για την θέρμανση των κτιρίων χρησιμοποιούνται ειδικοί λέβητες ή καυστήρες, οι οποίοι καίνε πυρηνόξυλο.

Η περιοχή της Ηπείρου, έχει ένα πολύ μεγάλο δυναμικό βιομάζας που θεωρητικά θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες της για ενεργειακή κατανάλωση.

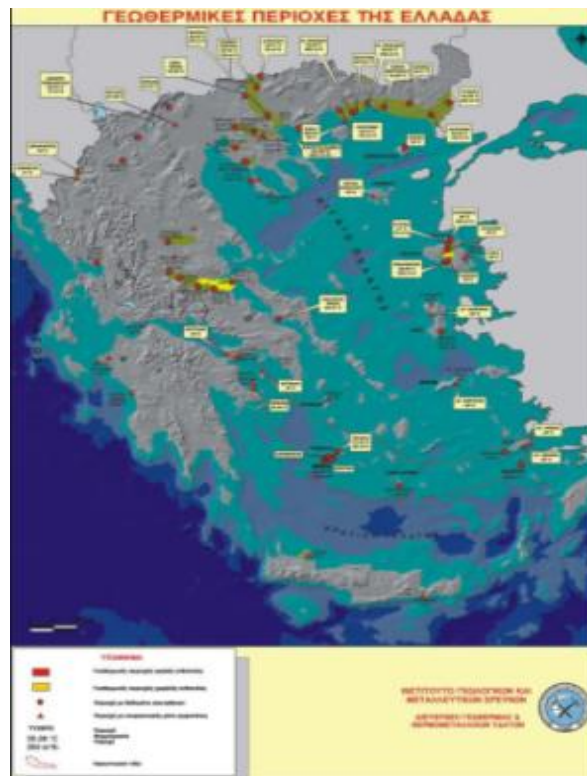
Υπάρχουν έξι εργοστάσια παραγωγής βιομάζας στην Ελλάδα με το κυριότερο από αυτό να βρίσκεται στο Νευροκόπι και να αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο.



ΕΙΚΟΝΑ 10 : Εργοστάσιο παραγωγής pellet στο Νευροκόπι

- **Γεωθερμική ενέργεια**

Οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα είναι από τις πλέον κατάλληλες και ο Ελλαδικός χώρος διαθέτει πολύ σημαντικές γεωθερμικές πηγές.



ΕΙΚΟΝΑ 11 : Γεωθερμικός χάρτης της Ελλάδας

Στην Ελλάδα υπάρχουν 56 θερμές πηγές, η εκμετάλλευση των οποίων μπορεί να επιφέρει πολύ σημαντικά οικονομικά οφέλη. Η γεωθερμική ενέργεια έχει και αγροτικές εφαρμογές. Ένα παράδειγμα είναι οι ιχθυοκαλλιέργειες, για τις οποίες απαιτείται ενέργεια χαμηλής ενθαλπίας δηλαδή, θερμοκρασίας περίπου 20° C έως 25° C. Για την θέρμανση του εδάφους χρειάζεται θερμοκρασία μεταξύ 40° – 60° C, ενώ για την θέρμανση ενός θερμοκηπίου χρειάζονται θερμοκρασίες άνω των 80° C. Οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα βοήθησαν αρκετά ώστε να δημιουργηθεί ένα σημαντικό δυναμικό χαμηλής

ενθαλπίας, τα οποία αξιοποιούνται στην Κεντρική Μακεδονία. Υπάρχουν επίσης και περιοχές μέσης ενθαλπίας που κυμαίνονται από 90°C – 150°C . Οι περισσότερες βρίσκονται στην Βόρεια Ελλάδα, αλλά και στα μεγάλα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου. Η αξιοποίησή τους ωστόσο δεν είναι κάτι εφικτό καθώς, έχουν γίνει πολύ λίγα βήματα προώθησης ενός τέτοιου σχεδίου και λιγότερο από το 1% του γεωθερμικού δυναμικού έχει αξιοποιηθεί. Επίσης υπάρχουν και δύο περιοχές όπου το επίπεδο ενθαλπίας χαρακτηρίζεται υψηλό, δηλαδή θερμοκρασιών άνω των 150°C . Το ένα βρίσκεται στη Μήλο και το άλλο στη Νίσυρο. Το πρόβλημα στην εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού της χώρας φαίνεται να έχει να κάνει με οικονομικά συμφέροντα, καθώς μια χώρα με τέτοιο δυναμικό πεδίο δεν διαθέτει ούτε μια μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



ΕΙΚΟΝΑ 12 : Γεωθερμικό πεδίο μέσης ενθαλπίας

2.5 Αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή αυτού του κεφαλαίου το ενεργειακό πρόβλημα είναι πλέον μια μάστιγα που ταλανίζει τον πλανήτη και τον άνθρωπο. Όταν η έννοια του ενεργειακού προβλήματος και η σκέψη της εξάντλησης των φυσικών πόρων έγινε κατανοητή, ο άνθρωπος άρχισε να σκέφτεται το ενδεχόμενο άλλων τρόπων εύρεσης πηγών ενέργειας.

Μια άριστη επιλογή ήταν η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Παραπάνω είδαμε τις κυριότερες και ένα δείγμα του τι αυτές μπορούν να προσφέρουν. Τα οφέλη είναι πάρα πολλά με το σημαντικότερο εξ'αυτών να λύνει ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του πλανήτη που είναι η επιδείνωση των κλιματικών αλλαγών. Μοιάζουν απόλυτα ικανές να αντικαταστήσουν τις υπάρχουσες πηγές ενέργειας, αλλά και να ικανοποιήσουν ακόμα μεγαλύτερες ανάγκες. Είναι πρακτικά ανεξάντλητες και φιλικές προς το περιβάλλον, ενώ με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, καταστάσεις και ενδιαρμοί που τώρα μοιάζουν ανυπέρβλητοι δεν θα αποτελούν πια εμπόδιο στην εγκαθίδρυση τους ως κύρια πηγή ενέργειας.

Οι κυβερνήσεις πλέον επιδοτούν όλο και περισσότερα προγράμματα σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την έρευνα πάνω σε αυτές. Στόχος είναι στο εγγύς μέλλον να σταματήσει η άμεση εξάρτηση του ανθρώπου από τις πηγές ενέργειας των ορυκτών πλούτων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ειδικότερα έχει δώσει τεράστια προσοχή στο θέμα και τα σχέδια της είναι μεγαλόπνοα. Έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στην Αιολική ενέργεια και χώρες όπως η Αγγλία και η Γαλλία παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας στην Ευρώπη. Το πλάνο της ευρωπαϊκής επιτροπής είναι να μειώσει την εκπομπή ρύπων, επενδύοντας τεράστια ποσά για την έρευνα και την ανάπτυξη της ηλιακής ενέργειας.

Συμπερασματικά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια πολύ καλή λύση στο ενεργειακό πρόβλημα κάθε χώρας, αλλά και γενικότερα του πλανήτη. Είναι το κυριότερο 'όπλο' για την καταπολέμηση του ενεργειακού προβλήματος, του φαινομένου του θερμοκηπίου και των κλιματικών αλλαγών που επιβαρύνουν συνεχώς τον πλανήτη και μειώνουν το βιοτικό επίπεδο του ανθρώπου αλλά και των υπολοίπων ζώων και φυτών που κατοικούν πάνω σε αυτόν.

Ειδικότερα θα αναφερθούμε στην ηλιακή ενέργεια η οποία, απασχολεί όλο και περισσότερο τον άνθρωπο. Μοιάζει η ιδανική πηγή ανανεώσιμης ενέργειας μιας και ο ήλιος και η ενέργεια του είναι το αστέρι που δίνει ζωή στον πλανήτη. Οι τρόποι εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας ποικίλλουν και μπορούν να ικανοποιήσουν ανάγκες όπως μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, θέρμανση κ.α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται εκτενής αναφορά στην ηλιακή ενέργεια και τα οφέλη που μπορούμε να αποκομίσουμε από αυτή. Ειδικότερα ασχολείται με το τρόπο που μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ηλιακής, μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ξεκινώντας από τον ήλιο θα περιγραφούν αναλυτικά το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, το φωτοβολταϊκό στοιχείο, τα υλικά κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου κ.α.

3.2 Ο ήλιος και η ηλιακή ενέργεια

Όλη η ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα παγκόσμια κοιτάσματα άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου αντιστοιχεί περίπου σε ποσότητα ενέργειας που προκύπτει από μόλις 20 μέρες ηλιοφάνειας.

Ο ήλιος αποτελεί το λαμπρότερο αστέρι του ηλιακού συστήματος και το λαμπρότερο σώμα του ουρανού. Είναι σχεδόν μια τέλεια σφαίρα η οποία έχει διάμετρο 1,4 εκατομμύρια χιλιόμετρα. Δίχως αμφιβολία η συμβολή του ήλιου στην ύπαρξη, τη διατήρηση και την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη είναι μη διαπραγματεύσιμη καθώς προσφέρει τεράστιες ποσότητες ενέργειας και διατηρεί τη θερμοκρασία σε ανεκτά για ζωή επίπεδα. Η σημασία αυτού του πλανήτη είναι γνωστή από αρχαιότατων χρόνων, καθώς ο άνθρωπος τον λάτρευε σαν θεότητα. Η θερμοκρασία που επικρατεί πάνω στον ήλιο είναι τεράστια και αρκετή για να λιώνουν ακόμα και τα μέταλλα.

Θα μπορούσε κάποιος να πει πως ο ήλιος αποτελεί την μοναδική πηγή ενέργειας η οποία είναι πρακτικά ανεξάντλητη, καθώς εκτιμάται ότι ο ήλιος είναι περίπου 5 δισεκατομμυρίων ετών και βρίσκεται περίπου στο μέσο της ζωής του.

Για την ανάπτυξη και την πρόοδο η ενέργεια είναι μια από τις βασικότερες προϋποθέσεις και ο ήλιος την προσφέρει απλόχερα μέσω της ηλιακής ενέργειας. Με την βοήθεια της τεχνολογίας πλέον ο ήλιος μπορεί να καλύψει σχεδόν όλες τις θερμικές ανάγκες χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας, που αποτελούν περίπου το μισό από το σύνολο των ενεργειακών αναγκών.

Η ηλιακή θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα ή, σε συνεργασία με συμβατικές μορφές ενέργειας για την παραγωγή θέρμανσης, ζεστού νερού και ψύξης χώρων και άλλων κτιριακών εγκαταστάσεων.

Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων και εκτιμάται πως μπορούν να καλύψουν ένα τεράστιο μέρος των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη και ίσως να αντικαταστήσουν στο μέλλον όλες τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και γενικότερα η φωτοβολταϊκή τεχνολογία θα αναλυθούν παρακάτω.

3.3 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και η φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ορίζεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε ηλιακή ακτινοβολία. Η πόλωση των λεκτικών φορτίων ουσιαστικά μεταφράζεται ως δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων. Δηλαδή δημιουργείται μια υποτυπώδης ηλεκτρική γεννήτρια.

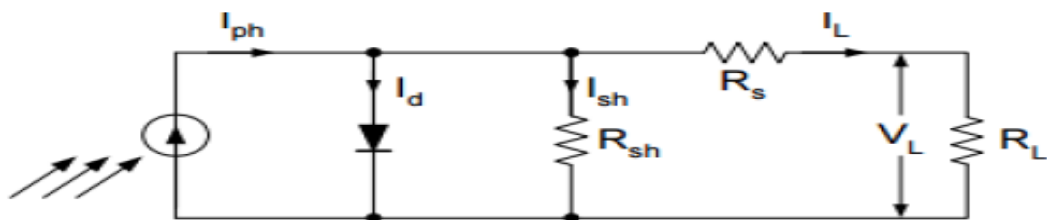
Το 1839 ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel (1820 - 1891) ανακάλυψε ότι ορισμένα υλικά μπορούσαν να παράγουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν υποβάλλονταν σε ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Ο όρος φωτοβολταϊκό προέρχεται από την ελληνική λέξη φώς και από τη λέξη βολτ (Volt) από τον Ιταλό φυσικό Alessandro Volta (1745-1827), έναν μεγάλο πρωτοπόρο της εποχής στην μελέτη του ηλεκτρισμού, ο οποίος είναι και ο εφευρέτης της μπαταρίας.

Φωτοβολταϊκή τεχνολογία, είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την διαδικασία της μετατροπής της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο προσπέσουν φωτόνια δηλαδή ηλιακή ακτινοβολία, τα ηλεκτρόνια διεγείρονται. Είναι ελεύθερα να κινηθούν ως προς οποιαδήποτε κατεύθυνση και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προκύπτει μια συνεχής ηλεκτρική τάση μεταξύ των δύο πλευρών του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Της πλευράς δηλαδή που βρίσκεται στραμμένη προς τον ήλιο και της πλευράς που είναι τοποθετημένη στη σκιά. Το ηλεκτρικό κύκλωμα αυτό όταν είναι 'κλειστό' ρέει ηλεκτρικό ρεύμα.

3.4 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι το στοιχείο το οποίο όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία έχει την δυνατότητα πηγής ηλεκτρικού ρεύματος. (PV Cell = photovoltaic cell = φωτοβολταϊκό κελί). Το ρεύμα που παράγεται από αυτή την πηγή ονομάζεται φωτόρευμα, το οποίο είναι ανάλογο της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται το στοιχείο [W/m^2] και του εμβαδού της επαφής των δύο ημιαγωγών που περιέχονται μέσα σε αυτό. Μόνο ένα μικρό μέρος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας πάνω στο στοιχείο είναι αξιοποιήσιμη.

- **Ισοδύναμο κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου**

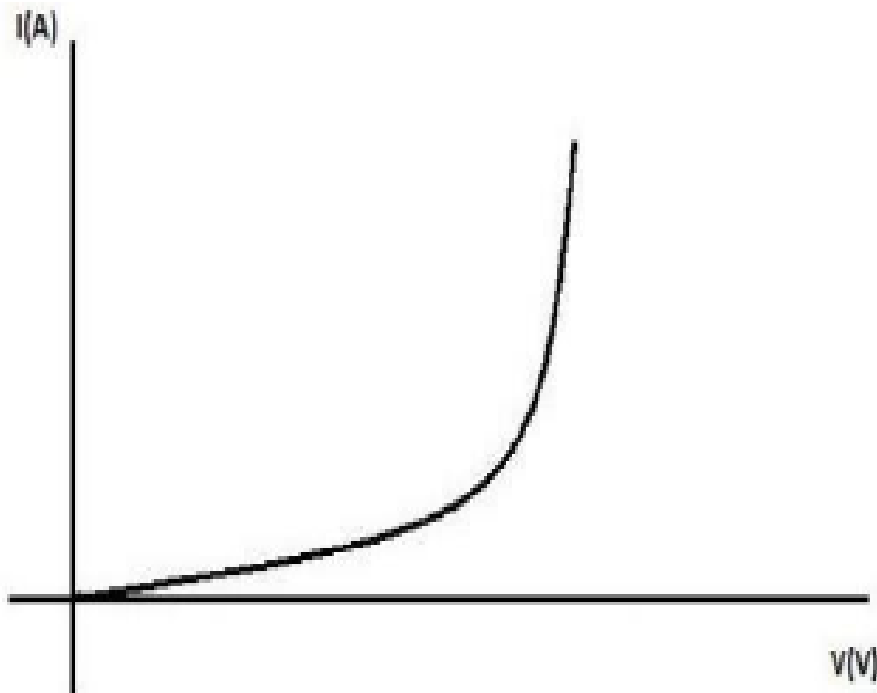


ΕΙΚΟΝΑ 13 : Ισοδύναμο κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου

Όπου R_s είναι η σειριακή αντίσταση η οποία πρέπει να είναι μικρότερη από 5 Ohm και R_{sh} είναι η αντίσταση διαρροής η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 500 Ohm.

- **Χαρακτηριστική καμπύλη φωτοβολταϊκού στοιχείου**

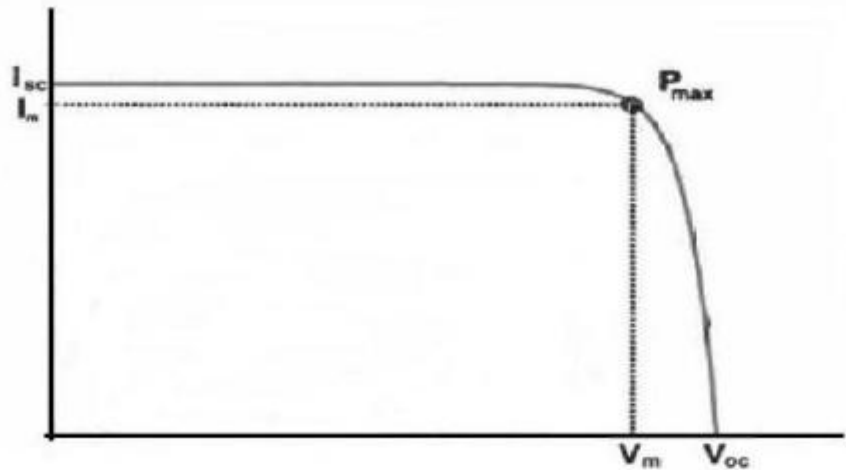
Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δεν φωτίζεται τότε τα χαρακτηριστικά του είναι ίδια με αυτά μιας απλής μεγάλης διόδου.



ΕΙΚΟΝΑ 14 : Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο διατηρεί σταθερό το ρεύμα (ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία) και μεταβάλλεται η τάση ανάλογα με την αντίσταση του φορτίου. Οι μεταβολές φαίνονται στην χαρακτηριστική καμπύλη του φωτοβολταϊκού στοιχείου που ακολουθεί παρακάτω. Η καμπύλη αυτή ισχύει για σταθερή ακτινοβολία και θερμοκρασία και δείχνει τη μεταβολή για μεταβολή του φορτίου.

Ως γνωστόν ισχύει ότι $P = V \times I$. Το μέγιστο εμβαδό του ορθογωνίου με πλευρές U_m , I_m δίνει τη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το καλύτερο σημείο λειτουργίας είναι το P_{max} όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Δηλαδή το φωτοβολταϊκό εργάζεται με $U_m < V_{oc}$ και $I_m < I_{sc}$.

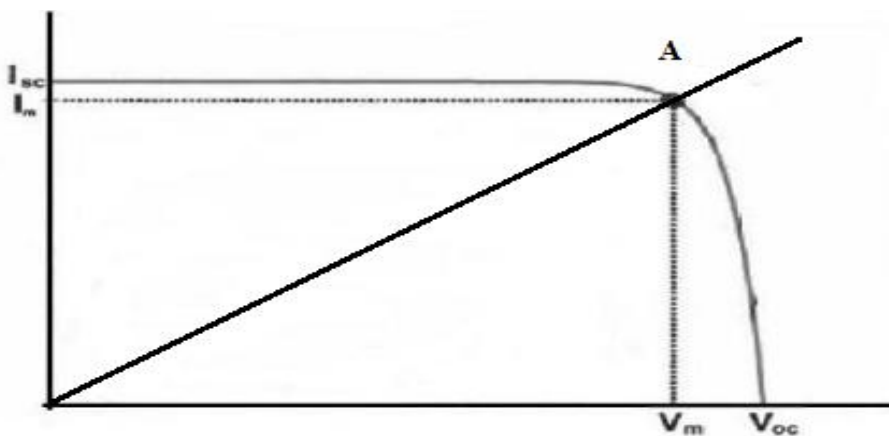


ΕΙΚΟΝΑ 15 : Χαρακτηριστική καμπύλη φωτοβολταϊκού στοιχείου

Ο συντελεστής πλήρωσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ισούται με :

$FF = (I_m \cdot V_m) / (I_{sc} \cdot V_{oc})$ και οι αποδεκτές του τιμές για την ορθή λειτουργία είναι από 0,7 – 0,9 .

Θεωρούμε ένα ωμικό φορτίο με αντίσταση R και απεικονίζουμε την χαρακτηριστική του σε ένα διάγραμμα μαζί με την χαρακτηριστική του φωτοβολταϊκού στοιχείου που είδαμε παραπάνω.



ΕΙΚΟΝΑ 16 : Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου και χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου με κοινό σημείο το σημείο A

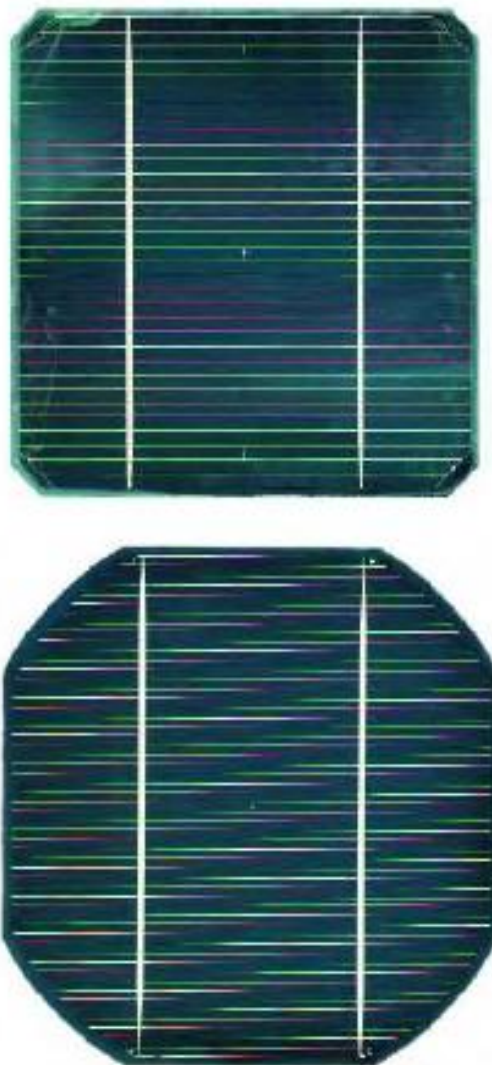
Βλέπουμε ότι η καμπύλη του φορτίου τέμνει τη χαρακτηριστική του φωτοβολταϊκού στοιχείου στο σημείο A το οποίο ονομάζεται σημείο λειτουργίας (ΣΛ). Γίνεται προσπάθεια ώστε το σημείο λειτουργίας να είναι το σημείο A το οποίο είναι το σημείο μέγιστης ισχύος όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αν η ωμική αντίσταση παραμένει σταθερή κατά τη μεταβολή της ακτινοβολίας, τότε το σημείο λειτουργίας απομακρύνεται αρκετά από το σημείο μέγιστης ισχύος και δεν υπάρχει μέγιστη ισχύς για κάθε μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας. Η V_{oc} δεν μεταβάλλεται ουσιαστικά όταν μειώνεται η ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η τάση του φωτοβολταϊκού στοιχείου δεν μεταβάλλεται. Αντιθέτως η ένταση I μεταβάλλεται ανάλογα με την ακτινοβολία.

3.5 Τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Το κύριο χαρακτηριστικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ή κελιού είναι το πυρίτιο (Si). Τα φωτοβολταϊκά κελιά πυριτίου χωρίζονται σε :

A. Φωτοβολταϊκά κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου

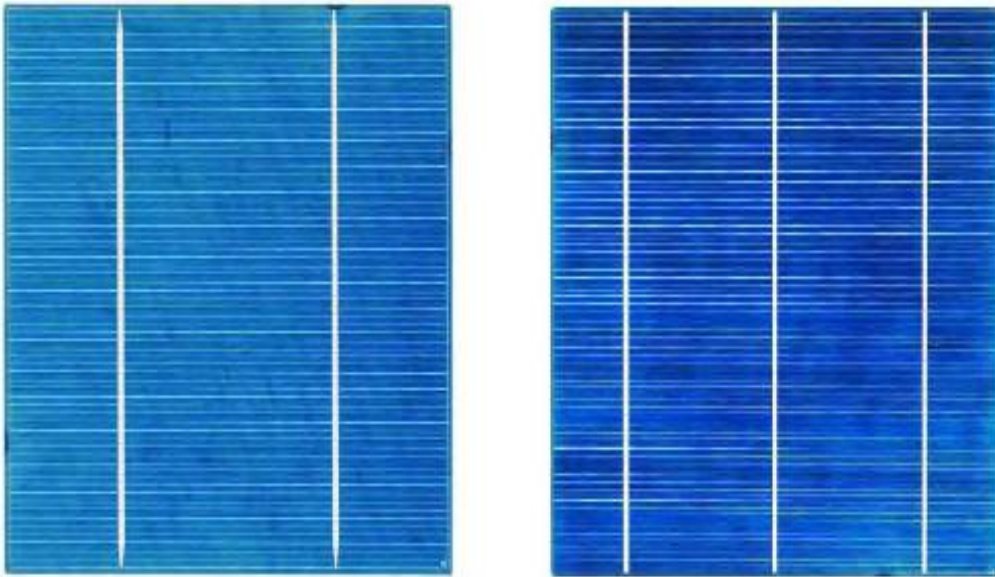
Το κόστος τους είναι υψηλό ωστόσο χαρακτηρίζονται από υψηλό δείκτη απόδοσης περίπου 15% - 18%. Μπορούν να κατασκευαστούν σε τετραγωνικό η και κυκλικό σχήμα. Ωστόσο τα κυκλικά ηλιακά κελιά δεν είναι μια συμφέρουσα επιλογή διότι, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά σε μια επιφάνεια. Κατασκευάζονται από έναν μεγάλο δίσκο κρυσταλλικού πυριτίου.



ΕΙΚΟΝΑ 17 : Μορφές μονοκρυσταλλικών κελιών πυριτίου

B. Φωτοβολταϊκά κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι αρκετά φθηνότερα από τα παραπάνω ώστοσο είναι και λιγότερο αποδοτικά. Κατασκευάζονται και αυτά από δίσκους πυριτίου οι οποίοι είναι κομμένοι από τετραγωνισμένους ράβδους. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 13% - 16%. Συνήθως κατασκευάζονται σε τετραγωνικό σχήμα με μπλέ ή ασημένιο χρώμα. Η μέθοδος κατασκευής τους είναι λιγότερο ακριβής σχετικά με τα κελιά μονοκρυσταλλικού πυριτίου και φθηνότερη.



EIKONA 18 : Κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Γ. Κελιά με τεχνολογίες λεπτού υμενίου

Τα κελιά αυτά έχουν πολύ μικρή απόδοση που κυμαίνεται από 5% έως 7%. Έχει διεξαχθεί μεγάλη έρευνα για την τελειοποίηση τους τα τελευταία χρόνια. Έχουν πάχος μόλις μερικά μικρόμετρα και κατασκευάζονται με μικρή ποσότητα πυριτίου. Το χρώμα τους είναι το μαύρο. Παρά τη μικρή απόδοση τους έχουν αρκετά μικρό κόστος παραγωγής πράγμα που τα καθιστά πολύ ανταγωνιστικά σε σχέση με τα υπόλοιπα. Οι κύριες κατηγορίες των κελιών με τεχνολογίες λεπτού υμενίου είναι οι παρακάτω :

- Κελιά άμορφου πυριτίου



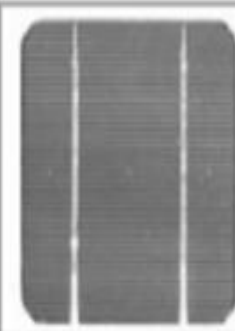
Είναι τα πιο συνηθισμένα και χρησιμοποιούνται σε μικρά προϊόντα μαζικής κατανάλωσης όπως είναι οι υπολογιστές τσέπης. Τα κελιά άμορφου πυριτίου δίνουν τη δυνατότητα κατασκευής πολύ εύκαμπτων φωτοβολταϊκών πάνελ.

- Κελιά καδμίου – τελλουρίου

Είναι κελιά με τεράστια αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα. Παρόλα αυτά ένα σοβαρό μειονέκτημα τους είναι πως το μέταλλο του τελλουρίου είναι αρκετά σπάνιο πράγμα που σημαίνει πως το κόστος είναι αρκετά μεγάλο. Επιπλέον η χρήση του καδμίου σημαίνει πως μετά το τέλος της ζωής του κελιού αυτού επιβάλλεται η αναγκαστική ανακύκλωση του.

- Κελιά χαλκού – Ινδίου – Γαλλίου – Δισεληνιούχου

Αυτοί οι τύποι κελιών αποτελούν μια από τις πιο υποσχόμενες τεχνολογίες. Είναι κελιά λεπτού υμενίου που κατασκευάζονται από ένα κράμα χαλκού – ινδίου – γαλλίου και δισεληνιούχου που έχουν σαν αποτέλεσμα την επίτευξη απόδοσης περίπου 20 %. Είναι η μεγαλύτερη απόδοση για κελί λεπτού υμενίου.

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	Άμορφα: 5-7% CIS: 7-10% CdTe: 8-10%	11-14%	13-16%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 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>	1.300-1.400	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>	65-140	130-160	160-185
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.380-1.485	1.380	1.380

ΕΙΚΟΝΑ 19 : Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών

3.6 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αξιοποίησης φωτοβολταϊκών για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα είτε σε σειρά είτε παράλληλα δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Πολλά φωτοβολταϊκά πλαίσια συνδεδεμένα μεταξύ τους δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Και έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο ή σταθμός. Τα φωτοβολταϊκά γενικότερα είναι μια μορφή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας η οποία εξελίσσεται συνεχώς και δημιουργεί νέα δεδομένα στον τομέα της ενέργειας. Ο άνθρωπος στην προσπάθεια του να βρει λύση στο ενεργειακό πρόβλημα και να εξοικονομήσει τους φυσικούς πόρους αλλά και τους ρύπους που αυτοί παράγουν έδωσε μεγάλη βάση στον τομέα της ηλιακής ενέργειας και τα φωτοβολταϊκά θεωρώντας ότι έχουν κομβικό ρόλο και πολλά πλεονεκτήματα στην εξέλιξη του συστήματος ενέργειας.

Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων γενικότερα είναι :

- Είναι απόλυτα ‘καθαρές’ πηγές ενέργειας και αποφεύγουν την μόλυνση του περιβάλλοντος. Δεν αφήνουν κατάλοιπα από τη χρήση τους ενώ είναι σε θέση να λειτουργούν αθόρυβα.
- Είναι επίσης σε θέση να λειτουργούν χωρίς κινητά μέρη και η συντήρησή τους να είναι απειροελάχιστη.
- Δεν χρειάζονται καύσιμα για τη λειτουργία τους και μπορούν να λειτουργούν ακόμα και με νεφελώδη ουρανό
- Κατασκευάζονται από πυρίτιο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Το πυρίτιο είναι ένα στοιχείο το οποίο βρίσκεται αν αφθονία στον πλανήτη και η εύρεση του δεν δημιουργεί προβλήματα κλιματολογικά ή οποιαδήποτε άλλη κατάσταση.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι πλέον αποδοτικά και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Πράγμα που δεν αυξάνει τις ειδικές συνθήκες απόδοσης τους και μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά τις περισσότερες μέρες του χρόνου.
- Ανταποκρίνονται γρήγορα σε μεταβολές της ηλιοφάνειας
- Είναι επίσης σημαντικό το πως αν κάποιο κομμάτι του συστήματος γενικότερα πάθει βλάβη, το σύστημα δεν σταματάει τη λειτουργία του μέχρι την αντικατάστασή του.
- Είναι κατάλληλα για εγκατάσταση πάνω σε στέγες ικανοποιώντας έτσι έναν αρκετά μεγάλο αριθμό των κτιριακών αναγκών.
- Και τέλος, είναι τα πλέον κατάλληλα για επιτόπιες εφαρμογές σε μέρη όπου η επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου είναι αδύνατη ή μη συμφέρουσα.

Ωστόσο υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων όπως :

- Το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού.
- Πολύ υψηλό κόστος επένδυσης και ασήμαντο λειτουργικό κόστος σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.
- Ο απαραίτητος καθαρισμός της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών πλαισίων για να αποφεύγεται η μείωση της απόδοσης τους.
- Υπάρχει η ανάγκη αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα καθώς υπάρχει ένας αρκετά συχνός ετεροχρονισμός μεταξύ της παραγωγής και του φορτίου.

Συμπερασματικά, τα πλεονεκτήματα χρήσης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού υπερτερούν των μειονεκτημάτων και η εγκατάστασή τους κρίνεται συμφέρουσα και πολύ αποδοτική σε βάθος χρόνου. Σχετικά με τα μειονεκτήματα, θα μπορούσε κάποιος να πει πως δεν αποτελούν ανυπέρβλητο εμπόδιο καθώς αναμένεται σε βάθος χρόνου με την έρευνα και την εξέλιξη της τεχνολογίας να ξεπεραστούν αρκετά από αυτά όπως, το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και επένδυσης.

3.7 Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα και την Ευρώπη

Ο στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ως το 2020 το 20% της κατανάλωσης να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η Ελλάδα είναι μια πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη, αφού έχει εγκατεστημένους περισσότερους από 1 εκατομμύριο θερμοσίφωνες. Συμβάλλοντας έτσι στην ελάφρυνση του ενεργειακού δικτύου της χώρας και στην προστασία του περιβάλλοντος αφού διαθέτει ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Το μόνο που πρέπει να γίνει είναι να εκμεταλλευτεί αυτό το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

«Τα φωτοβολταϊκά συστήματα επιδοτούνται από το Ελληνικό κράτος μέσω του νέου επενδυτικού νόμου Ν. 3522/06 και του αναπτυξιακού νόμου Ν. 3299/04 για επενδυτές μεσαίας και μεγάλης κλίμακας (επιδότηση αγοράς εξοπλισμού έως και 40% ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τα επιχειρηματικά κριτήρια που ικανοποιούνται). Στη συνέχεια, με βάση το νόμο Ν. 3468/06 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ο επενδυτής συνάπτει δεκαετές συμβόλαιο – με μονομερή δυνατότητα ανανέωσης της σύμβασης από την πλευρά του επενδυτή για ακόμη δέκα χρόνια – για την πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγει στον ΔΕΣΜΗΕ (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) για τις διασυνδεδεμένες περιοχές, ή απευθείας στη ΔΕΗ για τις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές. Η τιμή πώλησης κυμαίνεται από 0,40 έως 0,50 Ευρώ ανά κιλοβατώρα (kWh) ανάλογα με το μέγεθος και την περιοχή της εγκατάστασης. Όμως, και ο ιδιώτης μπορεί να επωφεληθεί του νόμου 3468, πουλώνοντας την πλεονάζουσα

ενέργεια της εγκατάστασης ιδιοχρήσης που διαθέτει στις ίδιες ανταγωνιστικές τιμές, με επιπλέον όφελος φοροελάφρυνση έως και 700 Ευρώ.»

Αυτοί οι νόμοι έχουν πολλά οφέλη και έτσι δημιουργούνται συνεχώς μικρά και μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα ανά την επικράτεια από μεγάλες εγκαταστάσεις μέχρι και κτίρια σε διάφορες πόλεις. Στόχος αυτής της νομοθεσίας είναι η δημιουργία αρκετά μεγάλων φωτοβολταϊκών πάρκων στα πρότυπα της Γερμανίας, αφού η χώρα διαθέτει ένα τεράστιο ηλιακό δυναμικό διπλάσιο από κάθε άλλη χώρα της Ευρώπης.

Στην Ευρώπη, η νομοθεσία σε γενικές γραμμές είναι η ίδια αφού στόχος κάθε χώρας είναι η καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και αρκετές πόλεις εγκαθιστούν φωτοβολταϊκά συστήματα σε δημόσιες υπηρεσίες και κτίρια με στόχο την κάλυψη τουλάχιστον των βασικών ενεργειακών αναγκών των κτιρίων. Με την τεχνολογική εξέλιξη και μόλις ο συντελεστής απόδοσης των φωτοβολταϊκών βελτιωθεί, προσδοκάται πως και βορειότερες χώρες της Ευρώπης θα ξεκινήσουν δυναμικά την εγκατάσταση όλο και περισσότερων φωτοβολταϊκών συστημάτων.

3.8 Συμπεράσματα, εφαρμογές των φωτοβολταϊκών και ανάγκες που μπορούν να καλύψουν

Τα φωτοβολταϊκά είναι ίσως η καλύτερη και πιο αξιόπιστη μέθοδος αξιοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα οφέλη τους είναι πάρα πολλά, ειδικότερα για το περιβάλλον και έπειτα για τον καταναλωτή, τις αγορές και την ανάπτυξη γενικότερα. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή και ανεξάντλητη μορφή ενέργειας που μπορεί να παρέχει αξιοπιστία, ασφάλεια και ανεξαρτησία. Είναι ένας αμύθητος ενεργειακός πόρος που το μόνο που μπορεί να προσφέρει είναι σιγουριά στην ενεργειακή τροφοδοσία. Τα φωτοβολταϊκά έχουν τη δυνατότητα να γίνουν στο μέλλον η κύρια πηγή τροφοδοσίας ενέργειας του ανθρώπου.

Οι ανάγκες που μπορεί να καλύψει ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι πάρα πολλές. Μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα κτίριο και να καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες. Μπορεί να τροφοδοτεί μια εγκατάσταση σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η σύνδεση της με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης μπορεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας αγροτικής εγκατάστασης, την ανάγκη της για θέρμανση κ.α. Ουσιαστικά είναι μια εντελώς ανεξάρτητη πηγή ενέργειας η οποία λύνει αρκετά προβλήματα και μπορεί να συμβάλλει στην αποσυμφόρηση του ήδη υπάρχοντος ενεργειακού τροφοδοτικού συστήματος.

Η ενέργεια ενός φωτοβολταϊκού συστήματος εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους τόσο εξωτερικούς όπως, περιβαλλοντικές συνθήκες, μέσος όρος ηλιακής ακτινοβολίας στον χώρο κ.α., όσο όμως και από εσωτερικούς όπως διαστάσεις του χώρου, χωροθέτηση του συστήματος, τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί κ.α.

Γενικά τα πλεονεκτήματα χρήσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι πολλά και μπορούν συνδράμουν ουσιαστικά στη λύση του ενεργειακού προβλήματος. Είναι πολύ αξιόπιστη τεχνολογία με πολλές χρήσεις και οι εφαρμογές τους μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες.

- Διασυνδεδεμένα οικιακά συστήματα

Αποτελεί έναν από τους δημοφιλέστερους τύπους φωτοβολταϊκού συστήματος σε οικίες. Η ΔΕΗ δέχεται όλη την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια που προκύπτει από το σύστημα και την αγοράζει. Έτσι ο ιδιοκτήτης της οικίας συνεχίζει να λαμβάνει κανονικά τον λογαριασμό της ΔΕΗ και κάθε δίμηνο λαμβάνει πιστωτικό λογαριασμό όπου ισούται με την παραγωγή του συστήματος του, μείον την κατανάλωση.

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά πάρκα

Τα φωτοβολταϊκά πάρκα αυτά, είναι εγκατεστημένα σε σταθερά σημεία και παράγουν μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή μπορεί να είναι από μερικές δεκάδες kW έως και μερικά MW. Ορισμένα από τα φωτοβολταϊκά πάρκα αυτά είναι εγκατεστημένα σε μεγάλα βιομηχανικά κτίρια. Τέτοια μπορεί να είναι αεροδρόμια εργοστάσια κ.α.

- Μη διασυνδεδεμένα συστήματα για ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων περιοχών

Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια απομακρυσμένες περιοχές εκεί όπου δεν υπάρχει δίκτυο τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος.

- Μη διασυνδεδεμένα βιομηχανικά συστήματα

Είναι μια πολύ ελκυστική και οικονομική επιλογή. Χρησιμοποιούνται σε απομακρυσμένες περιοχές και εφαρμόζονται κυρίως στον τομέα των τηλεπικοινωνιών για να συνδέουν τις απομακρυσμένες περιοχές όλης της χώρας. Αποφεύγοντας έτσι την εγκατάσταση υψηλού κόστους δικτύου από τον παροχέα ηλεκτρικής ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό, αποτελεί την εισαγωγή για την μελέτη εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ή σταθμού. Αναφέρονται αναλυτικά όλα τα στοιχεία που χρειάζονται για την δημιουργία του, καθώς και η αρχή λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος γενικά.

4.2 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού συστήματος

Η λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος και γενικότερα το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στηρίζεται στις ιδιότητες των ημιαγωγών υλικών. Οι ημιαγωγοί έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική του αγωγιμότητα μπορεί να ελεγχθεί μόνιμα ή και δυναμικά. Ο ημιαγωγός γενικότερα έχει ένα χαρακτηριστικό στοιχείο που το κάνει να ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα. Αυτό είναι ο αριθμός των ηλεκτρονίων ενός ατόμου που βρίσκεται στην εξωτερική στοιβάδα.

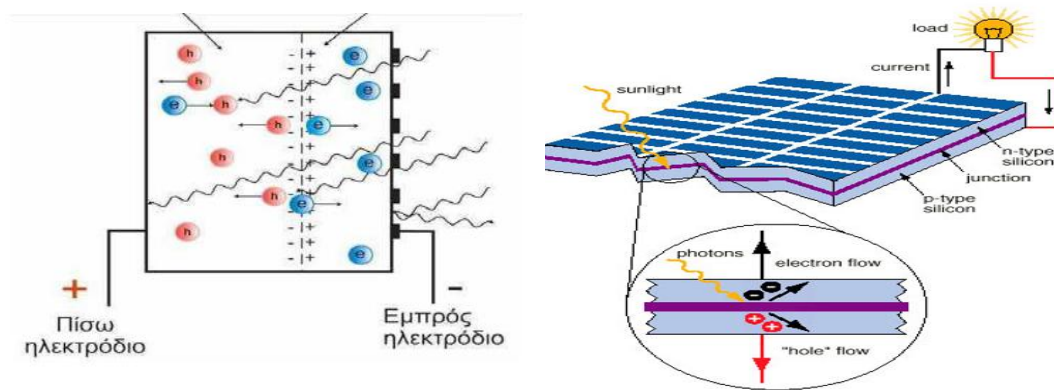
Ο πιο γνωστός ημιαγωγός είναι το πυρίτιο (Si). Αποκτά τις ημιαγωγικές ιδιότητες του με τεχνητό τρόπο. Η πρόσμιξη του με στοιχεία τα οποία έχουν ένα ηλεκτρόνιο περισσότερο ή ένα ηλεκτρόνιο λιγότερο στην στοιβάδα σθένους τους (εξωτερική), κάνει τον κρύσταλλο δεκτικό σε θετικά φορτία (υλικό τύπου p) είτε σε αρνητικά (υλικό τύπου n). Έτσι γίνεται η δημιουργία ηλεκτρικά φορτισμένων ημιαγωγών. Το πυρίτιο αποτελεί το κύριο στοιχείο στην κατασκευή των φωτοβολταϊκών.

Για να δημιουργηθεί τώρα ηλεκτρικό πεδίο πρέπει να έρθουν σε επαφή δύο κομμάτια πυριτίου τύπου n και τύπου p. Στην θέση επαφής έτσι, δημιουργείται μια ζώνη στην οποία εναλλάσσονται ηλεκτρόνια και οπές. Έτσι ελεύθερα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού n εισέρχονται στον ημιαγωγό p και συμπληρώνουν τις αντίστοιχες οπές. Οι ελεύθερες οπές από τον ημιαγωγό p εισέρχονται στον ημιαγωγό n και ενώνονται με ίσο αριθμό ηλεκτρονίων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η πλευρά n να αποκτά θετικό δυναμικό και η πλευρά p αρνητικό. Έτσι σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή επαφής των δύο ημιαγωγικών στοιχείων που ονομάζεται ημιαγωγική επαφή ή δίοδος επαφής p – n.



ΕΙΚΟΝΑ 20 : Επαφή ημιαγωγικού στοιχείου τύπου n με ημιαγωγικό στοιχείο τύπου p

Η ηλιακή ενέργεια έρχεται με την μορφή φωτονίων τα οποία όταν προσπίπτουν στο φωτοβολταϊκό κελί περνούν την περιοχή τύπου n και χτυπούν τα άτομα της περιοχής τύπου p. Τα ηλεκτρόνια αυτά αρχίζουν και κινούνται μεταξύ των οπών και τελικά φτάνουν στην περιοχή της διόδου. Εκεί έλκονται από το θετικό πεδίο της περιοχής και μόλις ξεπεράσουν το ενεργειακό χάσμα της περιοχής αυτής είναι αδύνατο να επιστρέψουν. Επιστρέφοντας στην περιοχή n παρατηρείται ότι μπορεί να εκμεταλλευτούν τα περισσευούμενα ηλεκτρόνια τα οποία μπορούν να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό γίνεται τοποθετώντας έναν μεταλλικό αγωγό ή κάποια παρόμοια διάταξη στο κάτω μέρος της επαφής p και στο πάνω μέρος της επαφής n και ένα φορτίο στο ενδιάμεσο, με τέτοιο τρόπο που να κλείνει ένας αγωγίμος δρόμος για το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα.



ΕΙΚΟΝΑ 21 : Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ένα φωτοβολταϊκό κελί

4.3 Τα κύρια μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική συλλέγοντας την ηλιακή ακτινοβολία. Τα κυριότερα μέρη ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι τα παρακάτω :

4.3.1 Το φωτοβολταϊκό κελί

Το φωτοβολταϊκό κελί το οποίο αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο συλλέγει το ηλιακό φως. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό δημιουργεί ηλεκτρική τάση που με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.



ΕΙΚΟΝΑ 22 : Φωτοβολταϊκό κελί

4.3.2 Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο

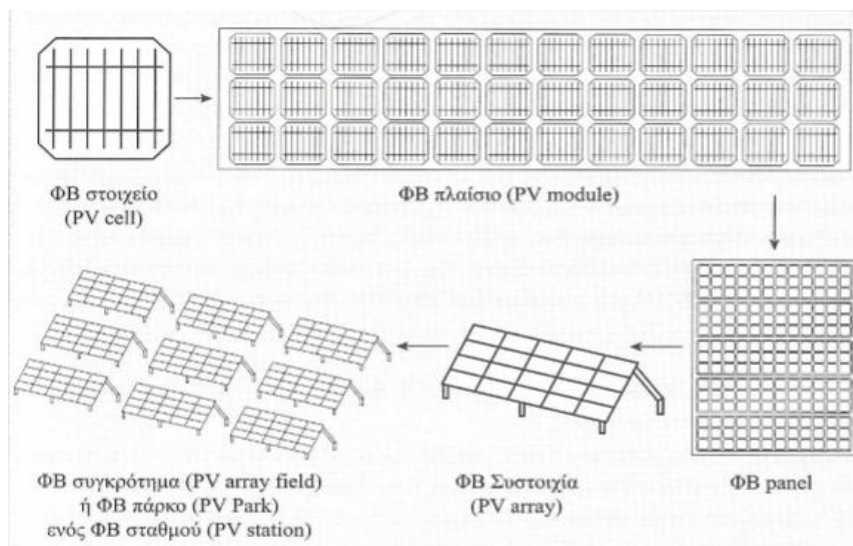
Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από ένα σύνολο φωτοβολταϊκών στοιχείων, τα οποία είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελούν την βασική μονάδα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.

Τα φωτοβολταϊκά κελιά σφραγίζονται ερμητικά μέσα σε πλαστική ύλη για να προστατευτούν από τις καιρικές συνθήκες και ειδικότερα από την υγρασία. Η μπροστινή όψη του πλαισίου προστατεύεται από αυθεντικό γυαλί.

Τα πλαίσια αυτά τοποθετούνται σε κοινή κατασκευή και αλληλοσυνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους δημιουργώντας μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ο συνδυασμός τέτοιων ομάδων συνδεδεμένων σε σειρά ή παράλληλα ονομάζεται φωτοβολταϊκή συστοιχία. Έχουν διάφορες τιμές ισχύος που κυμαίνονται από 20W – 300W.

Στην αγορά κυκλοφορούν τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια, τα πολυκρυσταλλικά και τα άμορφα. Ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν όταν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία είναι σε θέση να μετατρέψουν περίπου 10% - 15% της ηλιακής σε ηλεκτρική ενέργεια.

Υπάρχουν ωστόσο και παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Τέτοιοι είναι η γήρανση όπου, η απόδοση μειώνεται λόγω αλλοίωσης των υλικών που απαρτίζουν το πλαίσιο περίπου 1% για κάθε χρόνο. Ένας άλλος παράγοντας επίσης είναι η ρύπανση της επιφάνειας του πλαισίου. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η διόδος αυτεπιστροφής που είναι μια διόδος η οποία εμποδίζει την αντίστροφη διέλευση ρεύματος όταν το πλαίσιο δεν φωτίζεται και προκαλεί απώλεια περίπου 1%.



ΕΙΚΟΝΑ 23 : Πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία ή κελιά δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο, που με τη σειρά τους δημιουργούν το φωτοβολταϊκό πάνελ. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ που είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα δημιουργούν την φωτοβολταϊκή συστοιχία. Πολλές φωτοβολταϊκές συστοιχίες στον ίδιο χώρο δημιουργούν ένα φωτοβολταϊκό συγκρότημα ή φωτοβολταϊκό πάρκο.



ΕΙΚΟΝΑ 24 : Φωτοβολταϊκό πλαίσιο



ΕΙΚΟΝΑ 25 : Φωτοβολταϊκή συστοιχία



ΕΙΚΟΝΑ 26 : Φωτοβολταϊκός σταθμός ή φωτοβολταϊκό πάρκο

4.3.3 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων

Για να μπορέσουν να ομαδοποιηθούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια και να δημιουργήσουν μια φωτοβολταϊκή συστοιχία, πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλα και να αλληλοσυνδεθούν ηλεκτρονικά. Αυτό μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Ο ένας είναι με σταθερές βάσεις και ο άλλος με κινητές βάσεις (trackers) ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου.

Για να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση από τα φωτοβολταϊκά θα πρέπει να πληρούνται και ορισμένες προϋποθέσεις :

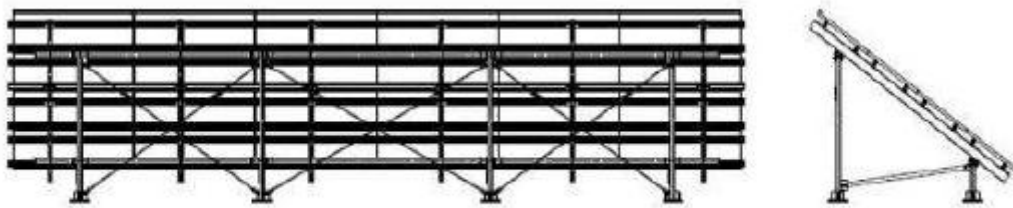
- Να υπάρχει αρκετός ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Χρειάζεται περίπου ένα τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας για κάθε πλαίσιο των 100 W κρυσταλλικού πυριτίου. Για την καλή του απόδοση θα πρέπει ο χώρος να παραμένει ασκίαστος σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.
- Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν μεγαλύτερη απόδοση όταν τοποθετούνται με Νότιο προσανατολισμό. Μπορούμε να έχουμε έως και 45° απόκλιση από το Νότο, όμως η απόδοση θα είναι αρκετά μειωμένη.
- Η τοποθέτηση του συλλέκτη θα πρέπει πάντα να γίνεται με κλίση 10% - 15% μικρότερη από τη γωνία του τοπικού γεωγραφικού πλάτους. Πολλές φορές η κλίση καθορίζεται με βάση τις τοπικές καιρικές συνθήκες όπως είναι το υγρό κλίμα κλπ.

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

ΕΙΚΟΝΑ 27 : Μεταβολή της παραγωγής ενέργειας για απόκλιση τοποθέτησης ως προς τις βέλτιστες συνθήκες. Πηγή ΣΕΦ.

Οι σταθερές βάσεις στήριξης των πάνελ είναι οι πιο διαδεδομένες και οι οικονομικότερα προσιτές. Η αρχή λειτουργίας τους είναι πολύ απλή. Κατά το μεσημέρι οι προσπίπτουσες ηλιακές ακτίνες πρέπει να προσπίπτουν κάθετα πάνω στο φωτοβολταϊκό πάνελ. Οι βάσεις λοιπόν κατασκευάζονται έτσι ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση περίπου 30° . Οι 30° είναι μια μέση τιμή που θεωρείται ιδανική για τα Ελληνικά δεδομένα.

Κατασκευάζονται από αλουμίνιο ή χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ. Πρέπει να έχουν μεγάλες αντοχές στις ανεμοπιέσεις και τα διάφορα φορτία όπως φορτία χιονιού. Τοποθετούνται στο έδαφος είτε με εδαφόμεπηξη, είτε με σκυροδέτηση.



ΕΙΚΟΝΑ 28 : Σταθερή βάση στήριξης πάνελ με την μέθοδο της απευθείας εδαφόμεπηξης



ΕΙΚΟΝΑ 29 : Σταθερή βάση στήριξης πάνελ με την μέθοδο της σκυροδέτησης

Οι κινητές βάσεις ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου είναι σχετικά μια νέα τεχνική με στόχο την μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά την διάρκεια της ημέρας οι βάσεις ακολουθούν την πορεία του ήλιου έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας συνεχώς. Είναι αρκετά πιο πολύπλοκες από τις σταθερές βάσεις ωστόσο προσφέρουν μεγαλύτερες αποδόσεις.

Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι με ηλιακούς αισθητήρες που αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου και ο δεύτερος, είναι μέσω ειδικού λογισμικού με αστρονομικά δεδομένα που υπολογίζει την θέση του ήλιου για κάθε ημέρα ξεχωριστά αναλόγως τις συντεταγμένες της περιοχής.



ΕΙΚΟΝΑ 30 : Κινητή βάση στήριξης των Πάνελ με στόχο την ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου



ΕΙΚΟΝΑ 31 : Κινητή βάση στήριξης των Πάνελ με στόχο την ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου

4.3.4 Αντιστροφείς (Inverters)

Αποτελούν την καρδιά του φωτοβολταϊκού συστήματος. Είναι σε θέση να μετατρέψουν την συνεχή τάση των φωτοβολταϊκών πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστικών τιμών 230 V / 50 Hz. Όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του φωτοβολταϊκού συστήματος διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο, πρέπει επομένως να χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση και αξιοπιστία.

Οι αντιστροφείς μπορεί να είναι κατάλληλοι και για διασύνδεση στο δίκτυο αλλά και για αυτόνομη λειτουργία. Έτσι βγαίνουν πολλοί τύποι αντιστροφέων με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως ονομαστική ισχύ, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και απόδοση. Οι περισσότεροι (αυτοί που θα λειτουργήσουν για να τροφοδοτούν το δίκτυο) είναι σχεδιασμένοι για να λειτουργούν χωρίς μπαταρίες, ωστόσο υπάρχουν και αντιστροφείς οι οποίοι περιλαμβάνουν μπαταρίες.

Αντιστροφείς οι οποίοι προορίζονται για την σύνδεση τους στο δίκτυο είναι ιδανικό να είναι εγκατεστημένοι στην σκιά και μπορούν να εγκαθίστανται υπαίθρια. Σε αντίθεση με τους αντιστροφείς που προορίζονται για αυτόνομη λειτουργία, οι οποίοι δεν είναι στεγανοί και θα πρέπει να τοποθετούνται στο εσωτερικό της εγκατάστασης κοντά στην συστοιχία μπαταριών.

Όταν το δίκτυο ή το σύστημα παρουσιάζει κάποιο πρόβλημα στην λειτουργία του οι αντιστροφείς θα πρέπει να είναι σε θέση να τα ανιχνεύουν και να μην συμβάλλουν σε αυτά. Θα πρέπει επίσης, να αποφεύγεται το φαινόμενο της νησιδοποίησης (islanding). Το φαινόμενο της νησιδοποίησης αναφέρεται σε ένα τμήμα του δικτύου με φωτοβολταϊκά συστήματα το οποίο έχει αποκοπεί από την κεντρική τροφοδοσία. Έτσι ο σταθμός λειτουργεί ως νησί παραγωγής ενέργειας και αν παραμένουν συνδεδεμένοι οι αντιστροφείς, τότε υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος για τυχόν προσωπικό που βρίσκεται εκεί ή ακόμα και για ολόκληρη την εγκατάσταση. Αν η τάση ή η συχνότητα του δικτύου ξεπεράσουν το προκαθορισμένο όριο θα πρέπει ο αντιστροφέας να κάνει άμεση απόζευξη της φωτοβολταϊκής πηγής από το δίκτυο. Έπειτα από έναν προκαθορισμένο χρόνο αναμονής και εφόσον το πρόβλημα δεν υφίσταται πια ο αντιστροφέας μπορεί να κάνει επαναφορά στη σύνδεση.

Υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές για τους αντιστροφείς λόγω της σημασίας τους σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα και πρέπει να πιστοποιείται η ικανότητα τους να τις ικανοποιούν. Οι προδιαγραφές των αντιστροφέων είναι οι παρακάτω :

- «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.»

- «Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) του ρεύματος των αντιστροφών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5%. Ο συντελεστής THD ορίζεται ως:

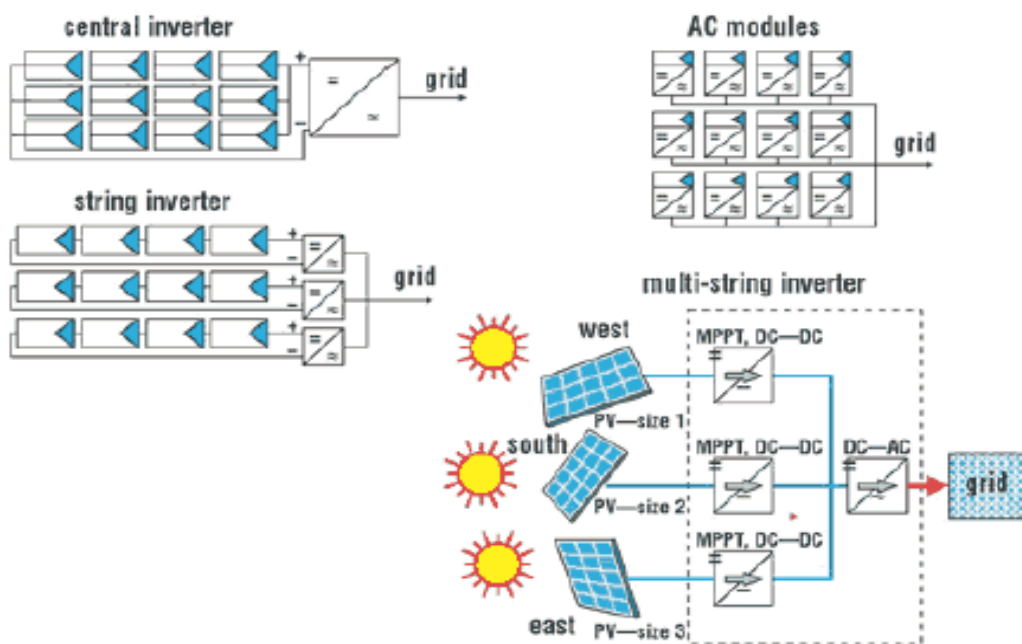
όπου I_1 είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος στη θεμελιώδη συχνότητα και I_h η ενεργός τιμή της αρμονικής ρεύματος τάξης h και συχνότητας $50 \times h$ Hz.»

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

- «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.»
- «Προστασία έναντι του φαινομένου νησιδοποίησης κατά το πρότυπο VDE 0126.»

Αναλόγως με την τεχνολογία σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί, οι αντιστροφείς χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ή οικογένειες:

1. Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)
2. Αντιστροφείς κλάδων (string inverters)
3. Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters)
4. Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε Φωτοβολταϊκό πάνελ (module integrated inverters)



ΕΙΚΟΝΑ 32 : Σχηματική απεικόνιση κατηγοριών αντιστροφών

4.3.5 Οικογένειες αντιστροφών

Οι κατηγορίες των αντιστροφών στα φωτοβολταϊκά συστήματα ποικίλλουν αναλόγως με την χρήση την οποία θα επιλέξουμε και την τεχνολογία σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελ. Παρακάτω αναλύονται οι τέσσερις κατηγορίες των αντιστροφών

- Κεντρικοί αντιστροφείς (central inverters)

Οι αντιστροφείς αυτοί εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος. Η τιμή τους κυμαίνεται από 30 kW – 50kW έως και 1MW – 2MW. Για αυτόν τον λόγο η χρήση τους είναι διαδεδομένη σε φωτοβολταϊκά πάρκα μεγάλης ισχύος. Χαρακτηρίζονται από τον μικρό αριθμό εισόδων DC που είναι συνήθως 1-2. Το γεγονός αυτό και σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για ένα τέτοιο εγχείρημα επιβάλλει την χρήση καλωδίων DC σε σχέση με τις υπόλοιπες οικογένειες αντιστροφών που η καλωδίωση μπορεί να γίνει και με AC καλωδίωση.



ΕΙΚΟΝΑ 33 : Κεντρικός μετατροπέας με μέγιστη τιμή εισόδου 1,4 kWp



ΕΙΚΟΝΑ 34 : Κεντρικός μετατροπέας

- Αντιστροφείς κλάδων (String Inverters)

Είναι η περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία ή οικογένεια αντιστροφέων. Χρησιμοποιείται σε φωτοβολταϊκά πάρκα μικρής και μεγάλης ισχύος. Η αρχή λειτουργίας τους είναι ότι βασίζονται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων (strings) στις αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα. Κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μονοφασική ή και τριφασική σύνδεση συνήθως πάνω από 100 kWp. Διαθέτουν ευελιξία σχετικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορούν να συνδεθούν στις εισόδους, αλλά δεν πρέπει να παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Πρέπει επίσης να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.



ΕΙΚΟΝΑ 35 : Αντιστροφείς κλάδων

- Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters)

Οι συγκεκριμένοι αντιστροφείς χρησιμοποιούνται όταν πρέπει σε έναν αντιστροφέα να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ. Με τον όρο διαφορετικά πάνελ εννοούνται η ονομαστική ισχύς, ο αριθμός των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, ο κατασκευαστής κ.α. Έτσι κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες, διαθέτοντας τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς. Χρησιμοποιούνται επίσης σε εγκαταστάσεις όπου τα χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας όπως για παράδειγμα η κλίση των πάνελ ή, κάποιο πρόβλημα σκίασης. Η διαθεσιμότητα τους είναι πιο περιορισμένη σε σχέση με τους συμβατικούς αντιστροφείς κλάδων λόγω της πολυπλοκότητας της χρήσης τους.



ΕΙΚΟΝΑ 36: Αντιστροφέας πολλαπλών κλάδων

- Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκό πάνελ

Αυτή η κατηγορία αντιστροφέων είναι σχετικά νέα και αφορά κατηγορίες χαμηλής ισχύος περίπου 300W. Οι αντιστροφείς αυτοί ενσωματώνονται (δηλαδή δέχονται στην είσοδο τους), με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ. Οι συγκεκριμένοι χρησιμοποιούνται για την βέλτιστη λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ανά πάνελ ξεχωριστά. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχουν σημαντικά προβλήματα σκίασης.



ΕΙΚΟΝΑ 37 : Αντιστροφείς ενσωματωμένοι σε φωτοβολταϊκό πάνελ

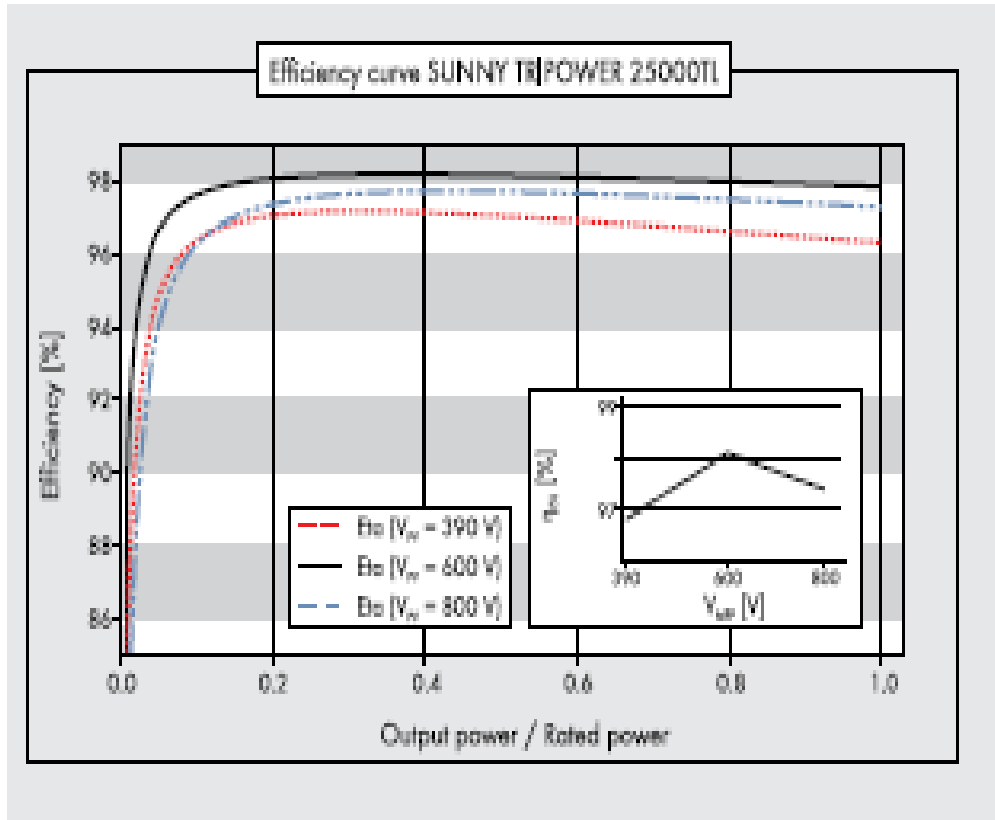
4.3.6 Ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

Ο βαθμός απόδοσης αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο σε έναν αντιστροφέα. Ο λόγος είναι ότι οι απώλειες ισχύος ισοδυναμούν με απώλειες εισοδήματος δηλαδή με απώλειες κέρδους. Ο βαθμός απόδοσης ενός αντιστροφέα λοιπόν, εκφράζει το πηλίκο της εναλλασσόμενης πηγής εξόδου προς την συνεχή ισχύ εξόδου, δηλαδή :

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

Η σχέση αυτή δείχνει ότι ο βαθμός απόδοσης ενός αντιστροφέα εκφράζει το ποσό της ισχύος που χάνεται ως απώλειες στον αντιστροφέα. Η κυριότερη πηγή απωλειών σε ένα τέτοιο σύστημα εμφανίζονται στα ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος.

Ο μέγιστος βαθμός απόδοσης καταγράφεται πάντα στα τεχνικά εγχειρίδια κάθε αντιστροφέα , όμως κάθε αντιστροφέας λειτουργεί πολύ λίγες φορές στον απόλυτο μέγιστο βαθμό απόδοσης. Αυτό συμβαίνει γιατί εξαρτάται από την συνεχή τάση λειτουργίας και από το επίπεδο φόρτισης του αντιστροφέα. Επίπεδο ή βαθμός φόρτισης είναι το ποσοστό της ισχύος εξόδου του αντιστροφέα, ως προς την ονομαστική ισχύ εισόδου ή εξόδου αναλόγως με τον κατασκευαστή. Όλα αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται με τη μορφή διαγραμμάτων στα τεχνικά εγχειρίδια.



EIKONA 38 : Χαρακτηριστικά στοιχεία μέσω καμπύλης απόδοσης του αντιστροφέα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό, αποτελεί ένα παράδειγμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου στην περιοχή της Μεσσηνίας με σταθερές βάσεις, διασυνδεδεμένο με το Δίκτυο Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Περιγράφονται, η τεχνική ανάλυση κατασκευής του, η ενεργειακή μελέτη, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί, το σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων, τα φωτοβολταϊκά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν, οι αντιστροφείς, η αντικεραυνική προστασία, η γείωση κ.α. Στόχος αυτού το κεφαλαίου, είναι να γίνουν βήμα βήμα όλες οι απαραίτητες ενέργειες έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα φωτοβολταϊκό πάρκο.

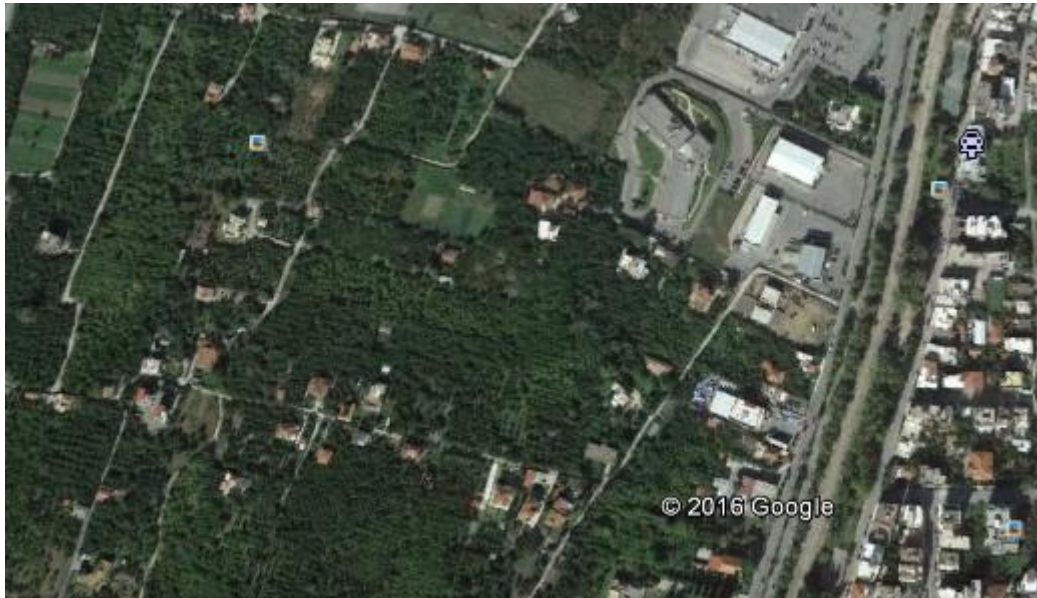
5.2 Τεχνική ανάλυσης κατασκευής φωτοβολταϊκού σταθμού με σταθερές βάσεις στην περιοχή της Μεσσηνίας

Η παρακάτω μελέτη αφορά την υλοποίηση φωτοβολταϊκού πάρκου σε ιδιόκτητο χώρο στην περιοχή της Μεσσηνίας έξω από την πόλη της Καλαμάτας. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα από το βιβλίο «ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ» από τον Σταμάτη Δ. Πέρδιο το γεωγραφικό πλάτος της πόλης φ° είναι $\varphi = 37^\circ$.

ΠΟΛΗ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ φ [$^\circ$]
Σιδηρόκαστρο, Διδυμότειχο, Ορεσιτιάδα	41 $^\circ$ 30'
Φλώρινα, Έδεσσα, Γιαννιτσά, Κιλκίς, Σέρρες, Δράμα, Καβάλα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Αλεξανδρούπολη	41 $^\circ$
Καστοριά, Πτολεμαΐδα, Κοζάνη, Νάουσα, Βέροια, Κατερίνη, Θεσσαλονίκη, Πολύγυρος, Σαμοθράκη	40 $^\circ$ 30'
Κόνιτσα, Γρεβενά, Λιτόχωρο, Κασσάνδρα, Λήμνος	40 $^\circ$
Κέρκυρα, Ηγουμενίτσα, Ιωάννινα, Μέτσοβο, Τρίκαλα, Καρδίτσα, Λάρισα, Βόλος	39 $^\circ$ 30'
Λευκάδα, Πρέβεζα, Άρτα, Καρπενήσι, Λαμία, Σκύρος, Μυτιλήνη	39 $^\circ$
Κεφαλληνία, Ιθάκη, Αγρίνιο, Μεσολόγγι, Πάτρα, Άμφισσα, Λειβαδιά, Θήβα, Χαλκίδα, Χίος	38 $^\circ$ 30'
Ζάκυνθος, Αμαλιάδα, Καλάβρυτα, Κόρινθος, Μέγαρο, Ελευσίνα, Αθήνα, Ραφήνα, Κάρυστος, Άνδρος, Ικαρία, Σάμος	38 $^\circ$
Πύργος, Μεγαλόπολη, Τρίπολη, Άργος, Ναύπλιο, Πόρος, Σύρος, Πάτμος	37 $^\circ$ 30'
Πύλος, Καλαμάτα, Σπάρτη, Πάρος, Νάξος, Κάλυμνος, Κως	37 $^\circ$
Γύθειο, Μήλος, Σαντορίνη, Ρόδος	36 $^\circ$ 30'
Κύθηρα, Καστελλόριζο	36 $^\circ$
Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Κάσσοι, Κάρπαθος	35 $^\circ$ 30'
Χώρα Σφακιών, Ιεράπετρα, Αγ. Νικόλαος Κρήτης	35 $^\circ$

ΕΙΚΟΝΑ 39 : Γεωγραφικό πλάτος διαφόρων Ελληνικών πόλεων

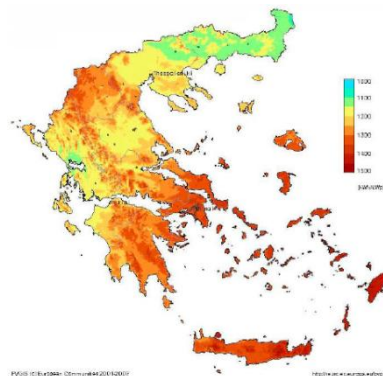
Ο χώρος όπου θα κατασκευαστεί το φωτοβολταϊκό πάρκο έχει συνολική έκταση 2000 τετραγωνικά μέτρα (20 x 100) . Στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα πάρκο με ονομαστική ισχύ 95000 Wp με πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου ονομαστική ισχύος 225 Wp τα οποία θα τοποθετούνται πάνω σε σταθερές βάσεις. Η αντιστροφή της συνεχούς τάσης που θα παράγουν θα γίνεται με τη βοήθεια αντιστροφέα χωρίς μετασχηματιστή μονοφασικής ισχύος.



ΕΙΚΟΝΑ 40 : Ευρύτερη περιοχή εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου. Πηγή : Google Earth

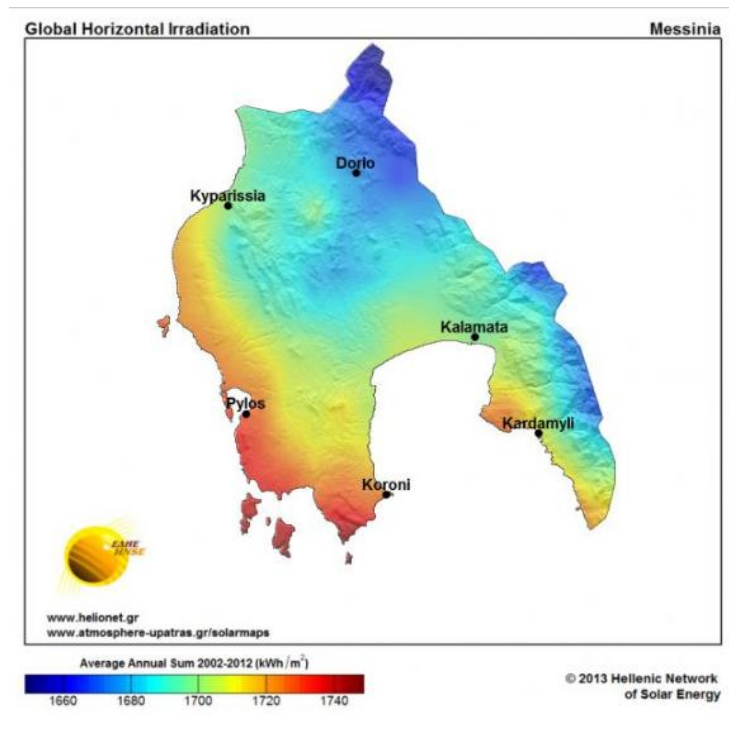
5.3 Ηλιακό Δυναμικό της περιοχής

Πηγή της ενέργειας μας είναι η ηλιακή ακτινοβολία και τελικός καταναλωτής είναι το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι απολαβές από τα φωτοβολταϊκά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν, εξαρτώνται άμεσα και από τα κλιματολογικά δεδομένα του χώρου εγκατάστασης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται ενδεικτικά παραγωγές ενέργειας ανά έτος και ανά εγκατεστημένο kWp για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου με σταθερές βάσεις.

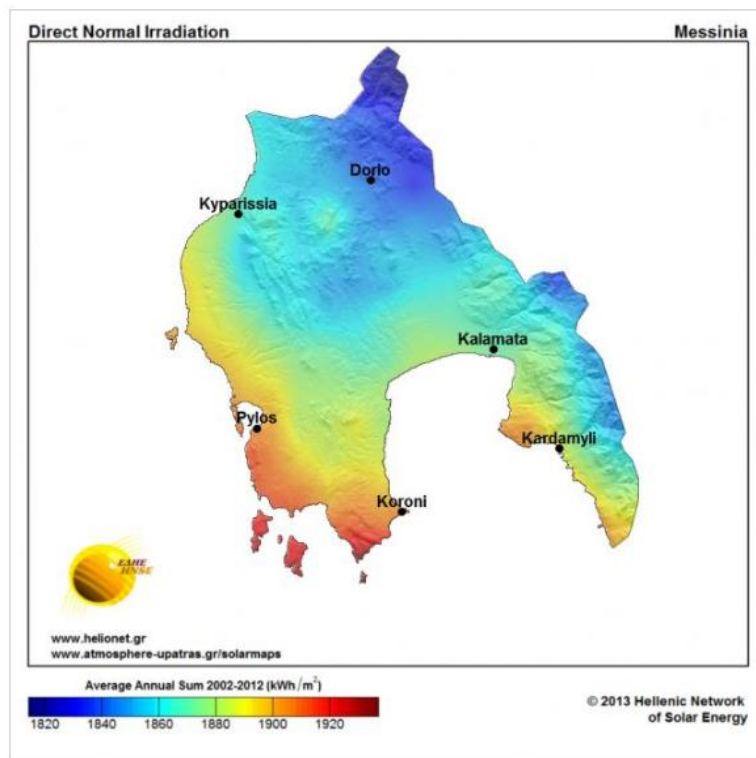


ΕΙΚΟΝΑ 41 : Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές της Ελλάδας. Πηγή : ΣΕΦ

Στους επόμενους χάρτες βλέπουμε την ολική αλλά και την άμεση ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στον νομό Μεσσηνίας.



ΕΙΚΟΝΑ 42 : Ολική ηλιακή ενέργεια νομού Μεσσηνίας. (Πηγή : <http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps>, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012)



ΕΙΚΟΝΑ 43 : Άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια νομού Μεσσηνίας. (Πηγή : <http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps>, Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012)

Οι παραπάνω χάρτες δίνουν αρκετά ξεκάθαρα πολλά δεδομένα καθώς, συνδυάζονται δορυφορικές μετρήσεις της ηλιακής ενέργειας με δορυφορικές εικόνες της νέφωσης και δεδομένα των ατμοσφαιρικών αιωρημάτων. Στους χάρτες αυτούς παρουσιάζεται η ολική ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια και η άμεση προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια που είναι κάθετη στην ακτινοβολία που έρχεται απευθείας από τον ήλιο.

Μελετώντας τους χάρτες αυτούς είναι φανερό πως το σημείο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου έχει ένα ικανοποιητικό δυναμικό συνεχούς ηλιοφάνειας. Επίσης από τον πρώτο χάρτη φαίνεται ξεκάθαρα πως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα είναι αρκετά μεγάλη στην περιοχή αυτή. Επομένως εκ πρώτης όψεως η εγκατάσταση του πάρκου μπορεί να χαρακτηριστεί ως συμφέρουσα και επικερδής.

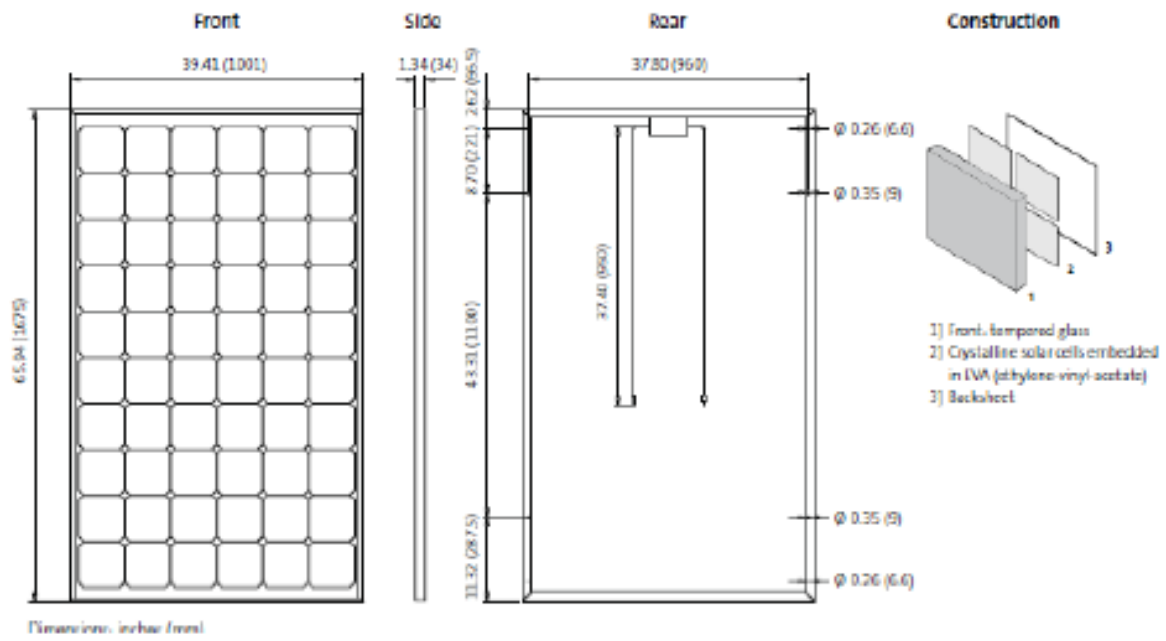
Εδώ θα πρέπει να επισημανθεί πως η ύπαρξη φυσικών εμποδίων (π.χ δέντρα) παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην επίτευξη της μέγιστης δυνατής παραγωγής ισχύος από τα πάνελ. Έτσι τα πάνελ εκτός από τον νότιο προσανατολισμό που θα πρέπει να έχουν, θα πρέπει να εγκατασταθούν και σε χώρο ο οποίος είναι ‘καθαρός’ από φυσικά εμπόδια και σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ των διαδοχικών σειρών (strings) έτσι ώστε να αποφεύγεται η παρεμπόδιση.

5.4 Φωτοβολταϊκά πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν

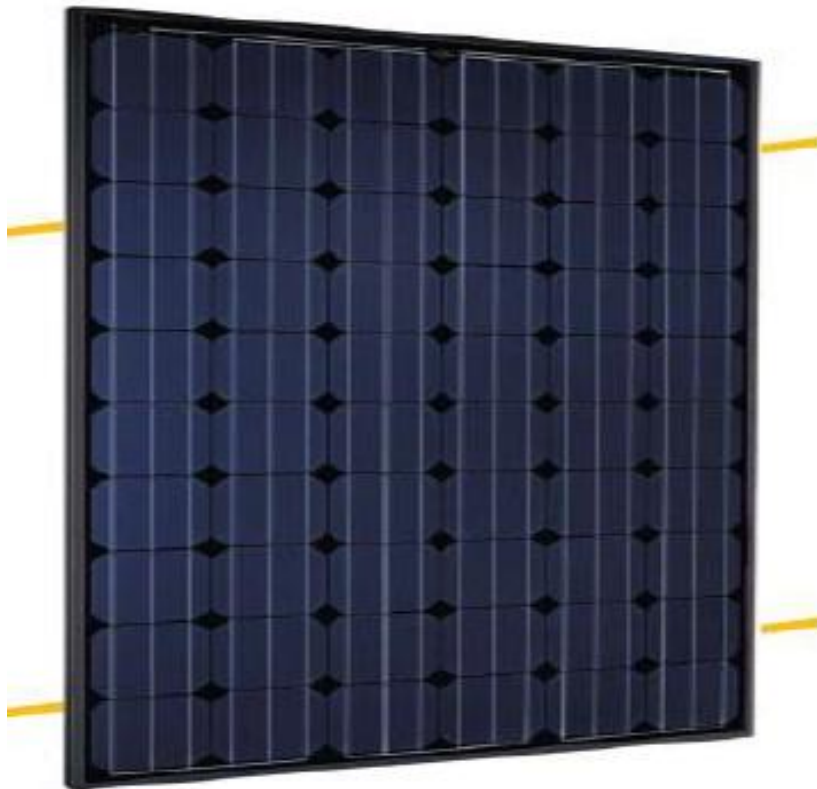
Η επιλογή των φωτοβολταϊκών πάνελ που θα χρησιμοποιηθούν για μια τέτοια εγκατάσταση, γίνεται κατόπιν έρευνας. Η έρευνα αυτή είναι συνήθως έρευνα κόστους ωστόσο λαμβάνονται και άλλοι παράγοντες υπόψη όπως ονομαστική ισχύς των πάνελ, ονομαστικά ρεύματα, αξιοπιστία κ.α.

Τα πάνελ τα οποία επιλέχθηκαν για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι τεχνολογίας μονοκρυσταλλικού πυριτίου και ονομαστικής ισχύος 225 Wp. Οι διαστάσεις τους είναι οι εξής : 1675 x 1001 και έχουν βάρος 22 kg. στην επιφάνεια τους φέρουν 60 κυψέλες (6 x 10) οι οποίες είναι συνδεδεμένες με ράγες ηλεκτροδίων και μεταφέρουν την παραγόμενη ισχύ μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Οι κυψέλες είναι ενσωματωμένες με μια προστατευτική μεμβράνη αιθυλενίου βινυλίου και οξικού άλατος.

Για να εξασφαλίζεται η ορθή και αξιόπιστη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος υπάρχει ένα κουτί διανομής στο πίσω μέρος του πλαισίου το οποίο είναι εφοδιασμένο με τρεις εισόδους bypass για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση μεμονωμένων κυψελών. Επίσης στο πίσω μέρος τους έχουν στεγανοποιημένα καλώδια τύπου solar και βαθμού προστασίας IP 65 για την επίτευξη της επιθυμητής ισχύος και τη διασύνδεση των πάνελ. Το σχεδιάγραμμα του φωτοβολταϊκού πάνελ παρουσιάζεται παρακάτω.



ΕΙΚΟΝΑ 44 : Εμπρόσθιο και οπίσθιο διάγραμμα του πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί



ΕΙΚΟΝΑ 45 : Το φωτοβολταϊκό πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάνελ

SUNMODULE SW 225W	
STC	
MAXIMUM POWER	225 Wp
OPEN CIRCUIT VOLTAGE	37.3 V
MAXIMUM POWER POINT VOLTAGE	29.7 V
SHORT CIRCUIT CURRENT	813 A
MAXIMUM POWER POINT CURRENT	759 A
PERFORMANCE AT 800 W/m² NOCT	
MAXIMUM POWER	163 Wp
OPEN CIRCUIT VOLTAGE	33.7 V
MAXIMUM POWER POINT VOLTAGE	26.8 V
SHORT CIRCUIT CURRENT	6.56 A
MAXIMUM POWER POINT CURRENT	6.07 A
COMPONENT MATERIALS	
CELLS PER MODULE	60
CELL TYPE	Monocrystalline silicon
CELL DIMENSIONS	156 X 156 mm ²
THERMAL CHARACTERISTICS	
NOCT	46° C
TC I _{DC}	0.042 %/K
TC V _{DC}	-0.33 %/K
TC P _{MAX}	-0.45 %/K

Πίνακας 1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάνελ

5.5 Ηλεκτρονικός αντιστροφέας που θα χρησιμοποιηθεί

Η επιλογή του αντιστροφέα γίνεται και αυτή βάσει οικονομικών κριτηρίων, βαθμού απόδοσης, strings που διαθέτουν, ονομαστικής ισχύος, ρευμάτων και άλλων παραγόντων.

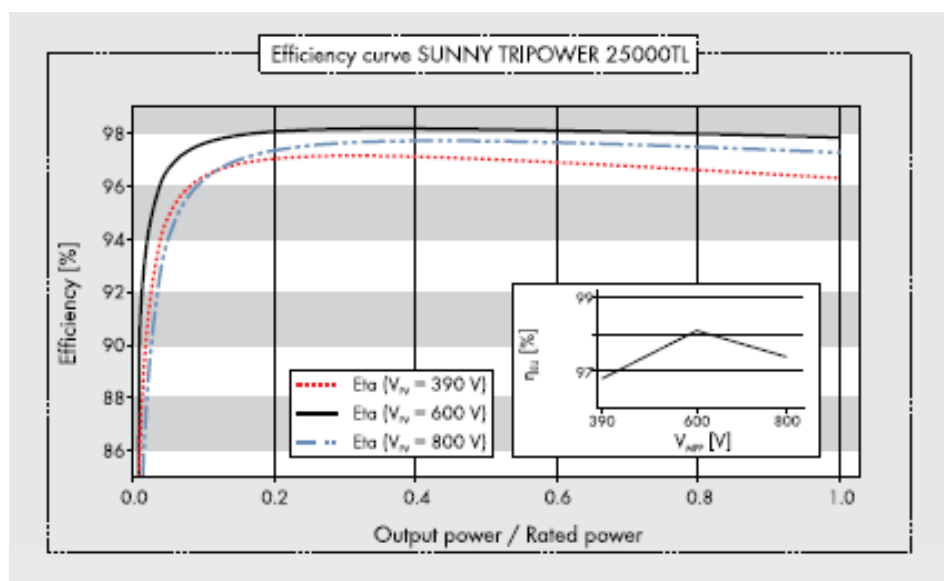
Ο αντιστροφέας που επελέγη για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου είναι ο SUNNY TRIPOWER 20000TL από την SMA η οποία είναι εταιρία Γερμανικού οίκου. Αυτός ο αντιστροφέας έχει μέγιστη ονομαστική ισχύ 20440 W. Επομένως θα χρειαστούν 5 ίδιοι αντιστροφείς αφού θέλουμε να εγκαταστήσουμε φωτοβολταϊκό πάρκο της τάξεως των 95 kW.

Είναι ιδανικός αντιστροφέας για μεγάλης κλίμακας εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Έχει βαθμό απόδοσης 98,4% και προσφέρει υψηλές αποδόσεις με ευελιξία στο σχεδιασμό και τη συμβατότητα με πολλές φωτοβολταϊκές μονάδες με μεγάλο εύρος τάσης εισόδου και δυνατότητες πολλαπλών στοιχειοσειρών. Οι βλάβες μπορούν να εντοπιστούν κατευθείαν μέσω της οθόνης ενδείξεων του αντιστροφέα. Με βαθμό απόδοσης πάνω από 98% σημαίνει ότι το ρεύμα που μπορεί να παραχθεί από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρικό ρεύμα σε αναλογία σχεδόν 1 προς 1, το οποίο είναι κατάλληλο για το ρεύμα του δικτύου και την τροφοδοσία του.



ΕΙΚΟΝΑ 46 : Ηλεκτρονικός αντιστροφέας Sunny tripower 20000TL

Τα χαρακτηριστικά και η καμπύλη απόδοσης του μετατροπέα παρουσιάζονται παρακάτω :



ΕΙΚΟΝΑ 47 : Καμπύλη απόδοσης μετατροπέα

Technical Data	Sunny Tripower 20000TL
Input (DC) Input (DC)	
Max. DC power (@ cos φ = 1)	20440 W
Max. input voltage	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	320 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3
Output (AC)	
Rated power (@ 230 V, 50 Hz)	20000 W
Max. AC apparent power	20000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
Nominal AC voltage range	160 V to 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz to +5 Hz
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V
Max. output current	29 A
Power factor at rated power	1
Adjustable displacement power factor	0 overexcited to 0 underexcited
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European Efficiency	98.4 % / 98.0 %
Protective devices	
DC side disconnection device	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●
DC surge arrester (type II) can be integrated	○
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●
Protection class (according to IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / III
General data	
Dimensions (W / H / D)	665 / 690 / 265 mm [26.2 / 27.2 / 10.4 inch]
Weight	61 kg (134.48 lb)
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)
Noise emission (typical)	51 dB(A)
Self-consumption (at night)	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %

Πίνακας 2 : Τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέα sunny tripower 20000TL

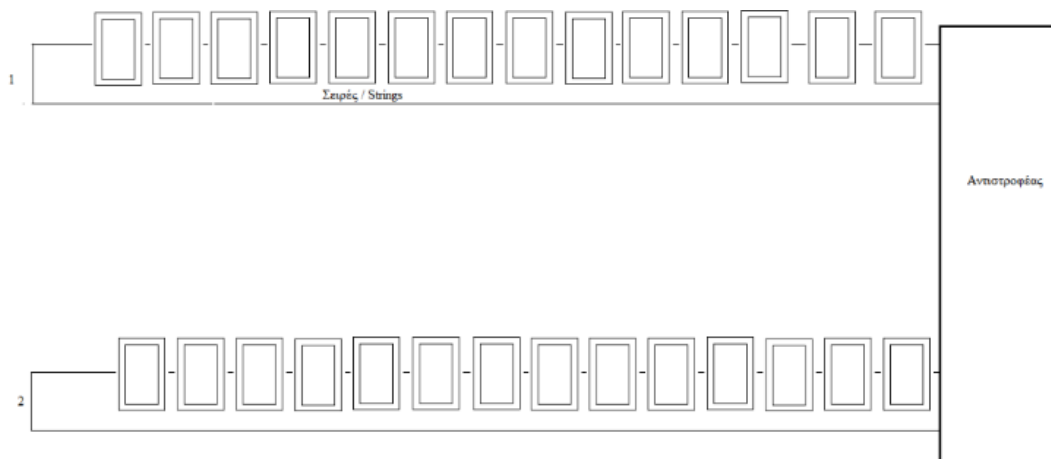
5.6 Ηλεκτρολογική μελέτη εγκατάστασης

Το πάρκο που θέλουμε να εγκαταστήσουμε έχει προεπιλεγμένη ισχύ 95 kWp. Τα πάνελ που επιλέχθηκαν έχουν ισχύ 225 Wp. Το πηλίκο της διαίρεσης της συνολικής ισχύος διαιρούμενο με την ισχύ των πάνελ ισούται με 422,2. ($95000 / 225 = 422,22$) Επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν 420 πάνελ.

Αφού η προεπιλεγμένη ισχύς είναι 95000 Wp, θα χρησιμοποιηθούν 5 ίδιοι αντιστροφείς για την εγκατάσταση αυτή. Επομένως $420 \text{ πάνελ} / 5 \text{ αντιστροφείς} = 84 \text{ πάνελ ανά αντιστροφήα}$.

Κάθε αντιστροφήας των 20000 W όπως βλέπουμε και από τον παραπάνω πίνακα μπορεί να έχει 6 σειρές πανέλων. (Number of independent MPP inputs / strings per MPP unit $\rightarrow 2 / A:3 B:3$). Άρα ισχύει ότι 84 πάνελ που έχει κάθε αντιστροφήας διαιρούμενα με τις 6 σειρές (strings) ισούται με 14 πανέλα ανά σειρά (string).

Για να γίνει επαλήθευση τώρα ότι ένας αντιστροφήας μπορεί να αντέξει 84 πάνελ έχουμε : $84 \text{ πάνελ ανά αντιστροφήα} \times 225 \text{ Wp} = 18900 \text{ Wp}$ που είναι η ονομαστική ισχύς του κάθε πάνελ ισούται με 18900 Wp. Το νούμερο που προέκυψε είναι μικρότερο συγκρίνοντας το με το 20440 Wp που είναι η ονομαστική ισχύς του αντιστροφήα. ($18900 \text{ Wp} < 20440 \text{ Wp}$).



ΕΙΚΟΝΑ 48 : Σχηματική απεικόνιση του αντιστροφήα με τις 6 σειρές, σε καθεμία από τις οποίες είναι τοποθετημένα 14 πάνελ

Για κάθε σειρά (string) ισχύει ότι, το MPP του πάνελ ισούται με 29,7 V όπως βλέπουμε και από τα στοιχεία του . Και για 14 πάνελ που υπάρχουν σε κάθε σειρά ισχύει ότι : $14 \times 29,7 = 415,8 \text{ V}$. Έτσι η κάθε σειρά (string) έχει MPP = 415.8 V το οποίο ικανοποιεί απολύτως την κλίμακα MPP από τα χαρακτηριστικά του αντιστροφήα. (MPP voltage range / rated input voltage $\rightarrow 320\text{V to } 800\text{V} / 600\text{V}$).

5.7 Μελέτη χωροθέτησης εγκατάστασης

Στο σημείο αυτό θα γίνει η μελέτη της εγκατάστασης στο χώρο και θα διαπιστωθεί το κατά πόσο είναι δυνατό να εφαρμοστούν οι υπολογισμοί που έγιναν προηγουμένως και να χρησιμοποιηθούν τα υλικά που επιλέχθηκαν.

Για να πραγματοποιηθεί αυτή η μελέτη θα πρέπει να είναι γνωστά τα εξής χαρακτηριστικά :

A. Οι διαστάσεις των φωτοβολταϊκών πάνελ που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι διαστάσεις εμφανίζονται σε προηγούμενο σημείο όπου γίνεται η επιλογή των πάνελ και είναι 1671 x 1001 mm ή 1,671 x 1.001 m.

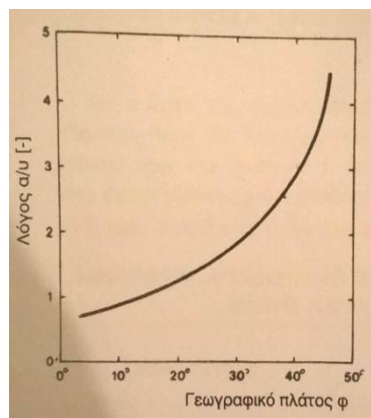
B. Οι διαστάσεις του οικοπέδου όπου θα γίνει η εγκατάσταση. Στην αρχή του κεφαλαίου έγινε αναφορά στις διαστάσεις του οικοπέδου οι οποίες είναι 2 στρεμμάτων (20 x 100m).

Γ. Το μέρος όπου θα γίνει η εγκατάσταση. Το μέρος όπου θα γίνει η εγκατάσταση βρίσκεται στον νομό Μεσσηνίας και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Καλαμάτας. Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου το γεωγραφικό πλάτος του σημείου είναι ίσο με $\varphi = 37^\circ$.

Έχει μεγάλη σημασία η καλύτερη δυνατή τοποθέτηση των πάνελ. Πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες με κυριότερους εξ' αυτών την καλύτερη αξιοποίηση του χώρου και την ανεμπόδιστη λειτουργία των φωτοβολταϊκών πάνελ. Έτσι πρέπει να τοποθετηθούν σε τέτοια απόσταση που να μην επηρεάζει η μία σειρά την απόδοση της άλλης.

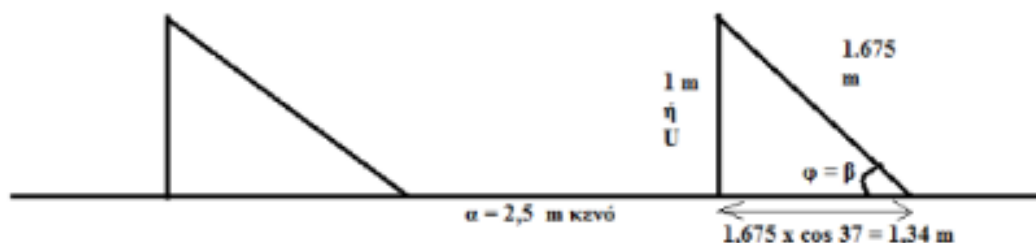
Πρώτα υπολογίζεται η προβολή επί του εδάφους η οποία ισούται με $1,671 \times \cos 37^\circ = 1,34$ m. Έπειτα υπολογίζεται η κατακόρυφη απόσταση από το έδαφος η οποία ισούται με $U = 1,671 \times \sin 37^\circ = 1$ m.

Μέσω του διαγράμματος που ακολουθεί αποφασίζεται το κενό (α) μεταξύ των πάνελ και είναι ο λόγος a / u .



EIKONA 49 : Καμπύλη του λόγου της ελεύθερης απόστασης a μεταξύ δύο γειτονικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων προς την επικάλυψη του ύψους u , σε συνάρτηση με γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου

Μέσω του διαγράμματος αυτού αποφασίζεται πως το κενό δύο γειτονικών σειρών φωτοβολταϊκών πλαισίων θα είναι 2,5 μέτρα. Προσθέτοντας τον αριθμό α με τον αριθμό της προβολής επί του εδάφους προκύπτει ότι, μόλις τοποθετηθεί μια σειρά από φωτοβολταϊκά πάνελ θα πρέπει μετά από 3,84 μέτρα να τοποθετηθεί η επόμενη ($2,5 + 1,34 = 3,84$ μέτρα).



ΕΙΚΟΝΑ 50 : Σχηματική απεικόνιση δύο σειρών από φωτοβολταϊκά πάνελ και της απόστασης μεταξύ τους

Τέλος, και αφού αποφασίστηκε ποια θα είναι η απόσταση ανάμεσα στις φωτοβολταϊκές σειρές πρέπει να γίνει και η διαστασιολόγηση τους σε συνάρτηση με ολόκληρο το οικόπεδο του οποίου οι διαστάσεις είναι 20 x 100 μέτρα.

Επομένως παίρνοντας τις διαστάσεις μήκους του φωτοβολταϊκού πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί (1,001 μέτρα) έχουμε : $100 / 1,001 = 99,9$, αποφασίζεται ότι θα τοποθετηθούν 99 φωτοβολταϊκά πάνελ κατά μήκος του χώρου.

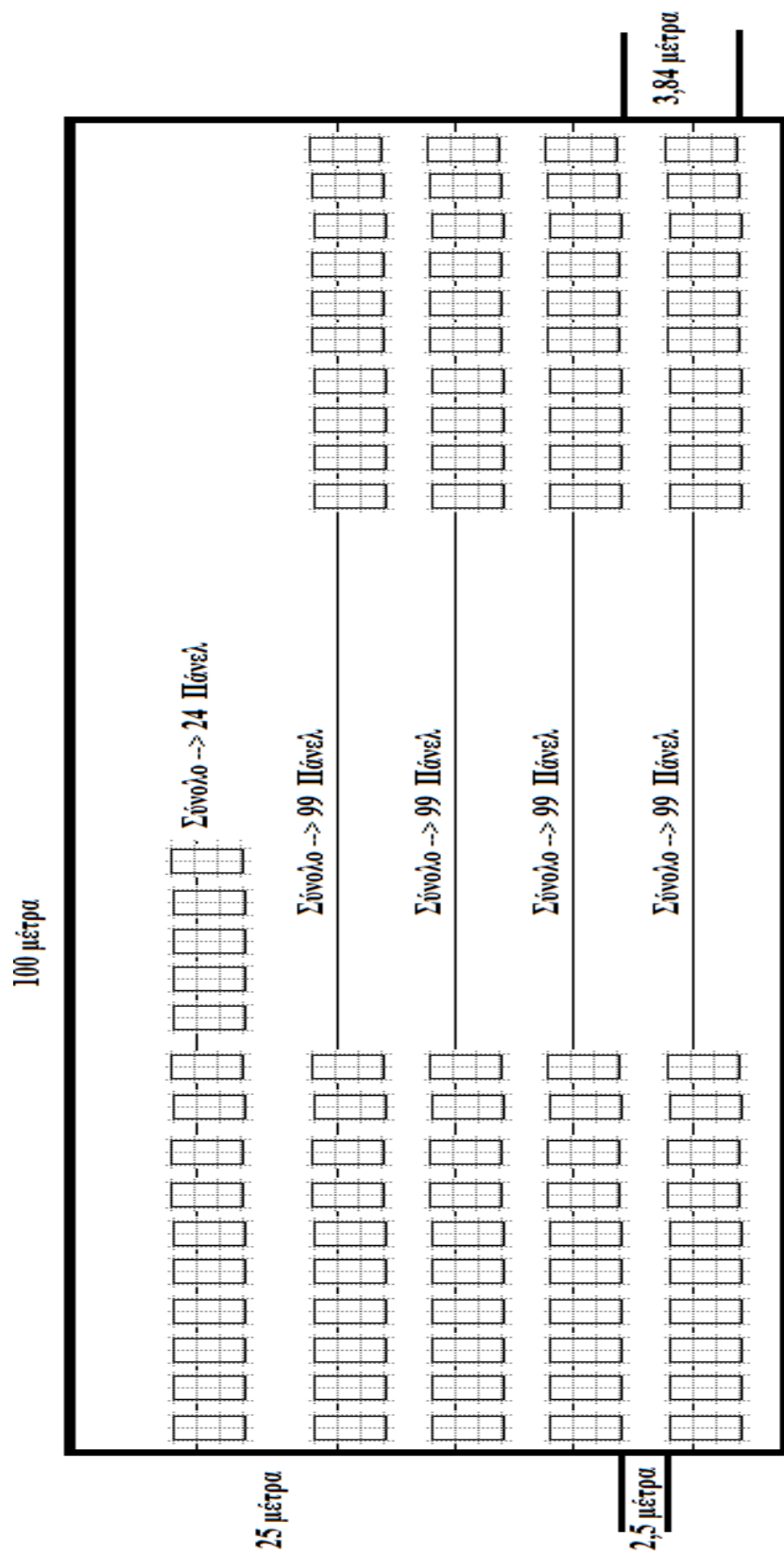
Συνολικά και λαμβάνοντας υπόψη την ηλεκτρολογική μελέτη που έγινε προηγουμένως, διαθέτονται 420 φωτοβολταϊκά πάνελ. Άρα 420 πάνελ διαιρούμενα με 99 πάνελ που τοποθετούνται κατά μήκος του χώρου ισούται με 4,24. Οπότε χρειάζονται 4 σειρές φωτοβολταϊκών πλαισίων συνυπολογίζοντας και τα κενά από την επόμενη και μια σειρά ακόμα από 24 φωτοβολταϊκά πάνελ στο τέλος χωρίς κενό.

Θα πρέπει να ισχύει ότι, το αποτέλεσμα των τεσσάρων σειρών επί τη συνολική απόσταση τους από την επόμενη σειρά, συν άλλη μια σειρά φωτοβολταϊκών πλαισίων χωρίς να υπολογίζεται το κενό από την επόμενη (1,34 μέτρα) είναι μικρότερο από το ύψος το οικοπέδου το οποίο είναι 20 μέτρα.

$$4 \times 3.85 + 1.34 = 16.74 \text{ m.}$$

Το αποτέλεσμα αυτό καλύπτει τη συνθήκη που τέθηκε και έτσι το οικόπεδο μπορεί να φιλοξενήσει μια τέτοια εγκατάσταση και από ηλεκτρολογικής απόψεως αλλά και από χωροθετικής.

Η κάτοψη του χώρου με τοποθετημένα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια φαίνεται παρακάτω.



ΕΙΚΟΝΑ 51 : Σχηματική απεικόνιση κάτοψης χώρου εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου

5.8 Σύστημα στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα η ιδανική τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων για να έχουν μέγιστη απόδοση πρέπει να είναι 30° ως προς το Νότο. Στην συγκεκριμένη τοποθεσία υπάρχει αυτή η δυνατότητα και όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν γίνει βάσει αυτής της παραμέτρου.

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

ΕΙΚΟΝΑ 52 : Μεταβολή της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για απόκλιση τοποθέτησης ως προς τις βέλτιστες συνθήκες

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια λοιπόν θα τοποθετηθούν πάνω σε ένα σύστημα αλουμινίου με σταθερές βάσεις με τη μέθοδο της εδαφόμπτυξης. Το σύστημα αυτό πρέπει να φέρει όλες τις απαραίτητες πιστοποιήσεις αλλά και τις απαραίτητες αντοχές σε ανεμοπιέσεις και φορτία. Η απόσταση κάθε φωτοβολταϊκής σειράς από την επόμενη θα είναι όπως υπολογίστηκε προηγουμένως δηλαδή 3,84 μέτρα, συνυπολογίζοντας την προβολή επί του εδάφους κάθε πλαισίου και το κενό ανάμεσα στις φωτοβολταϊκές σειρές.



ΕΙΚΟΝΑ 53 : Σύστημα στήριξης φωτοβολταϊκών πλαισίων

5.9 Καλωδιώσεις

Για ένα τέτοιο εγχείρημα, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αρκετές καλωδιώσεις. Πρώτον θα πρέπει να συνδεθεί κάθε σειρά φωτοβολταϊκών στοιχείων με τον αντιστροφέα. Έπειτα θα πρέπει να μεταφέρεται η παραγόμενη ισχύς από τους αντιστροφείς στον κεντρικό πίνακα. Και τέλος θα πρέπει να γίνεται και η μεταφορά της ισχύος από τον κεντρικό πίνακα στο δίκτυο όπου είναι συνδεδεμένη η εγκατάσταση. Οι καλωδιώσεις που θα χρησιμοποιούνται θα πρέπει να είναι συνεχούς ρεύματος και τάσης αλλά και εναλλασσόμενου.

- **DC καλωδίωση**

Αυτή η καλωδίωση χρησιμοποιείται για την αλληλοσύνδεση κάθε σειράς (string) φωτοβολταϊκών πλαισίων με τον αντιστροφέα που επιλέχθηκε. Άρα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εύκαμπτα καλώδια με μόνωση και ο μανδύας τους να είναι φτιαγμένος από ελαστικό υψηλής αντοχής. Τα καλώδια πρέπει να ακολουθούν τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί κατά ΕΛΟΤ 623,4 και HD 22,4. Για τον σκοπό αυτό επιλέγεται το καλώδιο DC Solar 1x6mm² όπου ενδείκνυται για χρήση σε τόπους ξηρούς, βρεγμένους ή υγρούς στο ύπαιθρο.



ΕΙΚΟΝΑ 54 : Καλώδιο DC Solar 1 x 6mm²

Η καλωδίωση αυτή θα πρέπει να ακολουθεί τη φορά είτε της μίας είτε της άλλης πολικότητας και θα πρέπει να είναι τοποθετημένα ανά ζευγάρια, διασυνδέοντας κατά σειρά τα πλαίσια πριν καταλήξουν στην είσοδο του αντιστροφέα.

- **AC καλωδίωση**

Η συγκεκριμένη καλωδίωση χρησιμοποιείται για να μεταφέρεται η παραγόμενη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων από τους αντιστροφείς στον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασης. Θυμίζεται πως ο κυριότερος ρόλος των αντιστροφέων εκτός των άλλων είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πάνελ σε εναλλασσόμενη. Επομένως για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται η AC καλωδίωση στον συγκεκριμένο τομέα. Τα καλώδια που θα επιλεγούν θα είναι τύπου H07RN-F με διατομή 3 x 25mm². Το συγκεκριμένο καλώδιο διατηρεί τις απώλειες από την μεταφορά της ισχύος χαμηλότερες από 2%. Είναι ανθεκτικά σε όλες τις καιρικές συνθήκες πράγμα το οποίο ενδιαφέρει πάρα πολύ. Εξωτερικά είναι φτιαγμένα από λάστιχο χλωροπρενίου ενώ εσωτερικά έχουν μόνωση από λάστιχο. Ο αγωγός τους είναι φτιαγμένος από χαλκό είναι πολύκλωνος και λεπτός και προσφέρει υψηλή αγωγιμότητα και ελαστικότητα. Μπορούν να εργαστούν σε θερμοκρασιακές συνθήκες από -30° C έως +60° C.



ΕΙΚΟΝΑ 55 : Καλώδιο τύπου H07RN-F 3x25mm²

Όλα τα καλώδια που επιλεγήκαν για αυτόν τον σκοπό θα εγκατασταθούν μέσα σε μεταλλικές σχάρες διατομής 200x60 mm.

- **AC καλωδίωση ισχύος**

Ο συγκεκριμένος τύπος καλωδίωσης χρησιμοποιείται για την μεταφορά της παραγόμενης ισχύος του φωτοβολταϊκού πάρκου από τον κεντρικό πίνακα της εγκατάστασης στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα καλώδια αυτά θα μεταφέρουν ποσότητες μεγάλης ισχύος, επομένως επιλέγεται καλώδιο XLPE PVC / SWA / PVC το οποίο θα έχει διατομή 3x120mm² + 1x95mm²+ 1x95mm². Για να επιτευχθεί χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος και άρα καλύτερη δυνατή συμπεριφορά αγωγιμότητας το συγκεκριμένο καλώδιο θα πρέπει να ενταφιαστεί σε βάθος περίπου 80 εκατοστών και να βρίσκεται μέσα σε στρώμα άμμου. Μπορούν να εργαστούν σε θερμοκρασιακές συνθήκες από -15° C έως +90° C. Έχει μόνωση αγωγών από XLPE ενώ οι αγωγοί του είναι πολύκλωνοι και φτιαγμένοι από καθαρό χαλκό. Η εσωτερική τους μόνωση είναι από PVC, ενώ ο σπλισμός τους είναι από γαλβανισμένα ατσάλινα σύρματα.



ΕΙΚΟΝΑ 56 : Καλώδιο τύπου XLPE PVC/SWA/PVC για την μεταφορά μεγάλης ισχύος

5.10 Κεντρικός πίνακας εγκατάστασης

Ο ηλεκτρικός πίνακας αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της εγκατάστασης γενικότερα. Ο κεντρικός πίνακας αναλαμβάνει την διαδικασία συγκέντρωσης των AC καλωδίων που προέρχονται από τους αντιστροφείς. Μέσω ενός μικροαυτόματου διακόπτη στόχος τους είναι να τα ομαδοποιήσει σε τρεις φάσεις που οδηγούνται στον γενικό διακόπτη του πίνακα. Στον γενικό διακόπτη του πίνακα συνδέεται το κεντρικό καλώδιο σύνδεσης του μετρητή. Το κέλυφος του πίνακα πρέπει να είναι ανοξειδωτο και να προσφέρει μεγάλο βαθμό προστασίας. Επίσης η είσοδος των καλωδίων πρέπει να είναι απολύτως στεγανή. Αυτό γίνεται με την προσαρμογή πλακέτας με στυπιοθλίπτες.



ΕΙΚΟΝΑ 57 : Τριφασικός πίνακας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

5.11 Σύστημα γείωσης προστασίας

Η γείωση προστασίας έχει σαν σκοπό τον μηδενισμό της πιθανότητας να τεθεί υπό κατάσταση ηλεκτρικού δυναμικού αγώγιμη επιφάνεια με την οποία μπορεί να έρθει σε επαφή ο άνθρωπος. Έτσι όλες οι αγώγιμες επαφές που βρίσκονται απροστάτευτες πρέπει να συνδεθούν άμεσα ή έμμεσα με το σύστημα γείωσης της εγκατάστασης με απόληξη γείωσης.

Οι μεταλλικές επιφάνειες των βάσεων, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, οι σχάρες στις οποίες θα οδεύουν οι καλωδιώσεις, η μπάρα γείωσης του κεντρικού πίνακα και η ισοδυναμική γείωση των σειρών (strings) του πάρκου θα πρέπει να είναι όλα γειωμένα μέσω τριγώνου γείωσης.

Το τρίγωνο αυτό θα αποτελείται από τρία ηλεκτρόδια κάθετα στη γή τα οποία θα σχηματίζουν ένα ισόπλευρο τρίγωνο. Το τρίγωνο θα συμπληρώνεται με μια θερμογαλβανισμένη πλάκα από χάλυβα.

5.12 Οικονομικές και ενεργειακές απολαβές από το εγχείρημα

Για να υπολογιστούν οι οικονομικές απολαβές ενός τέτοιου εγχειρήματος πρέπει να υπολογιστούν πολλοί παράγοντες. Για αρχή πρέπει να υπολογιστεί η ανοχή ισχύος της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Δηλαδή πόση πραγματική ισχύ μπορεί να δώσει μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια ή ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Στην περίπτωση της συγκεκριμένης μελέτης και για ένα πλαίσιο ισχύος 225Wp η ανοχή ισχύος είναι -0/+5%. Ο ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του 98%. Ο βαθμός αυτός του αντιστροφέα αξιολογεί τη συμπεριφορά του σε διάφορα σημεία της καμπύλης απόδοσης του. Η τιμή αυτή είναι πολύ περισσότερο αξιόπιστη από τη μέγιστη απόδοση του αντιστροφέα. Επίσης στη μελέτη αυτή πρέπει να συμπεριληφθούν και οι απώλειες λόγω σκόνης ή κάλυψης της επιφάνειας των πλαισίων. Οι απώλειες αυτές αγγίζουν το 2%. Επίσης πρέπει να υπολογιστούν και τυχόν απώλειες διαθεσιμότητας, δηλαδή απώλειες που οφείλονται σε κάποια βλάβη του συστήματος. Υπολογίζονται σε ημέρες ανά ημερολογιακό έτος για την συγκεκριμένη εγκατάσταση είναι 4 ημέρες ανά έτος.

Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη η τοποθεσία που βρίσκεται το φωτοβολταϊκό πάρκο., η στήριξη των πάνελ, ο προσανατολισμός του χώρου, η κλίση του συστήματος και η συνολική ονομαστική ισχύς όλων των φωτοβολταϊκών πλαισίων της εγκατάστασης. Η τοποθεσία που βρίσκεται το πάρκο αυτό είναι η Καλαμάτα του νομού Μεσσηνίας. Η στήριξη των φωτοβολταϊκών πλαισίων γίνεται με σταθερές βάσεις αλουμινίου και ο προσανατολισμός του χώρου είναι Νότιος με ιδανική κλίση. Η ονομαστική ισχύς της εγκατάστασης υπολογίστηκε σε περίπου 95000 Wp.

Πρέπει να καθοριστεί επίσης η διάρκεια της σύμβασης με την εταιρία του δικτύου διανομής με την οποία θα συνδεθεί το φωτοβολταϊκό πάρκο. Η διάρκεια σύμβασης για φωτοβολταϊκά πάρκα καλύπτει 20 έτη. Η τιμή πώλησης κάθε παραγόμενης κιλοβατώρας (€ / kWh) καθορίστηκε στα 0,22801 € με την υπογραφή της σύμβασης. Σημαντικός παράγοντας υπολογισμού ωστόσο είναι και το κόστος εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου. Το κόστος εγκατάστασης του συγκεκριμένου πάρκου υπολογίστηκε περίπου 2200€ ανά κιλοβατώρα kWp. Το έργο υλοποιήθηκε με ιδιωτικά κεφάλαια. Επομένως το συνολικό κόστος της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου εκτιμήθηκε περίπου στις 209.000,00 €. Παρακάτω παρουσιάζονται οι χρηματικές απολαβές από την εγκατάσταση με το πέρας είκοσι ετών.

Πρώτο έτος				
Μήνας	Παραγωγή (kWh)	Παραγωγή (€)	Εξοδα (€)	Υπόλοιπο (€)
1ος	8.223	1.875	0	1.875
2ος	8.731	1.991	0	1.991
3ος	12.081	2.755	0	2.755
4ος	12.893	2.940	0	2.940
5ος	14.314	3.264	0	3.264
6ος	15.532	3.542	0	3.542
7ος	16.344	3.727	0	3.727
8ος	15.938	3.634	0	3.634
9ος	14.923	3.403	0	3.403
10ος	11.472	2.616	0	2.616
11ος	7.309	1.667	0	1.667
12ος	7.106	1.620	0	1.620
Σύνολο 1^{ου} έτους	144.866 kWh	33.031 €	209.000 €	-175.969 €
Σύνολο 2 ^{ου} έτους	143.417 kWh	32.701 € (65.731€)	0 € (0 €)	32.701 € (-143.269 €)
Σύνολο 3 ^{ου} έτους	141.983 kWh	32.374 € (98.105€)	0 € (0 €)	32.374 € (-110.895 €)
Σύνολο 4 ^{ου} έτους	140.563 kWh	32.050 € (130.155€)	0 € (0 €)	32.050 € (-78.845 €)
Σύνολο 5 ^{ου} έτους	139.158 kWh	31.729 € (161.884€)	0 € (0 €)	31.729 € (-47.116 €)
Σύνολο 6 ^{ου} έτους	137.766 kWh	31.412 € (193.296€)	0 € (0 €)	31.412 € (-15.704 €)
Σύνολο 7 ^{ου} έτους	136.388 kWh	31.098 € (224.394€)	0 € (0 €)	31.098 € (15.394 €)
Σύνολο 8 ^{ου} έτους	135.025 kWh	30.787 € (255.181€)	0 € (0 €)	30.787 € (46.181 €)
Σύνολο 9 ^{ου} έτους	133.674 kWh	30.479 € (285.660€)	0 € (0 €)	30.479 € (76.660 €)
Σύνολο 10 ^{ου} έτους	132.338 kWh	30.174 € (315.835€)	0 € (0 €)	30.174 € (106.835 €)
Σύνολο 11 ^{ου} έτους	131.014 kWh	29.873 € (345.707€)	0 € (0 €)	29.873 € (136.707 €)
Σύνολο 12 ^{ου} έτους	129.704 kWh	29.574 € (375.281€)	0 € (0 €)	29.574 € (166.281 €)
Σύνολο 13 ^{ου} έτους	128.407 kWh	29.278 € (404.559€)	0 € (0 €)	29.278 € (195.559 €)
Σύνολο 14 ^{ου} έτους	127.123 kWh	28.985 € (433.544€)	0 € (0 €)	28.985 € (224.544 €)
Σύνολο 15 ^{ου} έτους	125.852 kWh	28.695 € (462.240€)	0 € (0 €)	28.695 € (253.240 €)
Σύνολο 16 ^{ου} έτους	124.593 kWh	28.409 € (490.648€)	0 € (0 €)	28.409 € (281.648 €)
Σύνολο 17 ^{ου} έτους	123.347 kWh	28.124 € (518.773€)	0 € (0 €)	28.124 € (309.773 €)
Σύνολο 18 ^{ου} έτους	122.114 kWh	27.843 € (546.616€)	0 € (0 €)	27.843 € (337.616 €)
Σύνολο 19 ^{ου} έτους	120.893 kWh	27.565 € (574.181€)	0 € (0 €)	27.565 € (365.181 €)
Σύνολο 20 ^{ου} έτους	119.684 kWh	27.289 € (601.470€)	0 € (0 €)	27.289 € (392.470 €)
Σύνολο 20αετίας	2.637.910 kWh	601.470 €	0 €	392.470 €

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Οικονομικές απολαβές του εγχειρήματος με το πέρας των 20 ετών της σύμβασης.(Πηγή : solar.com.gr)

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα το συνολικό αναμενόμενο κέρδος μετά το πέρας των είκοσι ετών της συμβάσεως που έχει υπογραφεί, θα είναι της τάξης των 392.470 € ενώ οι παραγόμενες κιλοβατώρες του φωτοβολταϊκού πάρκου για 20 χρόνια αναμένονται να είναι περίπου 2.637.910 kWh.

Φαίνεται επίσης, πως η απόσβεση του κόστους της εγκατάστασης θα διαρκέσει έξι έτη. Από τον έβδομο χρόνο και έπειτα το φωτοβολταϊκό πάρκο θα παρουσιάζει καθαρό κέρδος.

Ωστόσο στους υπολογισμούς αυτούς δεν αναφέρονται τα κόστη συντήρησης του πάρκου ούτε οι επιδιορθώσεις σε περίπτωση βλάβης. Τα ποσά αυτά καλό είναι να συνυπολογίζονται αν και δεν αποτελούν σημαντικό μέγεθος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα και προοπτικές

Το ενεργειακό πρόβλημα είναι πλέον μεγάλο στον πλανήτη και η αντιμετώπιση του κρίνεται αναγκαία. Επίσης οι ρύποι που παράγουν οι ορυκτοί πόροι ενέργειας μέσω της εξόρυξης τους είναι πάρα πολλοί και συμβάλλουν αρνητικά στο κλιματικό πρόβλημα του πλανήτη και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι ο άνθρωπος προσπάθησε να βρει λύση στο πρόβλημα αυτό, αλλά και στην εξοικονόμηση των ορυκτών πόρων, κάνοντας στροφή στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί την κυριότερη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Είναι πρακτικά ανεξάντλητη και μπορεί να δώσει τεράστια ποσά ενέργειας η οποία μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Χρησιμοποιώντας τα φωτοβολταϊκά συστήματα ο άνθρωπος μπορεί να καλύψει ένα μεγάλο μέρος των καθημερινών του ενεργειακών αναγκών.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα κερδίζουν συνεχώς έδαφος στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορούν να ενσωματωθούν σε πολλές εγκαταστάσεις όπως κτίρια, βιομηχανικά εργοστάσια και να βοηθήσουν πραγματικά στην αποσυμφόρηση του ηλεκτρικού δικτύου.

Η τεχνολογία τους αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς και τα φωτοβολταϊκά συστήματα αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο σε κάθε χώρα η οποία θέλει να έχει ένα αξιοπρεπές ενεργειακό πλάνο και σχέδιο για την καταπολέμηση του ενεργειακού προβλήματος.

Το κύριο αντικείμενο της εργασίας αυτής αφορούσε την μελέτη εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου. Έγινε γνωριμία με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο και τη φωτοβολταϊκή τεχνολογία και πως μέσω αυτής μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης έγινε περιγραφή της αρχής λειτουργίας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και περιγραφή των κύριων στοιχείων που χρειάζονται για την δημιουργία μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με σταθερές βάσεις. Το δεύτερο μέρος της εργασίας (κεφάλαιο 5^ο), αφορούσε ένα παράδειγμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου 95 kWp και έγινε περιγραφή όλων των διαδικασιών για την ολοκλήρωσή του. Αναφέρονται επίσης και οι οικονομικές και ενεργειακές απολαβές από το εγχείρημα.

Γενικά τα οφέλη από μια τέτοια εγκατάσταση είναι αρκετά και τα κίνητρα που προσφέρουν πλέον οι κυβερνήσεις μέσω επιδοτήσεων μεγάλα έτσι ώστε να ασχοληθεί όλο και περισσότερο ο κόσμος με την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Στόχος είναι κάποια στιγμή στο μέλλον η ηλιακή ενέργεια να αποτελεί την κύρια μορφή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα καθαρό και βιώσιμο περιβάλλον.

6.2 Παράρτημα

Στο σημείο αυτό βρίσκεται ένα παράρτημα με φωτογραφίες από άλλα φωτοβολταϊκά πάρκα και στα οφέλη που αποκομίζουν οι γύρω περιοχές από αυτά.



ΕΙΚΟΝΑ 58 : Φωτοβολταϊκό πάρκο Τοπάς στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Πηγή : www.newsbomb.gr

Το φωτοβολταϊκό πάρκο αυτό είναι το μεγαλύτερο στον κόσμο και αποτελείται από 9 εκατομμύρια φωτοβολταϊκά πλαίσια και είναι έκτασης 15,3 τετραγωνικών χιλιομέτρων. Έχει τεθεί σε λειτουργία και έχει την ικανότητα να παράγει 550MW που μπορούν να τροφοδοτήσουν περίπου 160000 σπίτια. Με ένα τέτοιο φωτοβολταϊκό πάρκο υπολογίζεται πως γλιτώνονται περίπου 377000 τόνοι διοξειδίου του άνθρακα ανά έτος.



ΕΙΚΟΝΑ 59 : Φωτοβολταϊκό πάρκο στην περιοχή του Μπορντό στη Γαλλία. Πηγή : www.energyin.gr

Το πάρκο αυτό αποτελεί το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό πάρκο της Γαλλίας και της Ευρώπης γενικότερα. Είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο της χώρας και έχει ονομαστική ισχύ 300 MW. Αποτελείται από 25 διαφορετικά τμήματα των 12 MW. Η προσφορά του στην περιοχή αναμένεται να είναι τεράστια καθώς είναι σε θέση να τροφοδοτήσει εκατοντάδες χιλιάδες σπίτια.



ΕΙΚΟΝΑ 60 : Φωτοβολταϊκό πάρκο στα Φάρσαλα. Στην φωτογραφία φαίνεται μόνο ένα μέρος του πάρκου. Πηγή <http://charikliavlachaki.blogspot.gr/>

Είναι το μεγαλύτερο φωτοβολταϊκό πάρκο στην Ελλάδα και γενικότερα στα Βαλκάνια. Έχει συνολική ονομαστική ισχύ 10MW και βρίσκεται στα Φάρσαλα. Είναι σε θέση να τροφοδοτήσει περίπου 11000 κατοικίες και έχει έκταση 195 στρεμμάτων. Για να δημιουργηθεί χρειάστηκαν 42500 φωτοβολταϊκά πλαίσια. Την πρώτη χρονιά της λειτουργίας του, υπολογίζεται πως απέτρεψε έκλυση σχεδόν 19000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα.



ΕΙΚΟΝΑ 61 : Φωτοβολταϊκό πάρκο στο αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος στα Σπάτα. Πηγή www.energypress.gr

Το φωτοβολταϊκό πάρκο αυτό καλύπτει έκταση 160 στρεμμάτων και βρίσκεται στο αεροδρόμιο Ελ. Βενιζέλος στα Σπάτα. Είναι το μεγαλύτερο του είδους του παγκοσμίως και είναι σε θέση να καλύπτει περίπου το 10% των αναγκών του χώρου ετησίως. Η ονομαστική του ισχύς είναι 8MWp και μπορεί να παράγει ενέργεια που θα μπορεί να ικανοποιήσει 3000 ανθρώπους. Σύμφωνα με υπολογισμούς μπορεί να μειώσει την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ετησίως κατά 10000 τόνους.



ΕΙΚΟΝΑ 62 : Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Μαρόκο. Πηγή www.klik.gr

Το φωτοβολταϊκό πάρκο στο Μαρόκο είναι ένα από τα μεγαλύτερα φωτοβολταϊκά πάρκα παγκοσμίως. Έχει έκταση 1000 στρεμμάτων και για να δημιουργηθεί τοποθετήθηκαν 500000 φωτοβολταϊκά. Το πάρκο αυτό έχει ονομαστική ισχύ 580 MW. Η ισχύς αυτή είναι αντίστοιχη με ενός μικρού πυρηνικού εργοστασίου χωρίς να κρύβει όμως τους ίδιους κινδύνους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ :

- [1] Β. ΜΠΙΤΖΙΩΝΗΣ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2015
- [2] ΜΑΝΩΛΗΣ ΚΑΛΦΑΣ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 4^Η ΕΚΔΟΣΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ, 1997
- [3] ΜΩΥΣΗΣ ΔΑΜΙΑΝΙΔΗΣ- ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΤΣΑΡΟΣ-ΜΑΤΘΑΙΟΣ ΤΟΛΗΣ-ΦΩΤΙΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΠΟΥΛΟΣ, ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΡΓΩΝ, 2011
- [4] ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ. ΠΙΕΡΔΟΣ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, Γ' ΕΚΔΟΣΗ, ΣΕΛΚΑ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, 2011

ΣΥΝΕΔΡΙΑ :

- [5] ΣΤΑΥΡΟΣ ΛΑΖΑΡΟΥ, ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ , ΤΕΕ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΣΕΛΙΔΕΣ : 7,9,12,15,16,17, 2009

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ :

- [6] ΑΡΧΗ ΛΕΙΟΥΡΓΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
<http://greenmindset.cti.gr/principle> (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 29/9/2016)
- [7] Ελληνικό Δίκτυο Ηλιακής Ενέργειας, 2002-2012
<http://atmosphere-upatras.gr/solarmaps> (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 10/10/2016)
- [8] ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΝΕΛ www.solarelectricsupply.com/solarworld-sw-225-mono-solar-grid-tie-panels-341 (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 9/10/2016)
- [9] ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ (INVERTER)
<http://www.koraxsolar.com/letoltes/inverterek/adatlapok/SMA%20Tripower%2020000-25000TL.pdf> (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 9/10/2016)
- [10] ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
<http://greenmindset.cti.gr/mainparts> (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 29/9/2016)
- [11] ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%86%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF (ΑΝΑΚΤΗΣΗ: 29/9/2016)
- [12] ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CF%84%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1 (ΑΝΑΚΤΗΣΗ : 30/9/2016)