

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
100 ΚWp**



Εκπονητές :

**Τράϊκος Χρίστος
Αποστολίδης Στέφανος**

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΠΡΟΔΡΟΜΟΥ Ιωάννης

ΣΕΡΡΕΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

...Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Προδρόμου για την πολύτιμη βοήθεια που μας πρόσφερε για την επιτυχή υλοποίηση αυτής της μελέτης καθώς και τον Τοπογράφο Λάκη Στρείκο και τον Ηλεκτρονικό Αθανάσιο Δημόπουλο που μας βοήθησαν με την εύρεση της τοποθεσίας και τα τοπογραφικά διαγράμματα καθώς και με την σωστή καθοδήγηση της μελέτης...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	6
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	6
1.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	8
1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΥΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	10
1.4 ΕΙΔΗ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	16
2.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ	16
2.2 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	18
2.3 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ.....	22
2.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	24
2.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ.....	25
2.6 ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΕΛΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ.....	28
2.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ.....	31
2.8 ΤΡΟΠΟΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	33
2.9 ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ.....	36
2.10 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	41
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΡΓΟΥ.....	41
3.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	42
3.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	49
4.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	49

4.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΕΟΝΟΡΜ.....	50
4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΟ PVSystem.....	53
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ (ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΠΙΝΑΚΕΣ).....	60
4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΟ SMA sunny design , (ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΩΤΟ- ΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	73
5.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	72
5.2 ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΒΑΣΕΩΝ	74
5.3 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	75
5.4 ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ (ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ, ΓΕΙΩΣΕΙΣ, ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ, ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΙ)	78
5.5 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΧΩΡΟΥ.....	80
5.6 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΟΥ.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	86
6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	86
6.2 ΣΥΜΒΑΣΗ ΑΓΟΡΟΠΩΛΗΣΙΑΣ (ΟΡΟΙ ΣΥΜΒΑΣΗΣ, ΤΙ- ΜΕΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ).....	87
6.3 ΠΑΓΙΑ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ.....	89
6.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (ΧΡΗΜΑΤΟΡΟΕΣ, ΤΟΚΟ- ΧΡΕΟΛΥΣΙΑ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ, ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	107

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας η ανάγκη για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κρίνεται επιτακτική όσο ποτέ άλλοτε. Η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας είναι η ηλιακή ενέργεια, ενώ η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή υλοποιείται με την γνωστή σε όλους μας πλέον χρήση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, στηριζόμενα στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, λαμβάνοντας την ηλιακή ακτινοβολία παράγουν στην έξοδό τους ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ισχύος. Τα τελευταία χρόνια στις χώρες της Ευρώπης και ειδικά σε αυτές που παρουσιάζουν μεγάλη ηλιοφάνεια, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν επιδεχθεί μεγάλη βελτίωση και η ανάπτυξη τους είναι συνεχής.

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία μελετούμε την εγκατάσταση την συμπεριφορά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και τον βαθμό απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού πάρκου ονομαστικής ισχύος 100,5 KWp.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΟΙ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΗΜΕΡΑ

Το σύνολο των πηγών ενέργειας που ο άνθρωπος έχει στη διάθεση του διακρίνεται σε δύο κύριες κατηγορίες. Στις πηγές ενέργειας που βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα μέσα στον στερεό φλοιό της Γης, με συγκεκριμένη διάρκεια ζωής και σε αυτά που καθημερινά και όλο ένα μας παρέχονται σε βαθμό ήπιας εκμετάλλευσης.

Στις πρώτες ανήκουν τα ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο), αναφερόμενα και ως συμβατικά καύσιμα και η χαρακτηριστικά μη ήπια μορφή ενέργειας η πυρηνική ενέργεια.

Οι δεύτερες έχουν βασική τους προέλευση τον ήλιο. Η ακτινοβολούμενη από τον ήλιο ενέργεια, που φτάνει στη Γη, εκτός από την γενικότερη συμβολή της στη δημιουργία, ανάπτυξη και δημιουργία της ζωής στον πλανήτη μας, δίδει ακατάπαυστα ενέργεια με διάφορες μορφές αξιοποίησης.

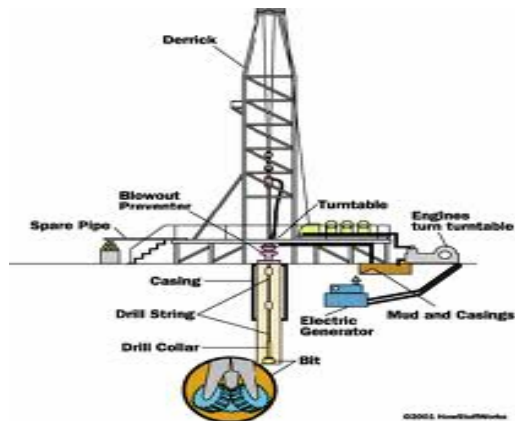
Το κάρβουνο

Το κάρβουνο αποτέλεσε για πολλά χρόνια μέχρι και σήμερα, την κύρια καύσιμη ύλη. Σ' αυτό βασίστηκε κατά κύριο λόγο η βιομηχανική επανάσταση. Μεγάλο μέρος της σημερινής παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής βασίζεται στην ενέργεια από την καύση του ορυκτού άνθρακα.



Το πετρέλαιο

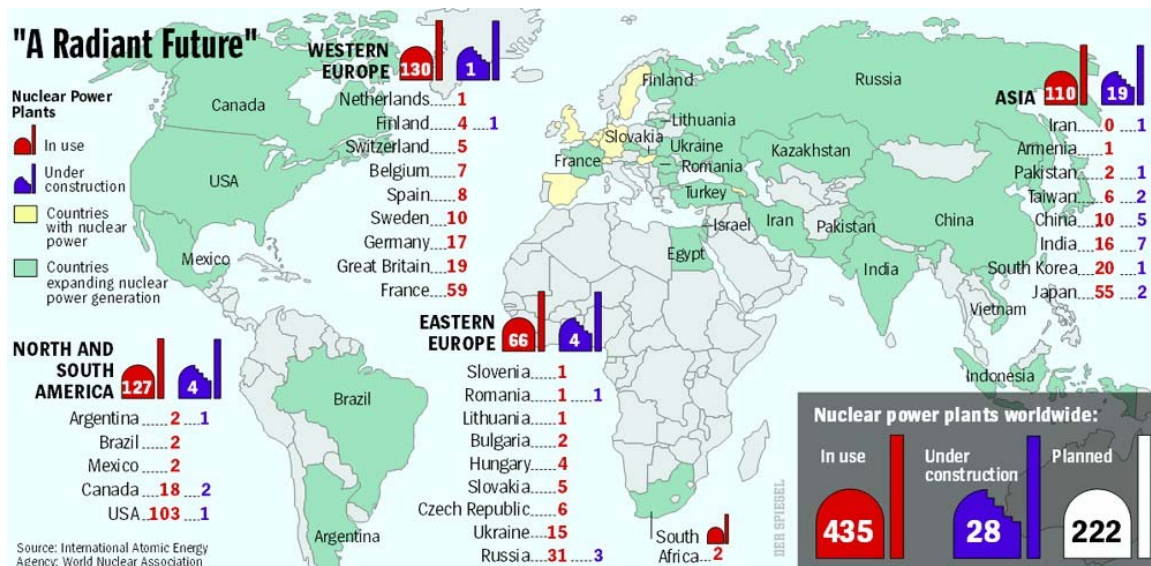
Ήταν γνωστό στην αρχαιότητα στους Εβραίους και στους Αιγυπτίους. Στης Δύση γινόταν περιορισμένη χρήση του σε φωτισμό και της ιατρική, μέχρι το τέλος του 15^{ου} αιώνα, οπότε άρχισε η βιομηχανική του εκμετάλλευση. Η παγκόσμια παραγωγή του εντατικοποιήθηκε από τα μέσα του 19ου αιώνα, ενώ από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα οι ρυθμοί εκμετάλλευσης πήραν εκρηκτικές διαστάσεις. Σήμερα μετά από δύο πετρελαϊκές κρίσεις (1973 και 1979) και την διαπίστωση πλέον επιπτώσεων, συνειδητοποιούμε την ανάγκη αλλαγής του τρόπου ζωής μας και αναζήτηση λύσεων από τον χώρο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Η πυρηνική ενέργεια

Από το 1945 μετά προστέθηκε στις μεγάλης ισχύος πηγές ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια, στην οποία αρχικά βασίστηκαν πολλές ελπίδες. Η Γαλλία είναι από τις χώρες που έδωσαν μεγάλη έμφαση στην ανάπτυξή της κατά την περίοδο της δεκαετίας του 70, το μη πειστικό πια επιχείρημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σήμερα αντιλαμβανόμαστε με απόγνωση την αδυναμία μας να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης διασποράς ή της διασφαλισμένης αποθήκευσης των πυρηνικών αποβλήτων και αισθανόμαστε τρόμο για τα όλο ένα και πιο πιθανά ατυχήματα.



1.2 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι ήπιες μορφές ενέργειας (ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή νέες πηγές ενέργειας, ή πράσινη ενέργεια) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία, η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη, άντληση ή καύση, όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδесμεύουν υδρογονάνθρακες, διοξείδιο του άνθρακα ή τοξικά και ραδιενεργά

απόβλητα, όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση, αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη, υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα. Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δεσεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της

αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις Η.Π.Α. ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πλεονεκτήματα

- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις.

Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.

- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

1.4 ΕΙΔΗ ΗΠΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Αιολική ενέργεια

Γενικά **αιολική ενέργεια** ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές, όπως συνηθίζονται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στην ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων, με αποδιδόμενη ηλεκτρική ισχύ 200 – 400kW. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται μερικές δεκάδες ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «αιολικό πάρκο».

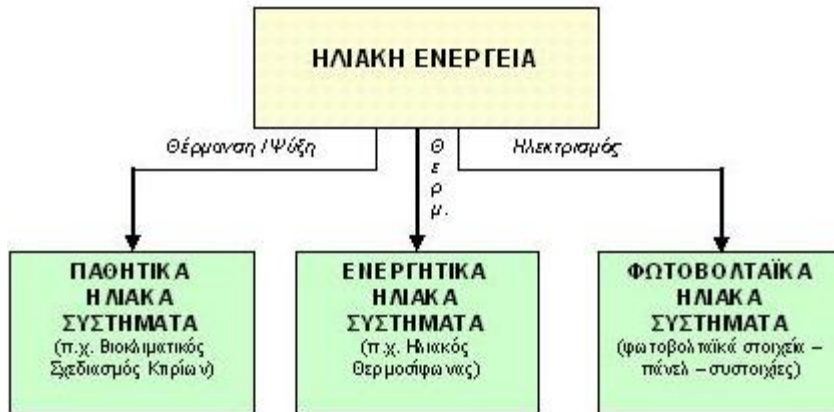


Ηλιακή ενέργεια

Ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζεται το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Τέτοιες είναι το φως ή φωτεινή ενέργεια, η θερμότητα ή θερμική ενέργεια καθώς και διάφορες ακτινοβολίες ή ενέργεια ακτινοβολίας.

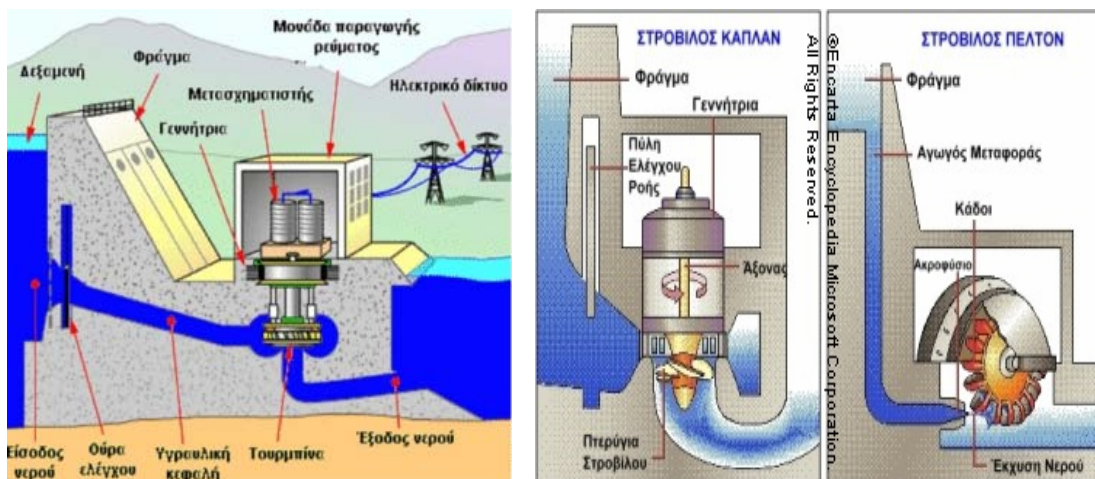
Η ηλιακή ενέργεια στο σύνολό της είναι πρακτικά ανεξάντλητη, αφού προέρχεται από τον ήλιο, και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν περιορισμοί χώρου και χρόνου για την εκμετάλλευσή της.

Όσον αφορά την εκμετάλλευσή της ηλιακής ενέργειας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών: τα παθητικά ηλιακά συστήματα, τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα, και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Υδατοπτώσεις

Υδατοπτώσεις. Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.



- Ενέργεια από παλίρροιας. Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
- Ενέργεια από κύματα. Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.

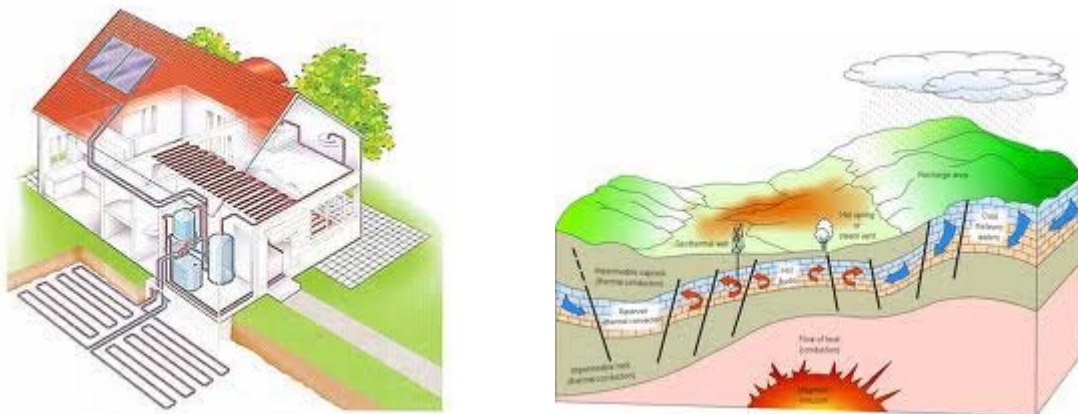
- Ενέργεια από τους ωκεανούς. Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

Γεωθερμία

Γεωθερμία ή **Γεωθερμική ενέργεια** ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

α) Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό $0,04 - 0,06 \text{ W/m}^2$ [1]

β) Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται όμως στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.



Βιομάζα

Με τον όρο **βιομάζα** αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας.



Μια μορφή βιομάζας: pellets (συσσωματώματα) τα οποία προκύπτουν από τη μηχανική συμπίεση πριονιδιού, χωρίς την προσθήκη χημικών ή συγκολλητικών ουσιών

Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο, αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών, μπορούμε να τα μετατρέψουμε σε ενέργεια.

Η έρευνα και η τεχνολογική πρόοδος που έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία 10 χρόνια έχουν καταστήσει τις τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής της βιομάζας εξαιρετικά ελκυστικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προοπτικές μάλιστα της βιοενέργειας καθίστανται διαρκώς μεγαλύτερες και πιο ελπιδοφόρες. Στις πιο προηγμένες οικονομικά χώρες, αναμένεται να καλύπτει σημαντικό τμήμα της ενεργειακής παραγωγής μελλοντικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Ιστορία της ανακάλυψης του φωτοβολταϊκού φαινομένου .

Ζούμε μια περίοδο όπου η διόγκωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε συνδυασμό με την εξάντληση των ορυκτών ενεργειακών πόρων και τα τεράστια βήματα στην τεχνολογία των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων κάνουν πλέον εφικτή την χρήση τους. Πώς φτάσαμε όμως ως εδώ και ποιά είναι η ιστορία των φωτοβολταϊκών;

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο Γάλλος φυσικός **Edmond Becquerel** (1820 - 1891) ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με μια ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια.



Edmond Becquerel

Τα πρώτα σημαντικά φωτοβολταϊκά συστήματα. Εξέλιξη στις τιμές και κόστος

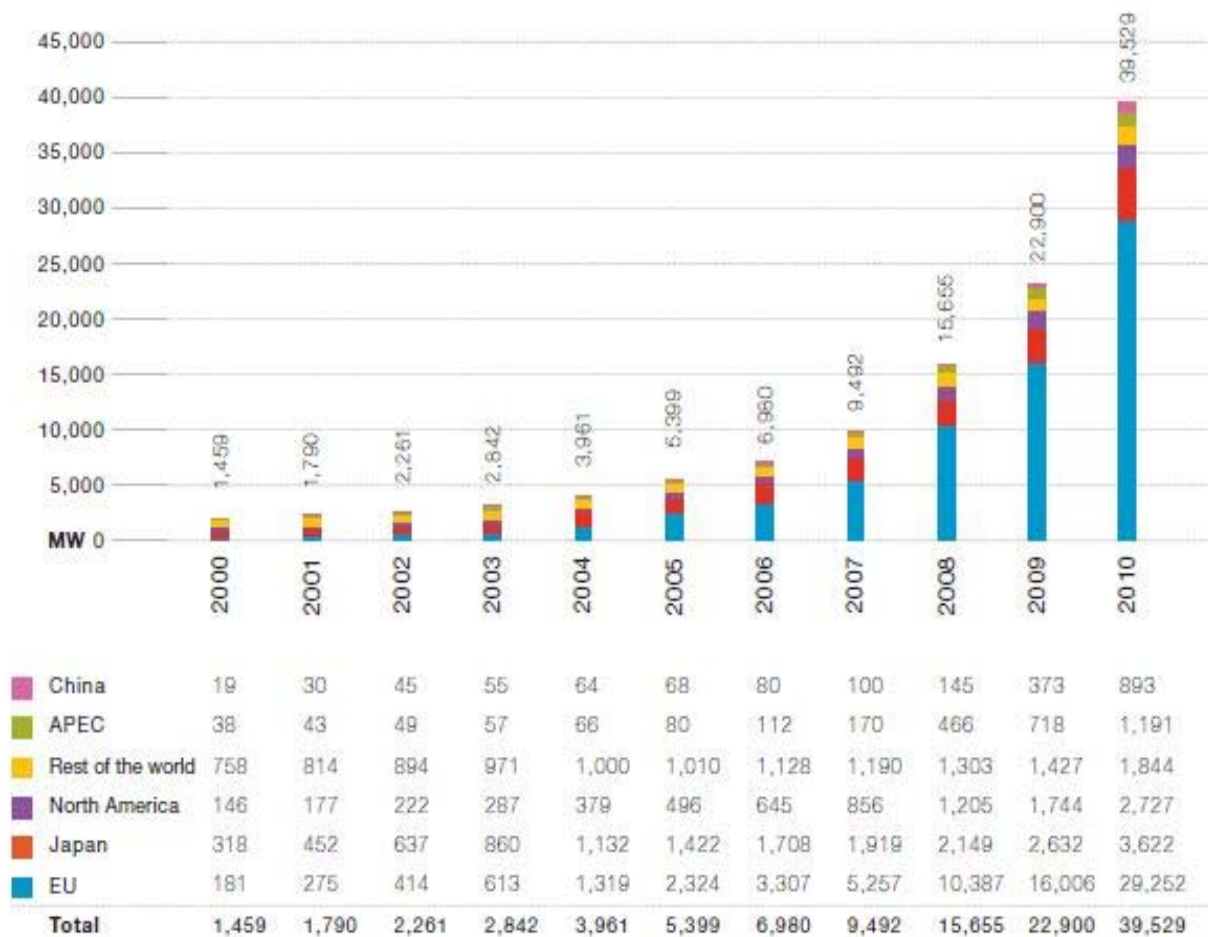
Το **1962** η μεγαλύτερη ΦΒ εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την **Sharp**, σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp.

Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκά ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα **500\$** ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια , το 1970 αγγίζει τα **100\$/Watt**.

Η πρώτη εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού που φτάνει στα επίπεδα του 1MW (μεγαβάτ) γίνεται στην Καλιφόρνια το **1980** από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων (dual-axis trackers).

Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το **1983** η παγκόσμια παραγωγή ΦΒ φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$.

1990-2005 Η πορεία πια είναι ασταμάτητη. Το μεγάλο ενδιαφέρον των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών αυξάνει κατακόρυφα την παραγωγή ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MegaWatt. Σύμφωνα με την ερία (European photovoltaic industry association) στο τέλος του 2010 η εγκατεστημένη ισχύς ήταν **40GW παγκοσμίως**.



Πίνακας 1 : Εξέλιξη της συνολικής εγκαταστηθείσας ισχύς φωτοβολταϊκών από το 2000 έως το 2010 ανά περιοχή παγκοσμίως.

2.2 ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Πάντως τίποτα από αυτά δεν θα γινόταν πραγματικότητα εάν δεν είχε επικυρωθεί το **πρωτόκολλο του Κιότο** και άλλες διεθνείς συμφωνίες που ακολούθησαν κάτω από την πίεση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

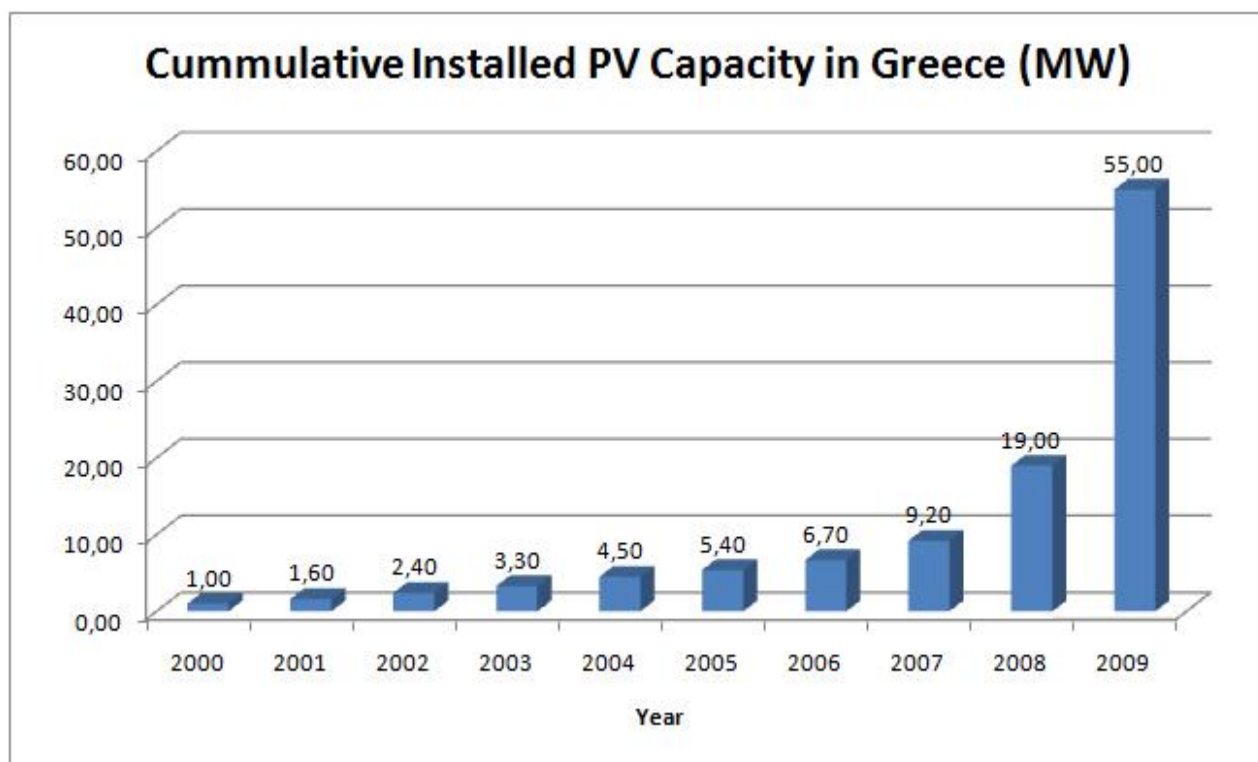
Η ουσιαστική ώθηση για τα φωτοβολταϊκά όπως και για τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δόθηκε μέσα από κυβερνητικά προγράμματα με την μορφή επιδοτήσεων των δραστηριοτήτων παραγωγής ενέργειας (κυρίως ηλεκτρικής) με την χρήση "πράσινων" τεχνολογιών (ΑΠΕ). Η περισσότερο γνωστή από αυτές είναι η ευνοϊκή τιμολόγηση της ενέργειας που παράγεται από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, γνωστή και ως **feed - in - tariff**.

Η Ελλάδα έχει υιοθετήσει και αυτή με την σειρά της κίνητρα για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα οποία μάλιστα ήταν και είναι **ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ** ελκυστικά.

Όμως η παροιμιώδης τσαπατσουλιά, ανικανότητα και διαφθορά που μαστίζει τους κρατικούς φορείς, κατάφερε την πιο ελπιδοφόρα τεχνολογία της εποχής μας να την κάνει να χαρακτηριστεί ως "φούσκα" και με διάφορους γραφειοκρατικούς τρόπους να απωθεί παρά να έλκει τους πολίτες προς τα φωτοβολταϊκά.

Η πραγματική ανάπτυξη στην αγορά διασυνδεδεμένων Φωτοβολταϊκών συστημάτων ξεκίνησε ουσιαστικά απο το καλοκαίρι του 2006 με την ψήφιση του Νόμου 3468/2006 για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Ο Νόμος αυτός άνοιξε το δρόμο για τις επενδύσεις Φωτοβολταϊκών και στη χώρα μας με την ενίσχυση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας απο Ανανεώσιμες Πηγές. Το ουσιαστικό βήμα γίνεται σήμερα με την ψήφιση του νόμου 3851/2010 με τον οποίο απλοποιούνται οι διαδικασίες αδειοδότησης φωτοβολταϊκών πάρκων καθώς και με την ΚΥΑ για την εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων σε στέγες κτιρίων.

Μέχρι το 2006, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα εξέλιξης της εγκατεστημένης ισχύος Φ/Β στη χώρα μας, κατασκευάζονταν κυρίως μικρού μεγέθους αυτόνομα συστήματα για την κάλυψη ερευνητικών σκοπών και οικιακών αναγκών ή ειδικών περιπτώσεων (φάρoi, απομακρυσμένες περιοχές κ.λ.π.). Το 2007, σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, ήταν η πρώτη χρονιά στην οποία οι εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένων συστημάτων ξεπέρασαν σε ισχύ τις εγκαταστάσεις αυτόνομων.



Πίνακας 2

Το 2009 προστέθηκαν περίπου 36MW στο δίκτυο με αποτέλεσμα η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β συστημάτων συνολικά στη χώρα μας να προσεγγίσει τα 55MWp σύμφωνα με στοιχεία του ΚΑΠΕ (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ελλάδας).

Έως το 2020 η εγκατεστημένη ισχύς απο φωτοβολταϊκά θα πρέπει να ανέλθει σε 6.500 MW σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Εταιριών Φωτοβολταϊκών, προκειμένου να καλύπτει το 12% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στη χώρα μας. Απο την πλευρά της κυβέρνησης, φαίνεται ότι η ισχύς που θα στοχοποιηθεί τελικά για τα φωτοβολταϊκά θα είναι τουλάχιστον 2.500 MW μέχρι το 2020.

Όλα τα παραπάνω δείχνουν μια νέα αγορά με μεγάλες προοπτικές και μακρινό σημείο κορεσμού λαμβάνοντας υπ όψη και τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για

τη συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και ιδιαίτερα των Φωτοβολταϊκών στην παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μέχρι το 2020.

Κίνητρα Αναπτυξιακού Νόμου

Το κόστος επένδυσης ή τα μισθώματα της χρηματοδοτικής μίσθωσης σε Φωτοβολταϊκούς σταθμούς **οι οποίοι υπέβαλλαν εμπρόθεσμη αίτηση έως τις 29.01.2010**, ενισχύεται από τον Αναπτυξιακό Νόμο 3299/2004. Με βάση το Νόμο και τις τροποποιήσεις του τα Φ/Β ανήκουν στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 των επενδυτικών σχεδίων και η επιδότησή τους μπορεί να ανέλθει μέχρι το 40% του κόστους επένδυσης. Το ποσοστό αυτό ορίζεται στην Υπουργική Απόφαση με ημερομηνία δημοσίευσης 5/07/2007 στην κατηγορία των οριζόντιων ενισχύσεων του άρθρου 4, παράγραφος 2.

Αναφορικά με τις νέες αιτήσεις, θα εφαρμοστεί ο νέος αναπτυξιακός νόμος ο οποίος σύμφωνα με έγκυρες πηγές, δεν προβλέπει επιδοτήσεις για τα διασυνδεδεμένα ΦΒ συστήματα.

Ενίσχυση της παραγόμενης κιλοβατώρας

Με βάση το Νόμο 3468/2006 ο αρμόδιος κρατικός φορέας: Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) δεσμεύεται να αγοράζει σε προσυμφωνημένη τιμή, κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ από ανεξάρτητο παραγωγό για 20 έτη με έγγραφη δήλωση του παραγωγού.

Οι τιμές αγοράς της παραγόμενης κιλοβατώρας (Feed-In-Tariff) σύμφωνα με το Νέο Νόμο 3851/04.06.2010 οι οποίες καθορίζονται με βάση το χρόνο της κατάθεσης αίτησης στο ΔΕΣΜΗΕ για τη σύμβαση αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν ως ακολούθως:

Έτος - Μήνας	Διασυνδεδεμένο Δίκτυο		Μη Διασυνδεδεμένο Δίκτυο
	Άνω των 100kW	Έως και 100kW	ανεξαρτήτως ισχύος
2009 Φεβρουάριος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2009 Αύγουστος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2010 Φεβρουάριος	400,00 €	450,00 €	450,00 €
2010 Αύγουστος	392,04 €	441,05 €	441,05 €
2011 Φεβρουάριος	372,83 €	419,43 €	419,43 €
2011 Αύγουστος	351,01 €	394,89 €	394,89 €
2012 Φεβρουάριος	333,81 €	375,54 €	375,54 €
2012 Αύγουστος	314,27 €	353,55 €	353,55 €
2013 Φεβρουάριος	298,87 €	336,23 €	336,23 €
2013 Αύγουστος	281,38 €	316,55 €	316,55 €
2014 Φεβρουάριος	268,94 €	302,56 €	302,56 €
2014 Αύγουστος	260,97 €	293,59 €	293,59 €
Για κάθε έτος απο το 2015 και έπειτα	1,3 x μΟΤΣ(v-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος	1,4 x μΟΤΣ(v-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος	1,4 x μΟΤΣ(v-1) Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το Προηγούμενο Έτος

Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους, όπως αυτός καθορίζεται από την Τράπεζα της Ελλάδος.

2.3 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Έτσι ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση. Για ευκολία, συνήθως χρησιμοποιούμε τη σύντμηση Φωτοβολταϊκών για τη λέξη «φωτοβολταϊκό» (photovoltaic - PV).

Φωτοβολταϊκό στοιχείο

Είναι η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται, ακόμα, Φωτοβολταϊκό κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Πρόκειται για το σύνολο Φωτοβολταϊκών στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φωτοβολταϊκής γεννήτριας (PV module).

Φωτοβολταϊκό πανέλο

Ο όρος αναφέρεται σε ένα ή περισσότερα Φωτοβολταϊκά πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).

Φωτοβολταϊκή συστοιχία – στοιχειοσειρά

Είναι μια ομάδα από Φωτοβολταϊκά πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).

Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Μιλάμε για το τμήμα μιας Φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που περιέχει Φωτοβολταϊκά στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).

Αντιστροφέας (inverter)

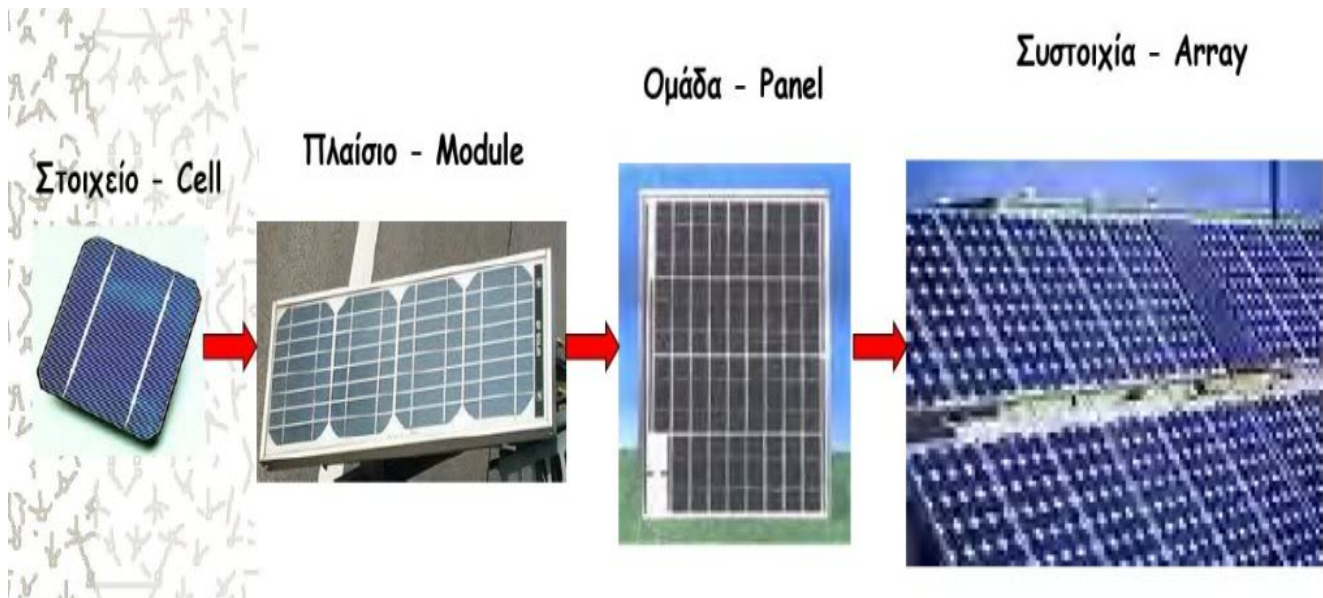
Είναι η ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller)

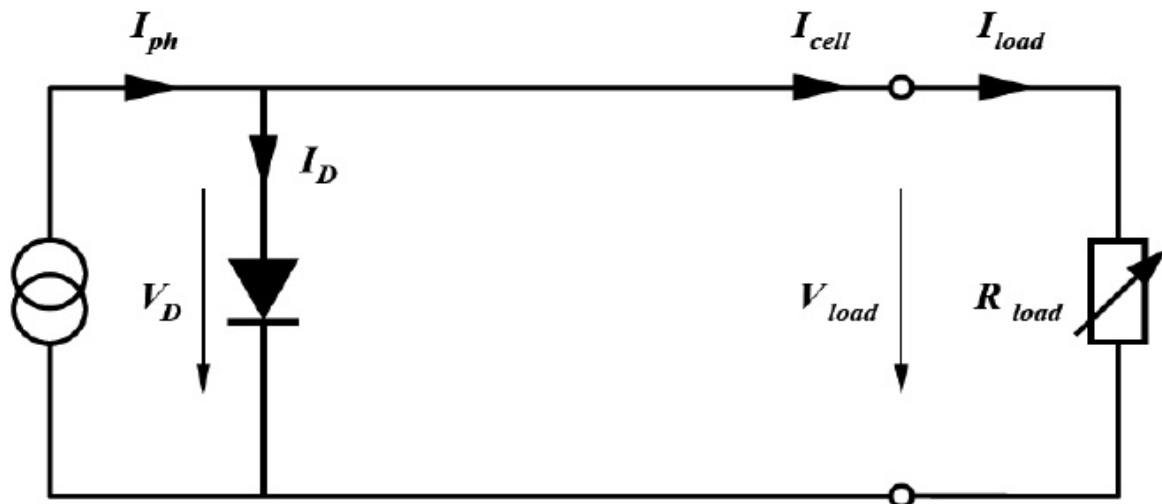
Είναι η συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει τη φόρτιση των συσσωρευτών.

Μονάδες μέτρησης

- kW (κιλοβάτ): μονάδα ισχύος [1 kW = 1.000 Watt, 1 MW = 1.000 kW]
- kWp (κιλοβάτ πικ-peak): μονάδα ονομαστικής ισχύος του φωτοβολταϊκού (ίδιο με το kW).
- kWh (κιλοβατώρα): μονάδα ενέργειας



Ηλεκτρολογικό κύκλωμα φωτοβολταϊκού στοιχείου.



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

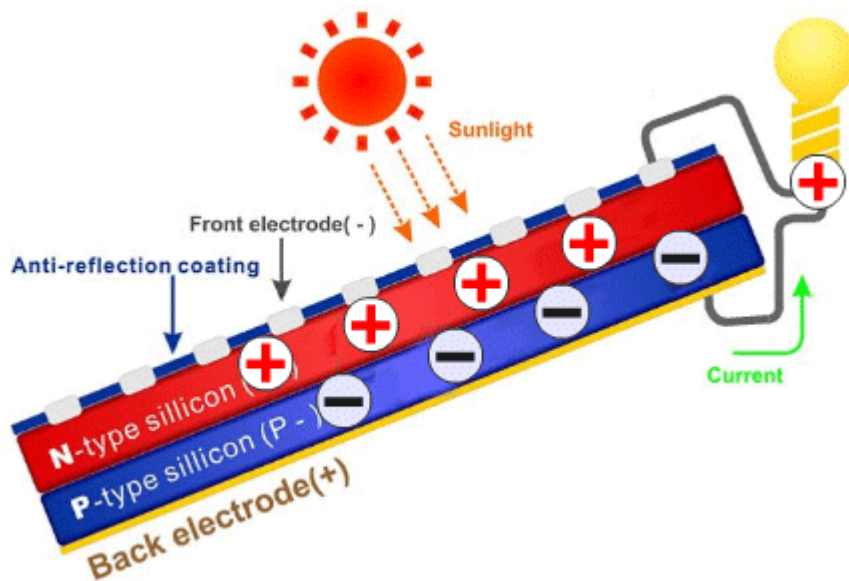
Όπου:

I_{ph} : το φωτόρευμα, ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

I_{cell} : το ρεύμα κελιού

2.4 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας "ημιαγωγός"), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ' αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας.



Τι είναι το φωτοβολταϊκό;

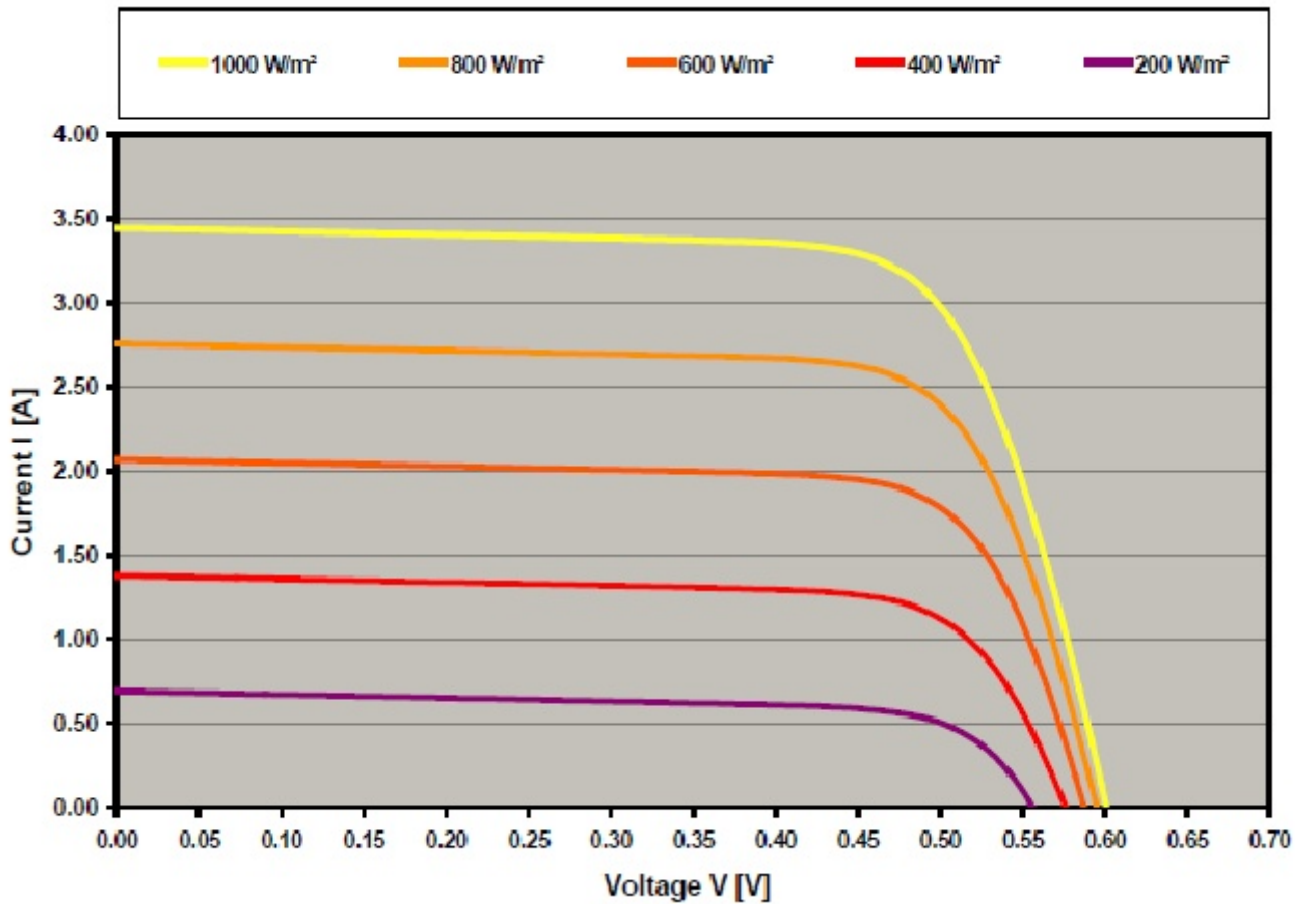
Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα ή περισσότερα πάνελ (ή πλαίσια, ή όπως λέγονται συχνά στο εμπόριο, «κρύσταλλα») φωτοβολταϊκών στοιχείων (ή «κυψελών», ή «κυττάρων»), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως τετράγωνο, με πλευρά 120-160mm. Δυο τύποι πυριτίου χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φωτοβολταϊκών στοιχείων: το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο, ενώ το κρυσταλλικό πυρίτιο διακρίνεται σε μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό. Το άμορφο και το κρυσταλλικό πυρίτιο παρουσιάζουν τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα, και κατά τη μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος γίνεται η αξιολόγηση των ειδικών συνθηκών της εφαρμογής (κατεύθυνση και διάρκεια της ηλιοφάνειας, τυχόν σκιάσεις κλπ.) ώστε να επιλεγεί η κατάλληλη τεχνολογία.

Στο εμπόριο διατίθενται φωτοβολταϊκά πάνελ – τα οποία δεν είναι παρά πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, επικαλυμμένα με ειδικές μεμβράνες και εγκιβωτισμένα σε γυαλί με πλαίσιο από αλουμίνιο – σε διάφορες τιμές ονομαστικής ισχύος, ανάλογα με την τεχνολογία και τον αριθμό των φωτοβολταϊκών κυψελών που τα αποτελούν. Έτσι, ένα πάνελ 36 κυψελών μπορεί να έχει ονομαστική ισχύ 70-85 W, ενώ μεγαλύτερα πάνελ μπορεί να φτάσουν και τα 200 W ή και παραπάνω.

2.5 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

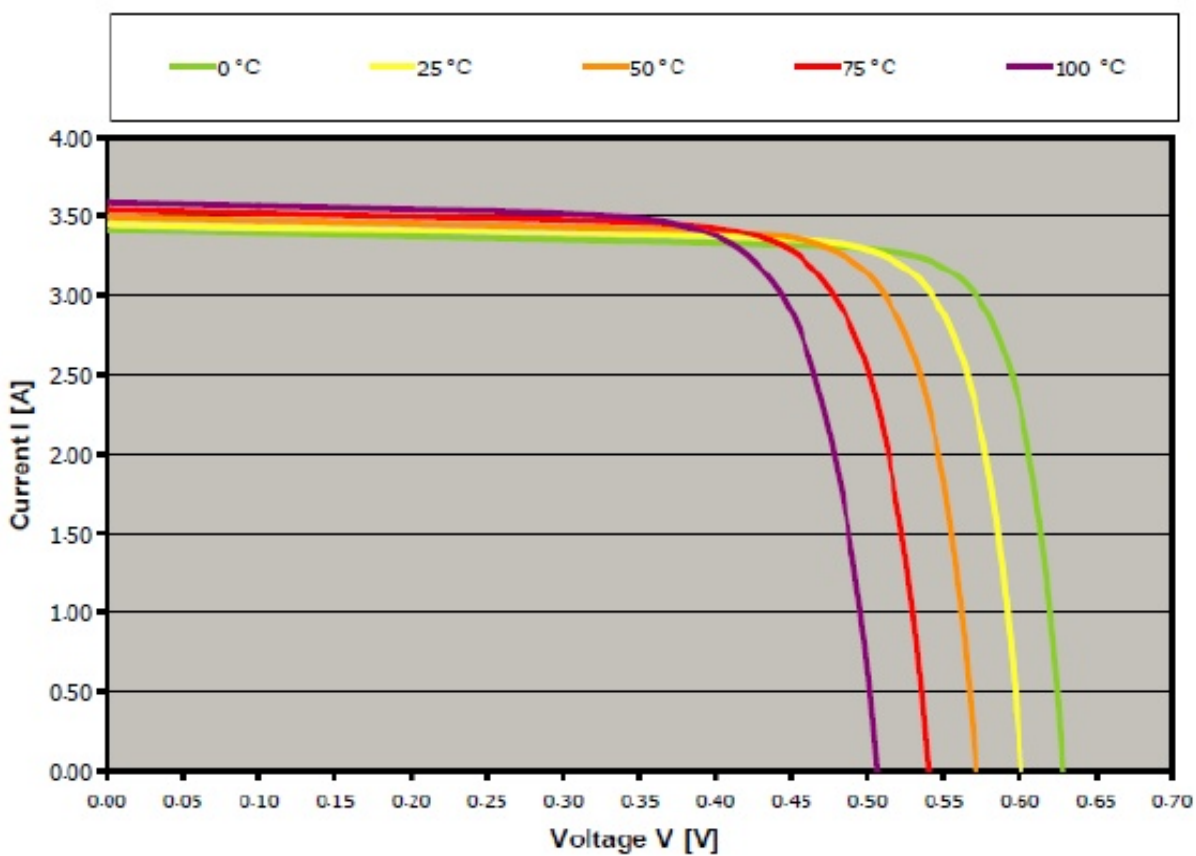
Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας, Η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία αποτελούν τους δύο κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας από ένα ηλιακό κελί. Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει τη μεταβολή της I-V χαρακτηριστικής ενός ηλιακού κελιού με μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας:



Σχήμα 1 : Επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στη καμπύλη I-V ενός ηλιακού κελιού.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 1, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά(σχεδόν ανάλογα) στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του κελιού ενώ η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της έντασης. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η σχεδόν αναλογική σχέση ανάμεσα στην ισχύ του κελιού και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, για σταθερές φυσικά θερμοκρασίες κελιού.

Όπως προκύπτει από το Σχήμα 2, η θερμοκρασία επιδρά κυρίως στην τάση του ηλιακού κελιού. Ειδικότερα, η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνεται σημαντικά με μείωση της θερμοκρασίας, γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται ελαφρά.



Σχήμα 2: Επίδραση θερμοκρασίας στην I-V χαρακτηριστικής ηλιακού κελιού.

Συνολικά, η ισχύς του ηλιακού κελιού μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Συνήθως οι κατασκευαστές των ηλιακών κελιών και πάνελ αναφέρουν ενδεικτικούς συντελεστές μεταβολής των παρακάτω μεγεθών με τη θερμοκρασία:

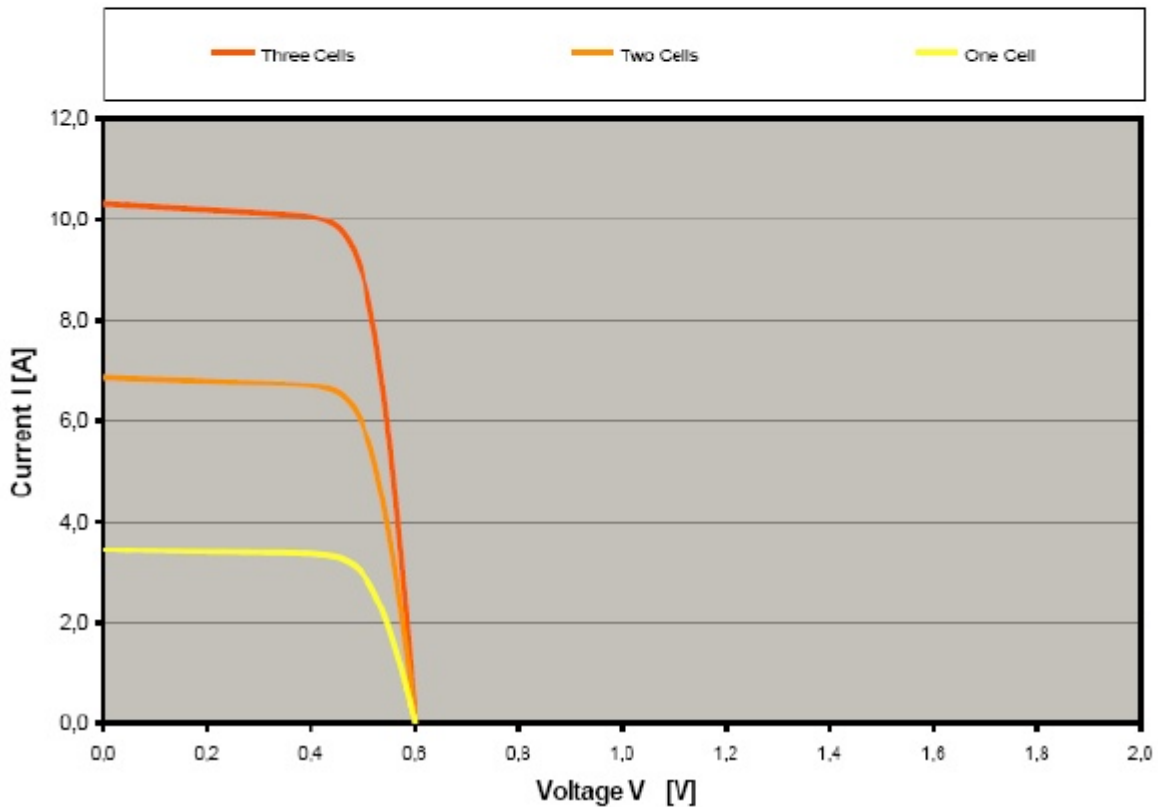
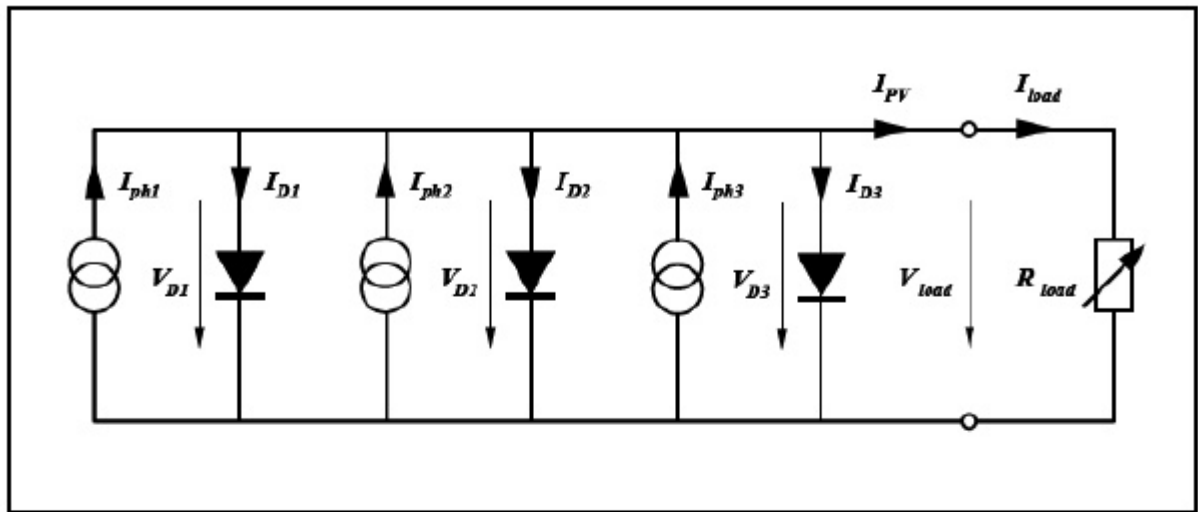
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , με τυπικές τιμές της τάξης του 0,04-0,07% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου)
- Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,3 έως -0,4% βαθμό Kelvin (ή Κελσίου).
- Μέγιστη ισχύς P_{mpp} με τυπικές τιμές της τάξης του -0,4 έως -0,5% ανά βαθμό Kelvin (ή Κελσίου)

2.6 ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΕΛΙΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ (δημιουργία πλαισίου)

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

Παράλληλη σύνδεση κελιών

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



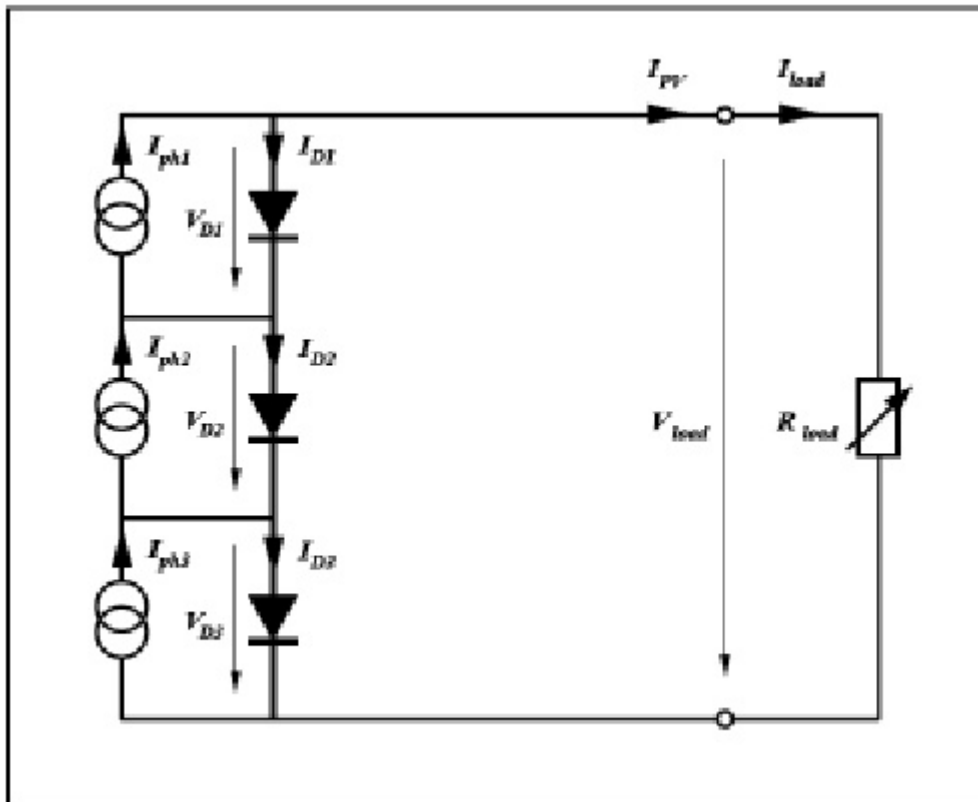
Σχήμα 3 : Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για παράλληλη σύνδεση κελιών.

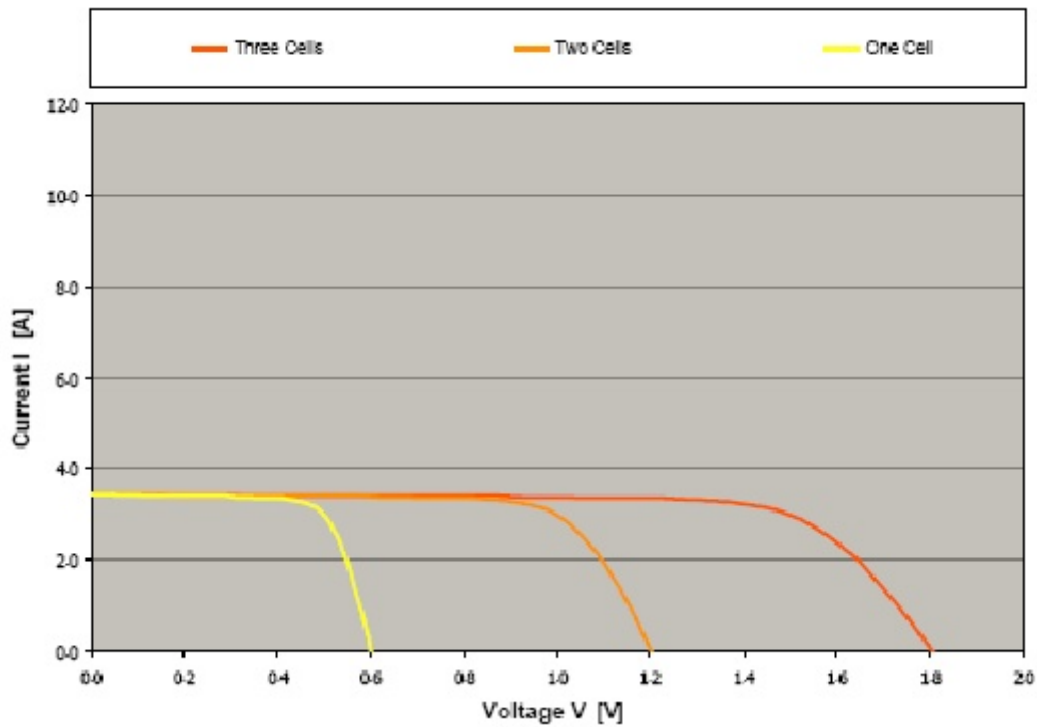
Παράλληλη σύνδεση ηλιακών κελιών. Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες

διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

Σύνδεση κελιών σε σειρά

Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και από το παρακάτω σχήμα. Εν σειρά σύνδεση κελιών. Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

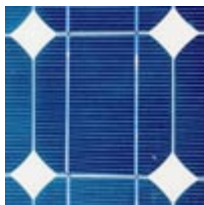




Σχήμα 4 : Παράδειγμα I-V χαρακτηριστικής κελιών συνδεδεμένων σε σειρά

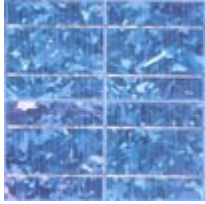
2.7 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών



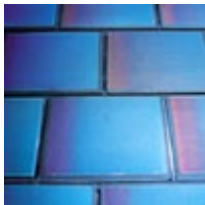
Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου

Κατασκευάζονται από κυψέλες που έχουν κοπεί από ένα κυλινδρικό κρύσταλλο πυριτίου. Αποτελούν τα πιο αποδοτικά φωτοβολταϊκά με αποδόσεις της τάξεως του 15%. Η κατασκευή τους όμως είναι πιο πολύπλοκη γιατί απαιτεί την κατασκευή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου με αποτέλεσμα το υψηλότερο κόστος κατασκευής.



Πολυκρυσταλλικό Πυριτίου




Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά κατασκευάζονται από ράβδους λιωμένου και επανακρυσταλλομένου πυριτίου. Για την παραγωγή τους οι ράβδοι του πυριτίου κόβονται σε λεπτά τμήματα από τα οποία κατασκευάζεται η κυψέλη του φωτοβολταϊκού. Η διαδικασία κατασκευής τους είναι απλούστερη από εκείνη των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών με αποτέλεσμα το φθηνότερο κόστος παραγωγής. Παρουσιάζουν όμως σε γενικές γραμμές μικρότερη απόδοση της τάξεως του 12%.



Λεπτού υμενίου ή thin film

Τα φωτοβολταϊκά αυτής της κατηγορίας αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου που έχει εναποτεθεί ομοιόμορφα σε κατάλληλο υπόβαθρο. Σαν υπόβαθρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μεγάλη γκάμα υλικών από δύσκαμπτα μέχρι ελαστικά με αποτέλεσμα να βρίσκει μεγαλύτερο εύρος εφαρμογών, ιδιαίτερα σε καμπύλες ή εύκαμπτες επιφάνειες. Ενώ το άμορφο πυρίτιο παρουσιάζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απορρόφηση του φωτός, εντούτοις η φωτοβολταϊκή απόδοση του είναι του μικρότερη των κρυσταλλικών, περίπου 6%. Το φθινό όμως κόστος κατασκευής τους τα κάνει ιδανικά σε εφαρμογές όπου δεν απαιτείται υψηλή απόδοση.

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών
(εξοπλισμός που κυκλοφορεί στην αγορά στις αρχές 2008)

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

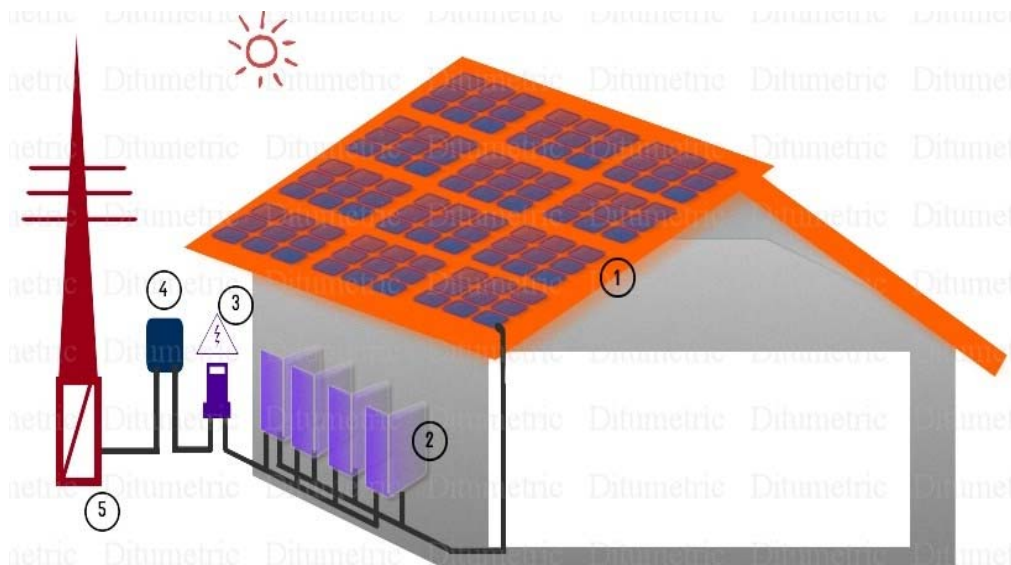
2.8 ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα

φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης.

Στο παρακάτω σχέδιο βλέπουμε ένα τέτοιο σχεδιάγραμμα το οποίο συναντάμε πολύ συχνά στην Ελλάδα. Το βασικότερο είναι το δίκτυο της ΔΕΗ να είναι σχετικά κοντά για να γίνει η απαραίτητη σύνδεση. Εάν το δίκτυο είναι αρκετά μακριά το κόστος αυξάνεται σημαντικά και θα πρέπει κατά τον αρχικό σχεδιασμό να ληφθεί υπόψη. Πολλές φορές η σύνδεση είναι και αδύνατη. Αυτό συναντιέται κυρίως σε νησιωτικές περιοχές όπου η αυτονομία είναι και η καλύτερη λύση.



Παράδειγμα 1 Χρήση φωτοβολταϊκού συστήματος για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος σε σπίτι συνδεδεμένο στο δίκτυο ΔΕΗ (on-grid).

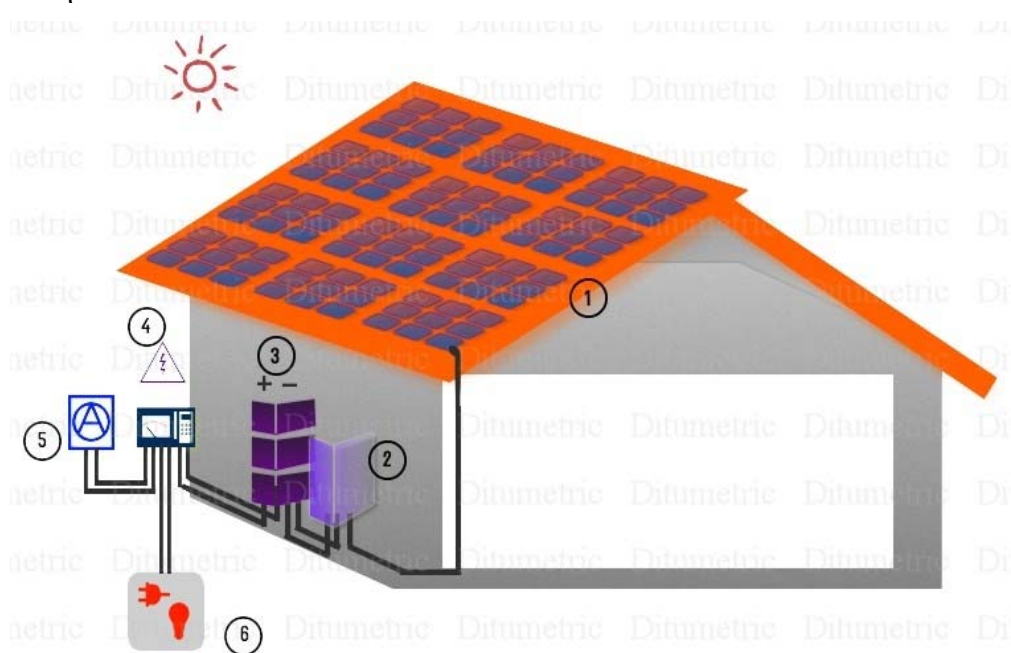
1. Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες PV.
2. αντιστροφέας (Grid inverter(s)).
3. Μετρητής ΔΕΗ.
4. Κεντρικός ηλεκτρικός πίνακας κτιρίου.
5. Δίκτυο ΔΕΗ.

Από την στιγμή που η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει το σύστημα πωλείται και αποθηκεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ, το μέγεθός του συστήματος υπαγορεύεται από το

βαθμό που θέλετε να επενδύσετε (μέχρι το όριο των 10KW) και το βαθμό που θέλετε να είστε φιλικόι στο περιβάλλον. Όσο περισσότερα KW εγκαθιστάτε, τόσο λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα εκλείεται στην ατμόσφαιρα. Ένα μικρό σύστημα θα μειώσει το λογαριασμό ρεύματος που πληρώνετε και όσο αυξάνετε το μέγεθός του καλύπτετε ή υπερκαλύπτετε τις ανάγκες σας με το ανάλογο χρηματικό και περιβαλλοντικό όφελος.

- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.



Το διάγραμμα δείχνει απλά τη λειτουργία του αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος PV:

1. Φωτοβολταϊκοί συλλέκτες PV.
2. Inverter(s).
3. Συσσωρευτές (μπαταρίες).
4. Ρυθμιστής φόρτισης.
5. Ελεγκτής ρεύματος.
6. Κατανάλωση ρεύματος.

Το μέγεθος και το κόστος της εγκατάστασης υπαγορεύονται από την επαρκή κάλυψη πρωτίστως των βασικών αναγκών και στη συνέχεια όποιων πρόσθετων εφαρμογών επιθυμούμε. Ο σωστός σχεδιασμός οδηγεί στο κατάλληλο μέγεθος μονάδων παραγωγής και συσώρευσης ενέργειας. Είναι σημαντικός για την αποφυγή χρήσης γεννήτριας backup, σε περίπτωση που υπάρχει, η χρήση να γίνεται μόνο σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης και για ελάχιστο χρονικό διάστημα.

- Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

Αυτόνομο σύστημα που αποτελείται από τη Φωτοβολταϊκή συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας όπως μια γεννήτρια πετρελαίου ή άλλη μορφή ΑΠΕ όπως για παράδειγμα οι ανεμογεννήτριες.

2.9 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ, ΤΡΟΠΟΙ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

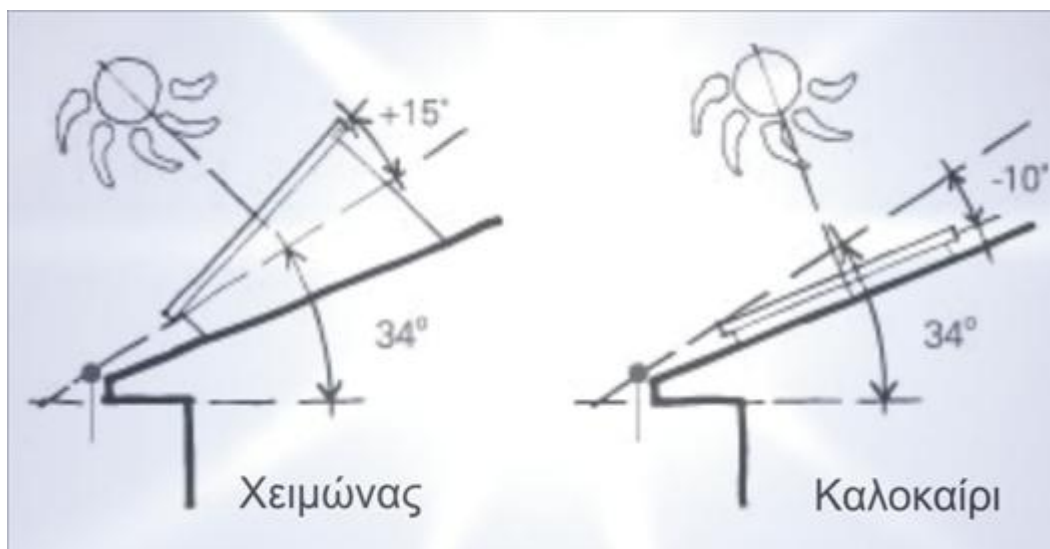
- Στήριξη με Σταθερή Γωνία Κλίσης του Συλλέκτη

Είναι ο απλούστερος και οικονομικότερος τρόπος στήριξης που μπορεί να εφαρμοστεί για την τοποθέτηση συλλεκτών. Ο σχεδιασμός του συστήματος είναι αρκετά απλός καθώς στο μόνο που πρέπει να δοθεί προσοχή είναι η γωνία κλίσης και ο προσανατολισμός των συλλεκτών. Είναι ένας αρκετά αξιόπιστος τρόπος καθώς δεν έχει κινητά μέρη και προτείνεται σε μέρη με ισχυρούς ανέμους, π.χ. βουνά.



- Στήριξη με Εποχιακή Ρύθμιση της Κλίσης του Συλλέκτη

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, δεν υπήρχε δυνατότητα αλλαγής της γωνιάς κλίσης του συλλέκτη, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση να αποδίδει πολύ λιγότερο από τις δυνατότητές της. Για να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος κατασκευάζονται βάσεις, στις οποίες τοποθετούνται οι συλλέκτες, με δυνατότητα ρύθμισης της κλίσης τους. Η μηχανολογική κατασκευή είναι σχετικά φθηνή και απλή ώστε όλοι οι χρήστες να μπορούν να κάνουν την εποχιακή ρύθμιση. Η ρύθμιση του συλλέκτη γίνεται δυο φορές τον χρόνο, μια κατά το χειμερινό εξάμηνο (22 Σεπτεμβρίου - 21 Μαρτίου) και μια κατά το θερινό εξάμηνο (21 Μαρτίου - 22 Σεπτεμβρίου). Η αλλαγή αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε η κλίση μεταξύ των ακτίνων του ηλίου και της επιφάνειας του συλλέκτη να πλησιάζει όσο το δυνατόν τις 90°.



Στήριξη με δυνατότητα ρύθμισης της γωνίας κλίσης

- Συστήματα Συνεχούς Ημερήσιας Παρακολούθησης, Ηλιοτρόπια (trackers)

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι συλλέκτες τοποθετούνται είτε με σταθερή κλίση είτε με εποχιακή ρύθμιση της γωνίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μικρή απολαβή ενεργείας από τον ήλιο ιδιαίτερα στην πρώτη μέθοδο, με σταθερή γωνία κλίσης. Μια βελτιωμένη εκδοχή είναι η δεύτερη μέθοδος με αυξημένη απολαβή σε σχέση με την πρώτη. Για υψηλότερη απολαβή ισχύος κατασκευάζονται συσκευές διαρκούς παρακολούθησης της πορείας του ήλιου. Οι συσκευές αυτές μοιάζουν αρκετά με το φυτό ηλιοτρόπιο ή ηλιάνθος, από όπου πήραν και το όνομα τους. Τα ηλιοτρόπια (trackers) στρέφουν τους συλλέκτες έτσι ώστε οι ακτίνες του ηλίου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του συλλέκτη. Με τα ηλιοτρόπια υπάρχει μια αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος 30% - 50%, σε σχέση με τους σταθερούς τρόπους στήριξης. Βρίσκουν χρήση τόσο σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές όσο και σε θερμικά συστήματα.

Υπάρχουν δυο κατηγορίες ηλιοτροπίων ανάλογα με το είδος της κίνησης που εκτελούν:

Στροφή γύρω από έναν άξονα

- Στροφή γύρω από δύο άξονες



Φωτοβολταϊκό tracker σύστημα παρακολούθησης του ήλιου.

2.10 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ (inverters)

- Διακρίνονται σε αντιστροφείς με μετασχηματιστή (inverter with transformer)
- Σε αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή (transformerless inverters)
- Επίσης ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πάνελ οι αντιστροφείς διακρίνονται σε:
 1. Κεντρικοί αντιστροφείς
 2. Αντιστροφείς κλάδων
 3. Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων
 4. Αντιστροφέας με ενσωμάτωση σε φωτοβολταϊκό πάνελ



Κεντρικός αντιστροφείας της SMA με μέγιστη ισχύ εισόδου 1.4 KWp



Αντιστροφείς κλάδων ή στοιχειοσειρών (string inverters)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΕΡΓΟΥ

(Νομός, δήμος, γεωγραφικό διαμέρισμα, τοπογραφικά στοιχεία)

Βρίσκεται στο Νομό Θεσσαλονίκης στην περιοχή Λαγκαδα-Κολχικό, όπως παρουσιάζεται στο γενικό χάρτη της περιοχής (τοπογραφικό διάγραμμα χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:500). Η πρόσβαση γίνεται μέσω υφιστάμενης αγροτικής οδού στις παρυφές της θέσης εγκατάστασης του Φωτοβολταϊκού Πάρκου. Η προβλεπόμενη έκταση γης για την κατασκευή του Έργου είναι περίπου 20 στρέμματα από τα οποία εμείς θα ασχοληθούμε μόνο με περίπου 2. Το αγροτεμάχιο έχει μηδενική κλίση και είναι, εξαιρετικά ηλιόλουστο αφού κανένα βουνό ή λόφος δεν το σκιάζει από την ανατολή έως την δύση του ηλίου.

Από τα μετεωρολογικά στοιχεία τεκμηρίωσης ηλιακής ενέργειας, που συλλέχθηκαν, η περιοχή δεν έχει ιδιαίτερες σφραγισμένες νεφών, και έχει υψηλή ηλιοφάνεια, με συνεχείς ήπιους σχετικά ανέμους που συνεισφέρουν στον δροσισμό της μονάδος, συμβάλλοντας έτσι σε καλύτερη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Η επιλογή της θέσης έγινε σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς :

1. να ικανοποιεί τους περιορισμούς που προβλέπονται την σχετική νομοθεσία δηλαδή να μην είναι σε Πυρήνες Εθνικών Δρυμών, Αισθητικά δάση, Προστατευόμενες να μην είναι οικότοπος, περιοχή ορνιθοπανίδας αρχαιολογικός χώρος, πολιτιστικό μνημείο, αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, ζώνη αναδασμού, αρδευόμενη έκταση, η οργανωμένη ζώνη δευτερογενούς ή τριτογενούς τομέα.
2. να μην επηρεάζει αρνητικά το περιβάλλον, τους υπάρχοντες οικισμούς, και γενικώς καμία από τις εν γένει δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής.
3. να μην είναι ορατό από οικισμούς.

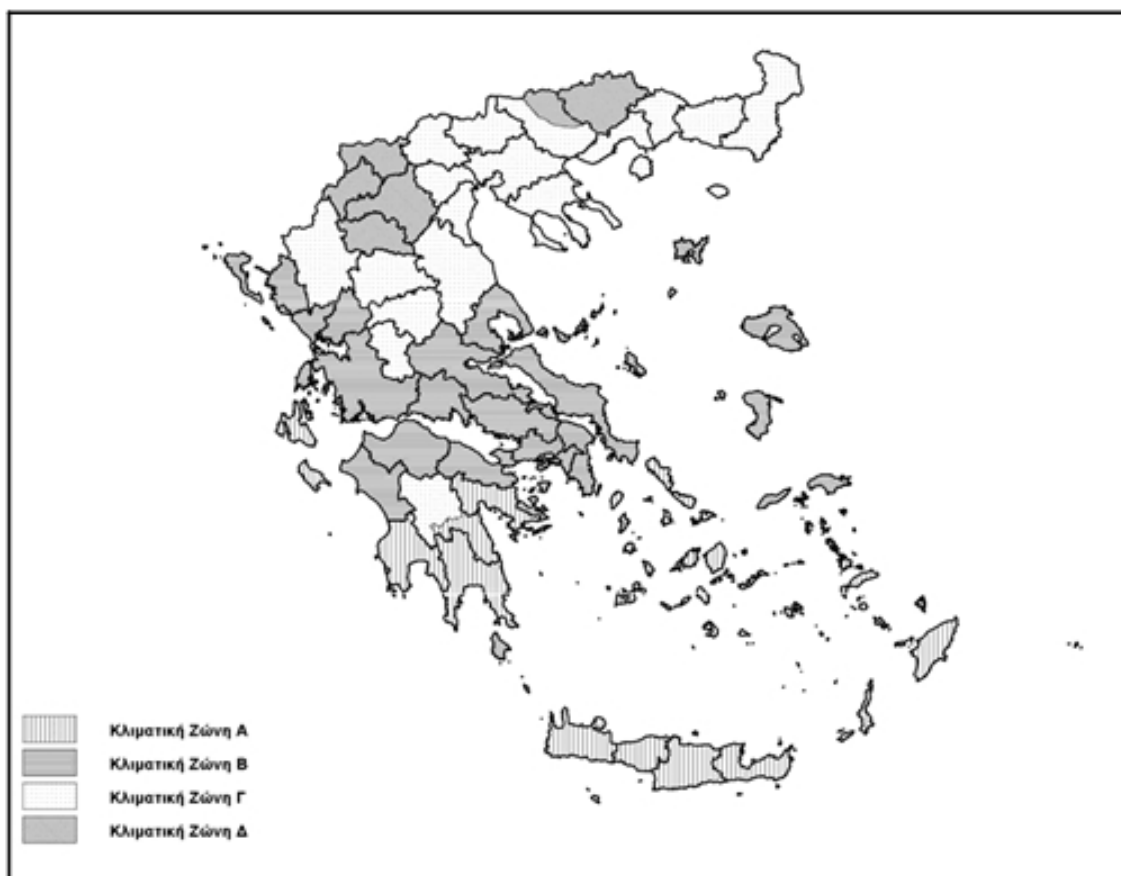
3.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ , η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον Πίνακα 1.2 προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη) και ακολουθεί σχηματική απεικόνισή τους στο Σχήμα 1.1.

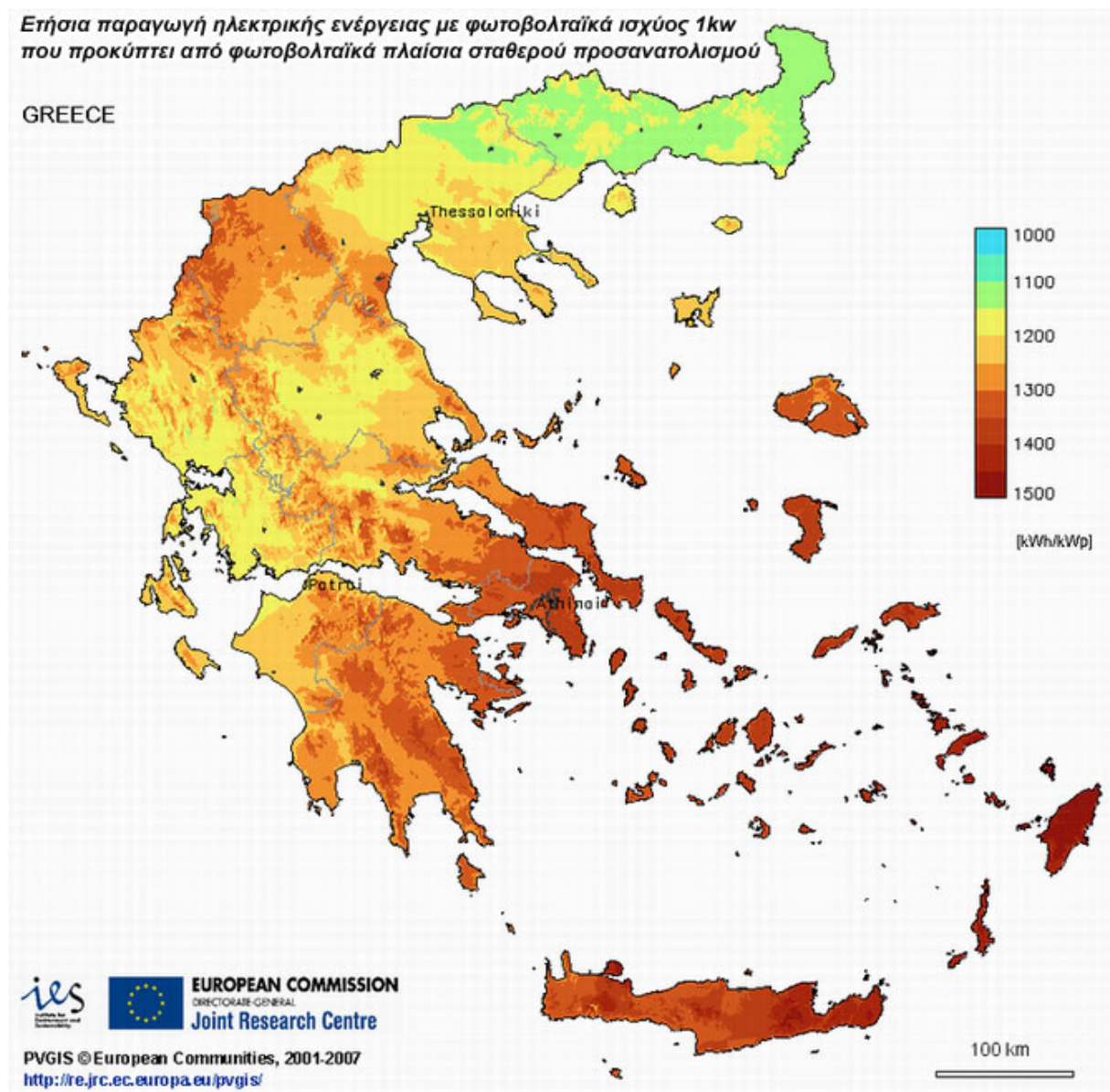
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή)
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλης, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας

Πίνακας 1.2. Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζώνη

Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω. Για την Δ ζώνη όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στην ζώνη Δ.



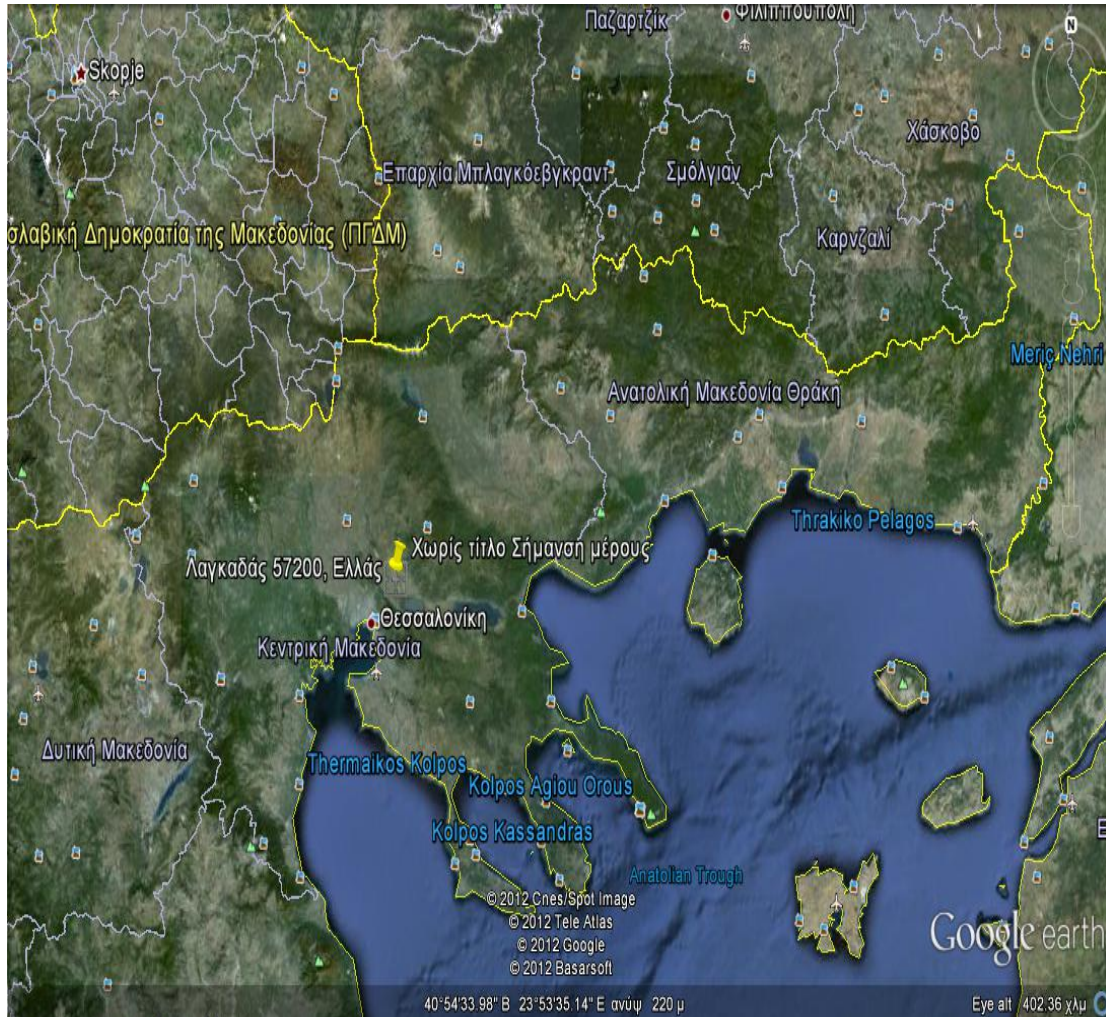
Σχηματική Απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας

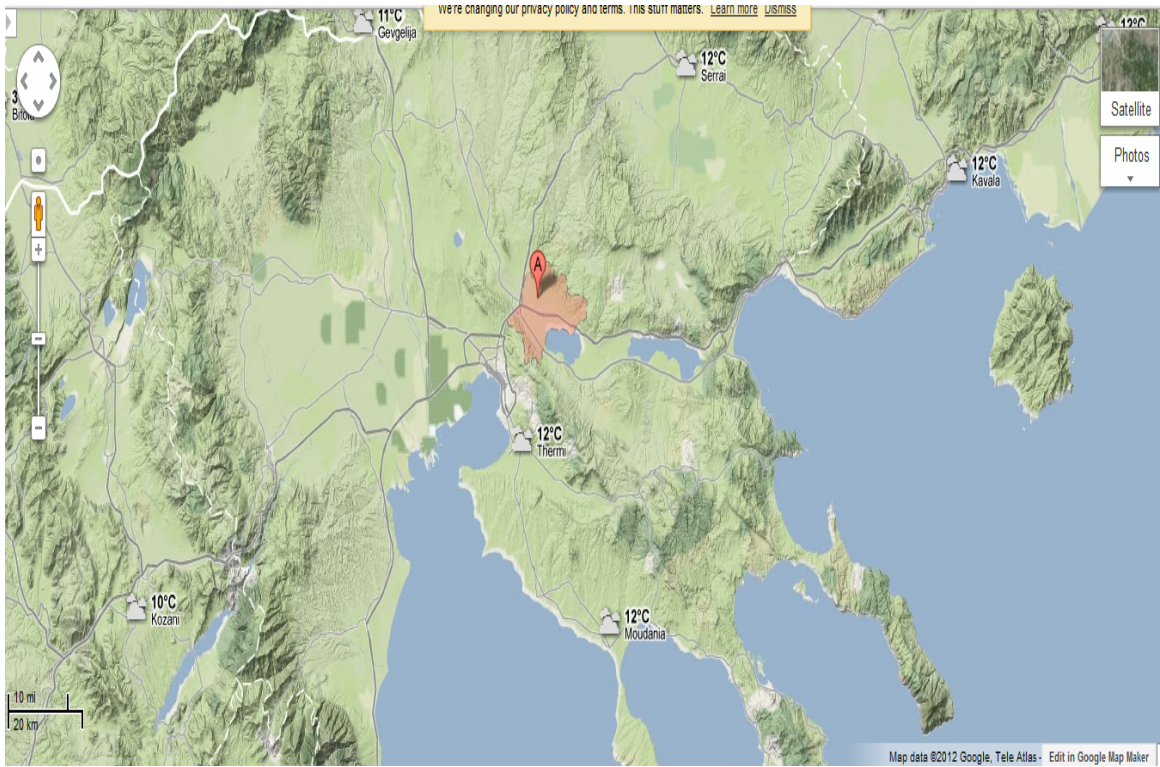


Σχήμα 21: Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας

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

3.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ.





Για τους περαιτέρω υπολογισμούς θα χρειαστούμε τα παρακάτω κλιματικά δεδομένα.

Μέση μηνιαία θερμοκρασία 24ώρου [$^{\circ}\text{C}$] , Μέση ταχύτητα του ανέμου [m/s],

Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m².mo)],

Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m².mo)].

Χαρακτηριστικές τιμές για τέσσερις νομούς σε διαφορετικές τοποθεσίες της χώρας.

Πόλεις	Νομοί	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος	Υψόμετρο βαρομέτρου (m)
Χανιά	Χανίων	35 ⁰ 29'	24 ⁰ 07'	150,0
Αθήνα	Αττικής	37 ⁰ 54'	23 ⁰ 45'	15
Θεσσαλονίκη (Λαγκαδάς)	Θεσσαλονίκη	40 ⁰ 54'	23 ⁰ 53'	96
Ξάνθη	Ξάνθη	41 ⁰ 08'	24 ⁰ 53'	43

Πίνακας Σταθμοί μέτρησης της εθνικής μετεωρολογικής υπηρεσίας

Πόλεις	Ιαν	Φέβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Χανιά	12	11.8	13.4	16.3	20.1	24.5	26.5	26.1	23.3	19.4	16	13.1
Αθήνα	10	10.6	12.3	16	20.7	25.4	28.1	28	24.3	19.6	15	12.0
Θεσ/νίκη	5.3	6.8	9.8	14.3	19.7	24.5	26.8	26.2	21.9	16.3	11	6.9
Ξάνθη	5.6	6.8	9.6	14.3	19.8	24.1	26.6	26	22.4	16.5	11	6.9

Πίνακας Μέση μηνιαία θερμοκρασία 24ώρου [$^{\circ}\text{C}$]

Πόλεις	Ιαν	Φέβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Χανιά	3.1	3.1	3.1	2.8	2.5	2.6	2.2	2.0	2.2	2.1	2.3	2.9
Αθήνα	3.9	4.0	3.8	3.3	3.1	3.3	3.9	4.0	3.6	3.7	3.4	3.8
Θεσ/νίκη	3.0	3.0	2.8	2.8	2.6	3.1	3.3	2.9	2.8	2.5	2.6	2.8
Ξάνθη	1.4	1.3	1.0	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	1.4	1.3	1.4

Πίνακας Μέση ταχύτητα του ανέμου [m/s]

Πόλεις	Ιαν	Φέβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Χανιά	62.0	80.0	124.0	167.0	212.0	220.0	225.0	205.0	161.0	111.0	78.0	59.0
Αθήνα	63.0	79.0	117.7	154.3	195.4	214.0	222.4	202.7	152.6	109.0	70.7	55.7
Θεσ/νίκη	52.6	67.5	103.2	140.7	179.1	198.6	209.5	184.7	136.7	91.4	56.6	45.5
Ξάνθη	50.0	65.0	105.0	145.0	188.0	209.0	215.0	193.0	145.0	99.0	58.0	45.0

Πίνακας Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m².mo)].

Πόλεις	Ιαν	Φέβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Χανιά	27.0	34.2	52.4	66.8	81.6	84.4	84.4	74.0	57.1	42.4	29.2	24.4
Αθήνα	25.1	32.2	50.3	65.7	81.9	85.5	85.3	73.7	55.5	40.1	26.5	22.0
Θεσ/νίκη	21.8	29.2	47.3	64.2	82.0	86.6	86.1	73.1	53.6	36.9	23.1	18.7
Ξάνθη	21.1	28.5	47.1	64.3	82.4	87.0	86.3	73.2	53.4	36.8	22.8	18.2

Πίνακας Μέση μηνιαία διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο [kWh/(m².mo)].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Ενεργειακή μελέτη

Για την ενεργειακή μελέτη του συστήματος την συμπεριφορά του, τις απώλειες την αποτελεσματικότητα του καθώς επίσης και για την τεχνική μελέτη όπως ο αριθμός και η ισχύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων (panel), ο αριθμός και η ισχύ των μετατροπέων (inverter), η διατομή τα μήκη, το υλικό των καλωδιώσεων θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω προγράμματα λογισμικού μελέτης.

Το **SMA Sunny design** της εταιρίας **SMA** (εταιρίας κατασκευής inverter) το οποίο ειδικεύεται στο να μας δώσει την καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα όσον αφορά την επιλογή των μεταροπέων σε σχέση με το μέγεθος την ισχύ και χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Όσον αφορά τα ετήσια δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας και τα γεωγραφικά δεδομένα της περιοχής μελέτης μας οι τιμές πάρθηκαν από την διεθνή βάση δεδομένων κλιματολογίας **METEONORM** της ελβετικής εταιρίας **METEOTEST** το **SOLAR GIS** και από τους πίνακες της **Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας**.

Όλες οι τιμές προσαρμόστηκαν στο πρόγραμμα μελέτης και σχεδιασμού της **PVsyst** μέσω του οποίου έγινε η ανάλυση και η προσομοίωση του φωτοβολταϊκού πάρκου.

4.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΕΟΝΟΡΜ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

ΜΕΤΕΟΝΟΡΜ

Name of site = Lagadas - Kolchiko

Latitude [°] = 40,757, Longitude [°] = 23,115, Altitude [m] = 121, Climatic zone = IV, 1

Radiation model = Default (hour); Temperature model = Default (hour)

Temperature: New period = 1996-2005

Radiation: New period = 1981-2000

Gh: Only 4 station(s) for interpolation

Ta: Only 3 station(s) for interpolation

Rh: Only 3 station(s) for interpolation

FF: Only 3 station(s) for interpolation

Nearest 3 stations: Gh: Thessaloniki (30 km), Sandanski (86 km), Bitola (151 km)

Nearest 3 stations: Ta: Thessaloniki (30 km), Sandanski (86 km),

KAVALA/CHRISOUPOLIS (127km)

Month	G_Gh	G_Dh	Ta	FF
	[W/m ²]	[W/m ²]	[C]	[m/s]
Jan	69	34	5.6	1.8
Feb	114	50	6.7	2.1
Mar	158	76	9.3	2.1
Apr	206	97	13.5	1.7
May	260	103	19.5	1.7
Jun	304	103	24.2	2.3
Jul	289	98	26.4	2.3
Aug	261	93	26.0	2.0
Sep	200	75	21.2	1.8
Oct	126	66	16.5	1.5
Nov	80	38	11.4	1.5
Dec	57	31	6.7	1.6
Year	177	72	15.6	1.9

Ta: Θερμοκρασία, (Air temperature)

FF: Ταχύτητα ανέμου, (Wind speed)

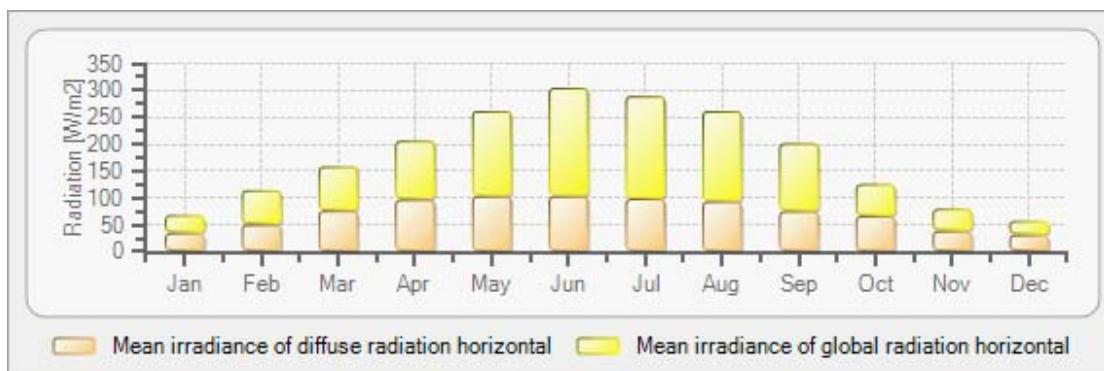
G_Ghhor: Μέση ηλιακή ακτινοβολία με βάση τις παραμέτρους οριζοντα της περιοχής, (Mean irradiance of global radiation horiz., with high horizon)

G_Dhhor: Μέση διάχυτη ακτινοβολία με βάση τον οριζοντα της περιοχής, (Mean irradiance of diffuse rad. horiz., with high horizon)

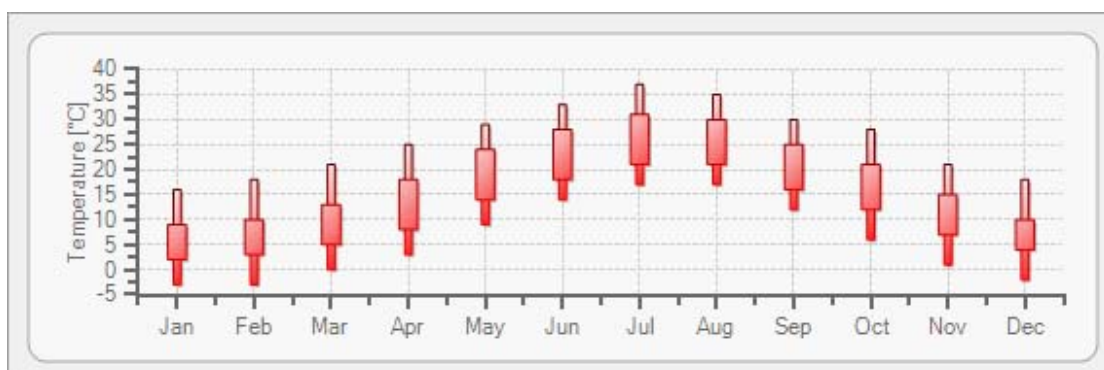
Η ακτινοβολία εκφράζεται σε [W/m²]

Η θερμοκρασία εκφράζεται σε [C]

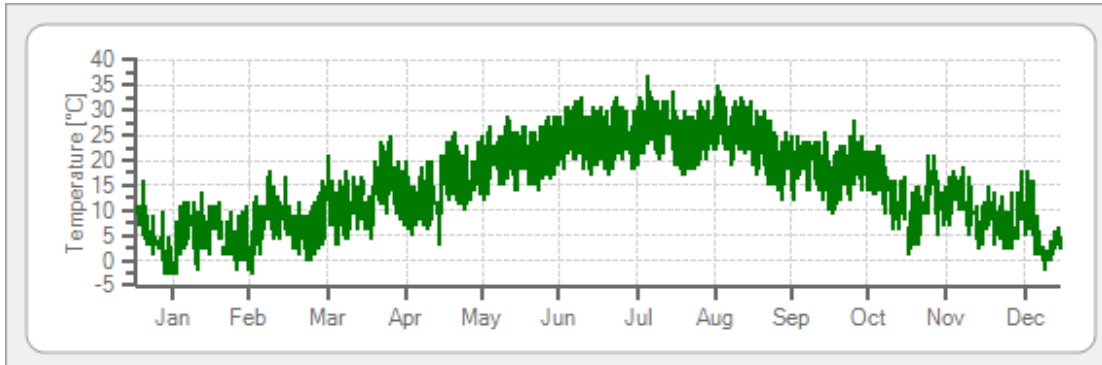
Η ταχύτητα του ανέμου εκφράζεται σε [m/s]



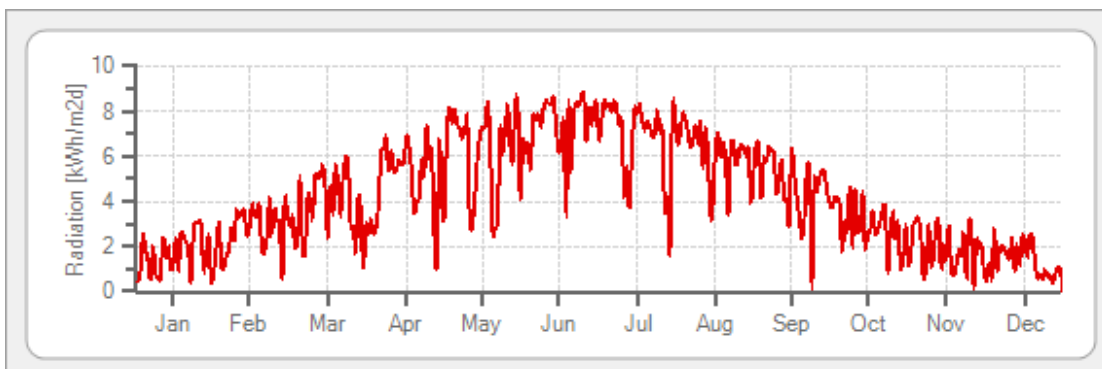
Εικόνα 1: Απεικόνιση της μέσης ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (κίτρινο) και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας (πορτοκαλί).



Εικόνα 2: Μηνιαίες ακραίες τιμές θερμοκρασίας.



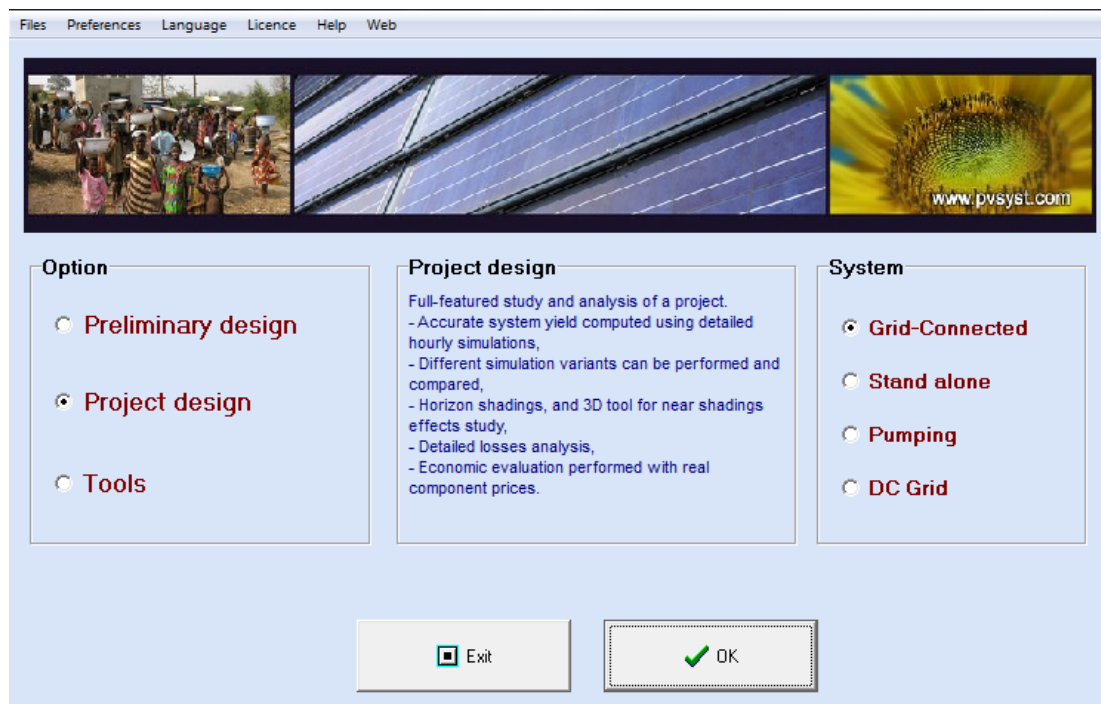
Εικόνα 3: Απόλυτες τιμές θερμοκρασίας .



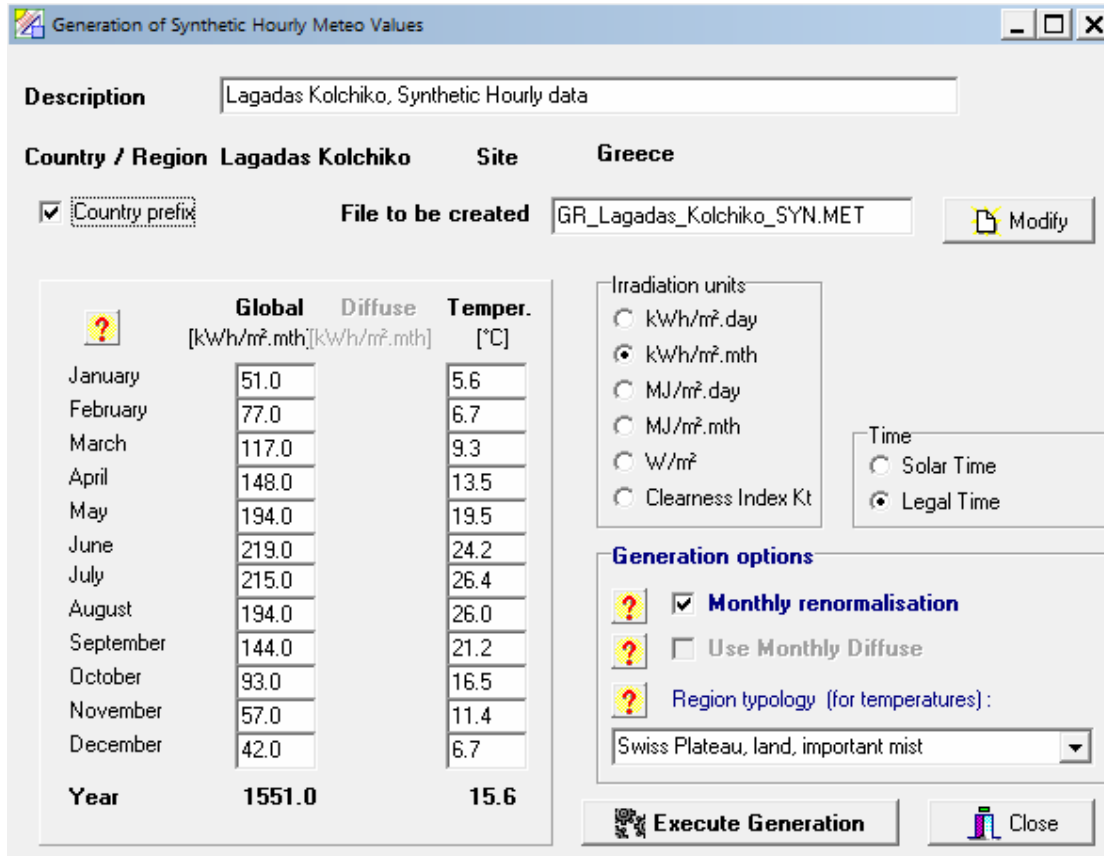
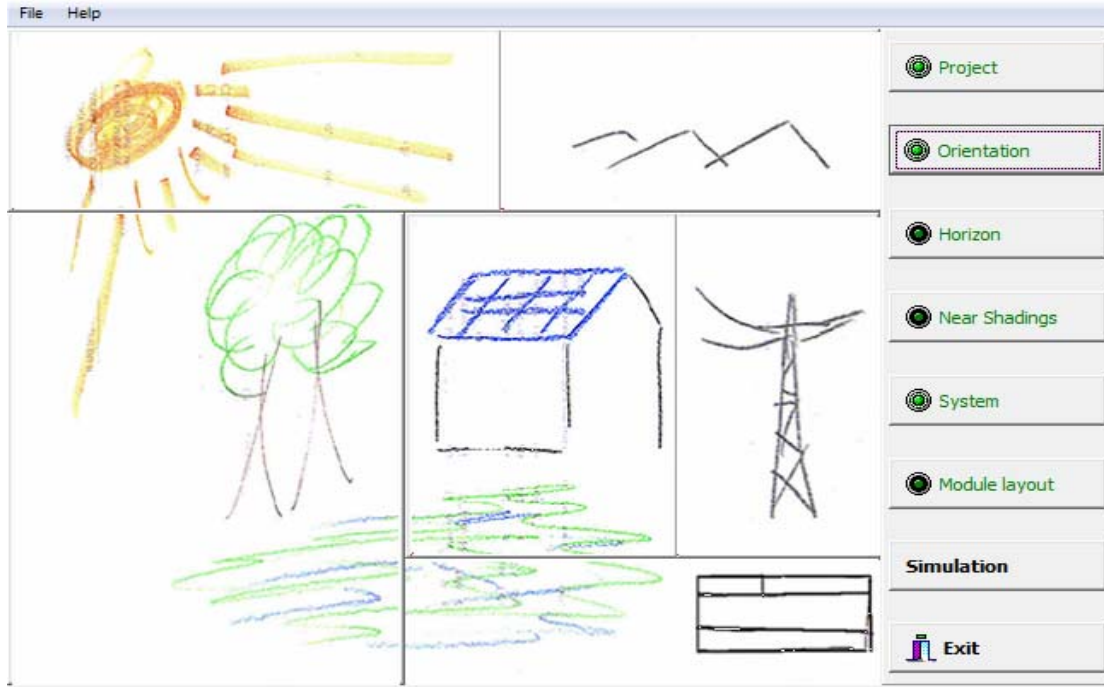
Εικόνα 4: Απόλυτες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας.

4.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ PV SYST

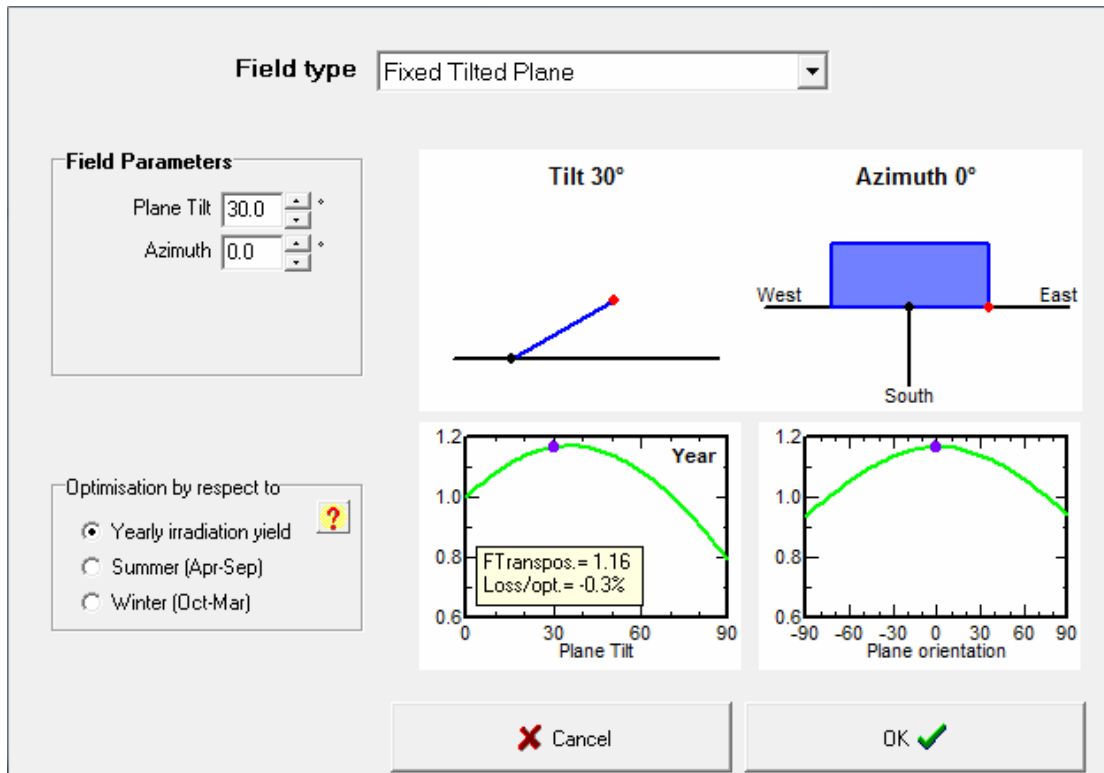
Βήμα 1 : Επιλέγουμε την εντολή **Project design** και στο System την εντολή **Grid – Connected** (δηλαδή σύνδεση στο δίκτυο της Δ.Ε.Η)



Βήμα 2 : Επιλέγουμε την εντολή **Project** και εισάγουμε τα κλιματικά δεδομένα που υπολογίσαμε στο **METEONORM** παραπάνω.



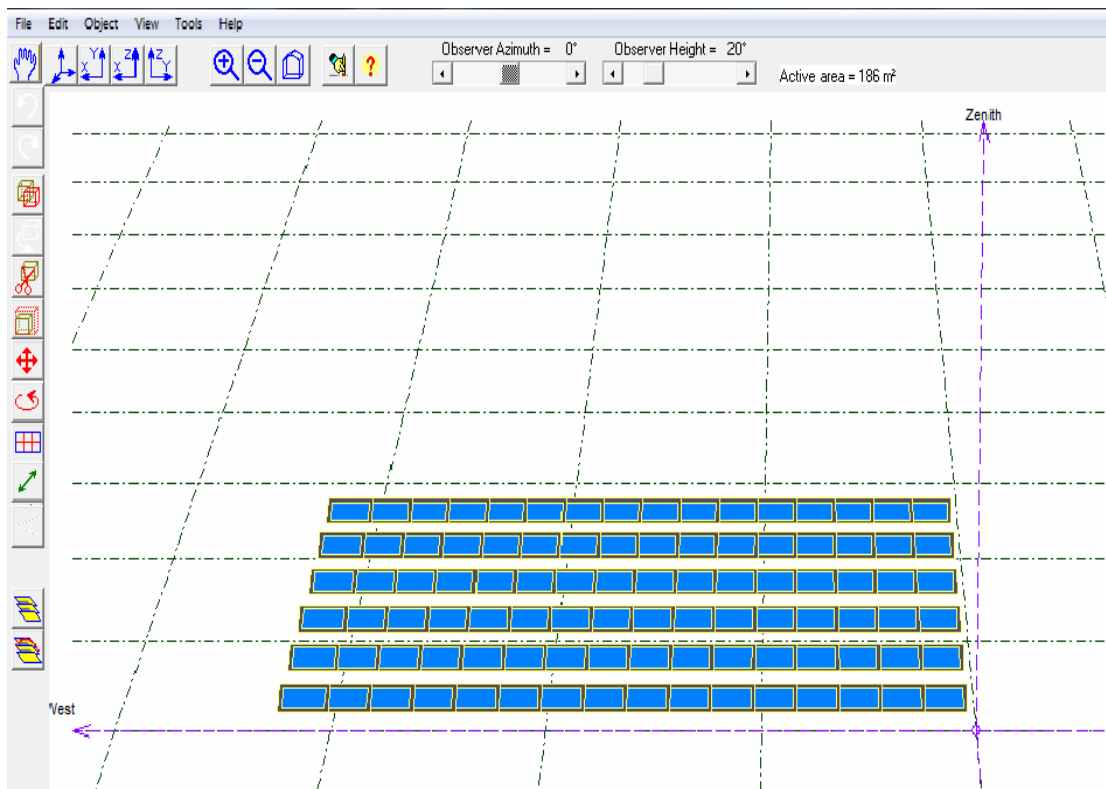
Βήμα 3 : Από την εντολή **Orientation** (προσανατολισμός) επιλέγουμε την γωνία κλίσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Το πάρκο μελέτης μας έχει πλήρη προσανατολισμό στο νότο και επομένως η γωνία Azimuth (αζιμουθίου) είναι 0 μοίρες.



Στο PVsyst υπολογίστηκε πώς η καλύτερη δυνατή κλίση είναι 30° κάτι το οποίο είναι και το πιο συνηθισμένο για τα ελληνικά δεδομένα.

(Οι τιμές κλίσης για την Ελλάδα για σταθερά συστήματα με προσανατολισμό πλήρως στο Νότο κυμαίνεται μεταξύ 29° και 30°).

Βήμα 4 : Επιλέγουμε την εντολή **Near Shadings** (κοντινές σκιάσεις) και βλέπουμε μια προσημείωση του φωτοβολταϊκού πάρκου. Αφού στην περίπτωση μας δε είχαμε σκιάσεις από κοντινά αντικείμενα (δέντρα, κτίρια) τα πλαίσια εμφανίζονται χωρίς σκίαση στο σχέδιο μας.



Βήμα 5 : Επιλέγουμε την εντολή **System** (ρυθμίσεις συστήματος) και επιλέγουμε το τύπο των πλαισίων (module) και των αντιστροφέων (inverter) πρώτα για τις πέντε ισάριθμες στοιχειοσειρές και έπειτα τον αντιστροφέα για την μικρότερη σε ισχύς και φωτοβολταϊκά πλαίσια σε σειρά. Η ακριβής επιλογή των αντιστροφέων όσο και του τύπου του πλαισίου θα γίνει στην επόμενη παράγραφο μέσω του ειδικού προγράμματος της SMA.

Global System configuration

2 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	720	Nominal PV Power	180 kWp
Module area	1397 m ²	Maximum PV Power	169 kWdc
Nb. of inverters	11	Nominal AC Power	177 kWac

Sub-field #1 | Sub-field #2

Presizing Help

No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module

Sort modules: Power Technology Manufacturer All modules

250 Wp 30V	Si-poly	ET-P672 250	ET Solar	Manufacturer 20	
------------	---------	-------------	----------	-----------------	--

Approx. needed modules: **360** Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) **30.1 V**
V_{oc} (-10°C) **48.4 V**

Select the inverter

Sort inverters by: Power Voltage (max) Manufacturer All inverters

17 kW	150 - 800 V	50/60Hz	Sunny Tripower17000 TL	SMA	
-------	-------------	---------	------------------------	-----	--

Nb. of inverters: Use multi-MPPT feature Operating Voltage: **150-800 V** Global Inverter's power: **75.0 kWac**
Input maximum voltage: **1000 V** **Inverter with 2 MPPT**

Global System configuration

2 Number of kinds of sub-fields

Simplified Schema

Global system summary

Nb. of modules	400	Nominal PV Power	100 kWp
Module area	776 m ²	Maximum PV Power	93.7 kWdc
Nb. of inverters	6	Nominal AC Power	95.0 kWac

Sub-field #1 | Sub-field #2

Presizing Help

No Sizing Enter planned power kWp, ... or available area m²

Select the PV module

Sort modules: Power Technology Manufacturer All modules

250 Wp 30V	Si-poly	ET-P672 250	ET Solar	Manufacturer 20	
------------	---------	-------------	----------	-----------------	--

Approx. needed modules: **42** Sizing voltages: V_{mpp} (60°C) **30.1 V**
V_{oc} (-10°C) **48.4 V**

Select the inverter

Sort inverters by: Power Voltage (max) Manufacturer All inverters

10 kW	150 - 800 V	50/60 Hz	Sunny Tripower10000 TL	SMA	
-------	-------------	----------	------------------------	-----	--

Nb. of inverters: Use multi-MPPT feature Operating Voltage: **150-800 V** Global Inverter's power: **10.0 kWac**
Input maximum voltage: **1000 V** **Inverter with 2 MPPT**

57

Βήμα 6 : Επιλέγουμε την εντολή **Module Layout** (διάταξη μονάδας) και βλέπουμε την διάταξη του φωτοβολταϊκού πάρκου που αποτελείται από πέντε στοιχοσειρές των εβδομήντα δύο πλαισίων (module) και μία στοιχοσειρά των σαράντα δύο πλαισίων.

General Sub-fields area definition

You can define several pieces of area ("subfields") for positioning your modules. ?

Main area for mounting modules Add Suppr

General PV array

PVModule : ET-P672.250	System: Nb. modules in series	20	Total area	776.1 m ²
W x H : 1.956 x 0.992 m ²	Total number of strings	20	Total power	100.0 kWp
	Total nb. of modules	400	Excess positioned:	2 modules
	Modules assigned to strings	0	Left to be assigned:	400 mod.

Sub Field Area Layout

Mechanical

You should define here the available area for positioning modules (with eventual forbidden rectangles or triangles).

Available area

Main Rectangle: W x H x m²

Secondary Rectangles

Add Suppr

Secondary Rect: W H m²

Custom position: X Y m

Contribution

Inactive Active

Corner Positions ?

Triangle shape

Module arrangement

Module spacing: in X in Y m

Filling Mode

From left From top Centered From right From bottom

Mod. layout

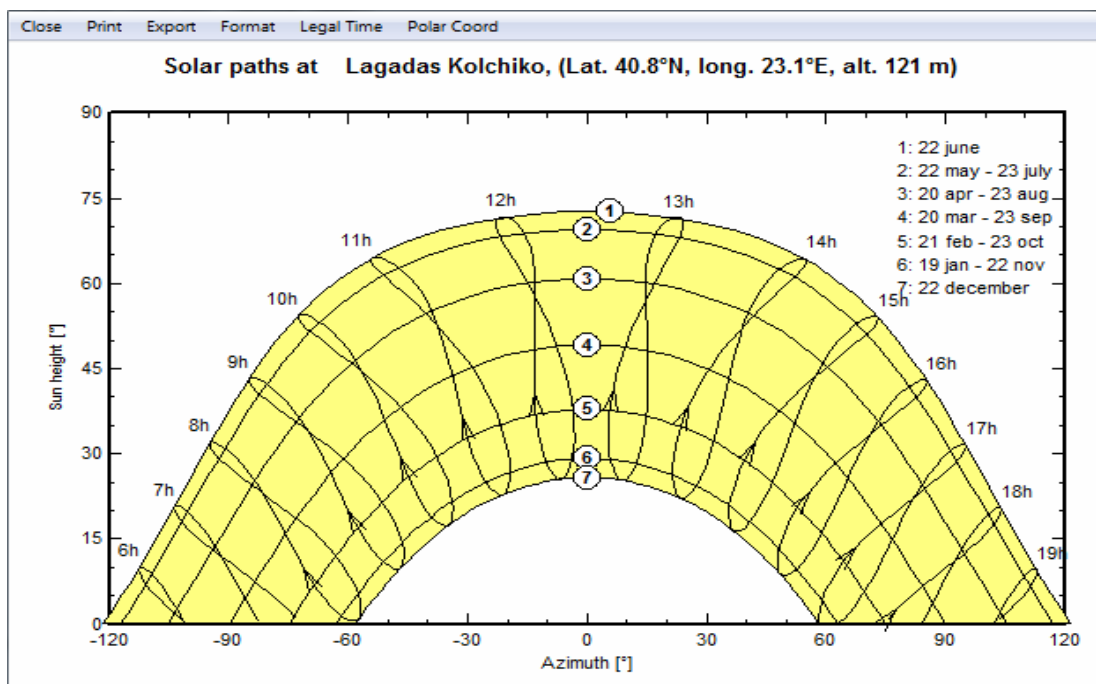
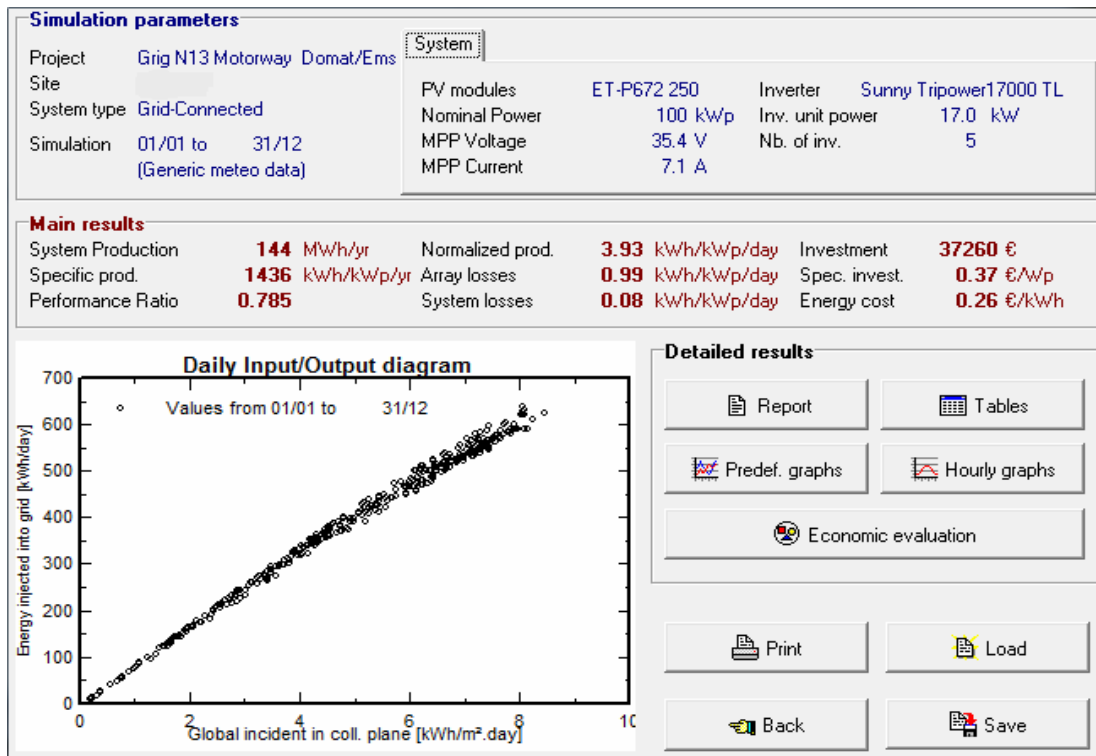
Vertical Horizontal

?

Summary for this sub-field area

Total on this sub-field **402 modules** **1606.6m²**

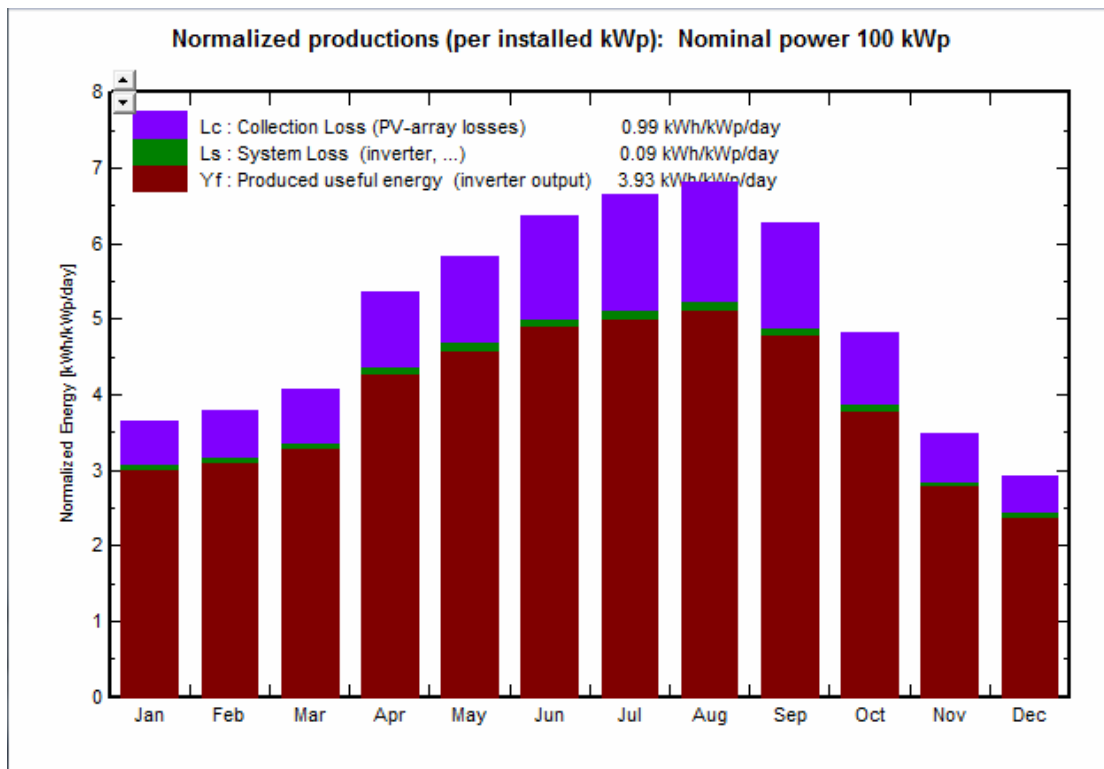
Βήμα 7 : Επιλέγουμε την εντολή **Simulation** (προσομοίωση) που μας δείχνει την προσομοίωση της μελέτης που έγινε λαμβάνοντας υπόψη όλα τα δεδομένα που εισάγαμε παραπάνω (κλιματικά δεδομένα περιοχής, ισχύ φωτοβολταϊκής γενήτριας και μετατροπέων, απώλειες οργάνων και αγωγών) . Εμφανίζεται η μέγιστη ισχύς και η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα χρόνο αλλά και ημερησίως.



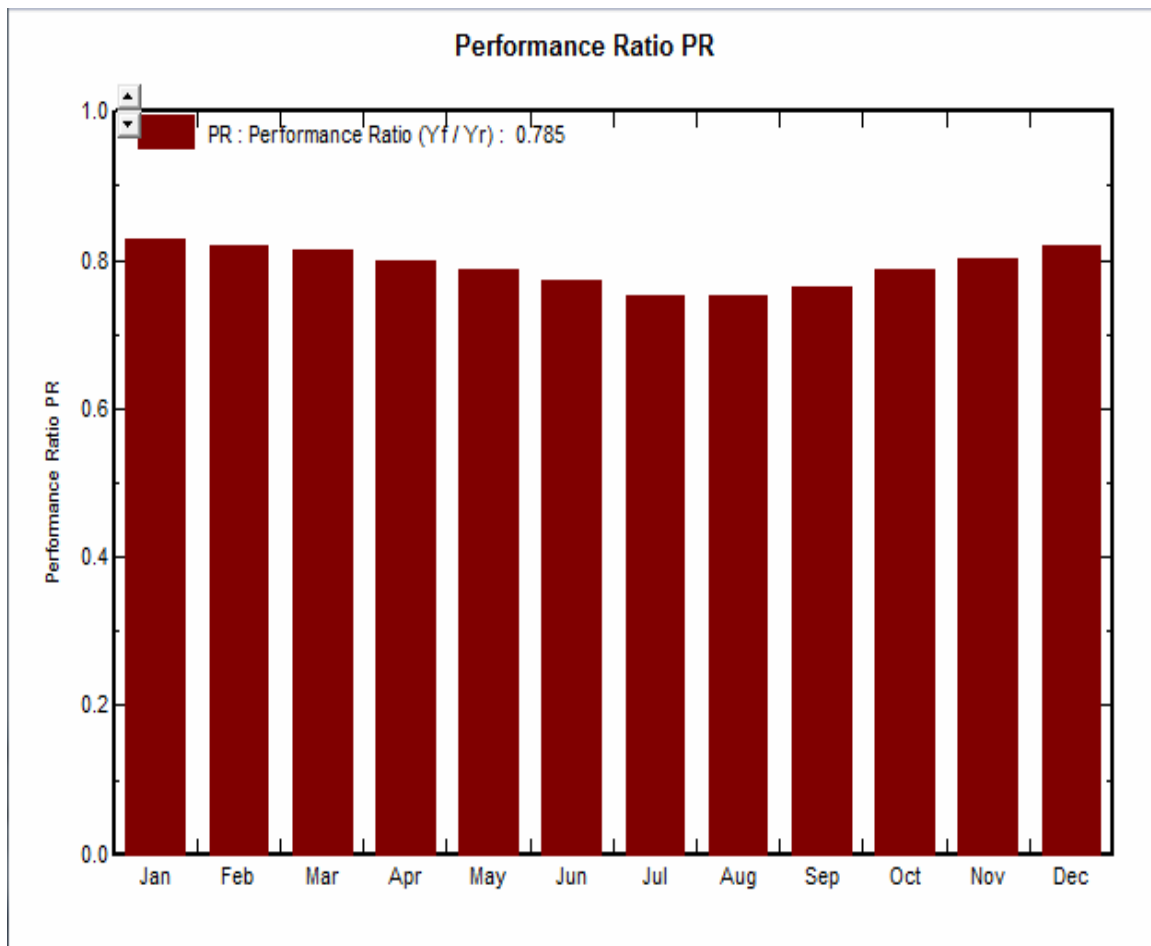
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Με βάση την τυπική χωροθέτηση τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής και τους υπολογισμούς του ειδικού λογισμικού **PVSyst** υπολογίστηκε ότι η ετήσια απολαβή από την παραγόμενη ενέργεια ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος θα είναι **1436 kWh/kWp/yr** ή **144 MWh/yr** και ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης (Performance Ratio) είναι **78,5%**.

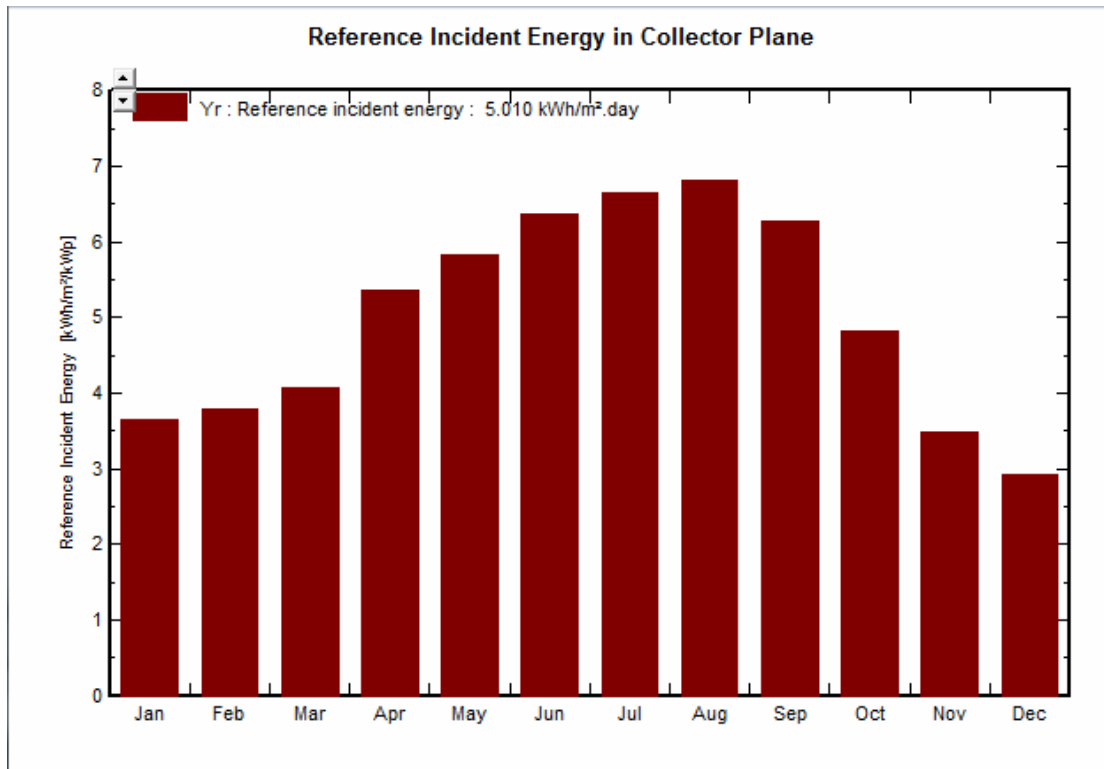
Διάγραμμα κατανομής ανά εγκατεστημένο kWp ανά μήνα



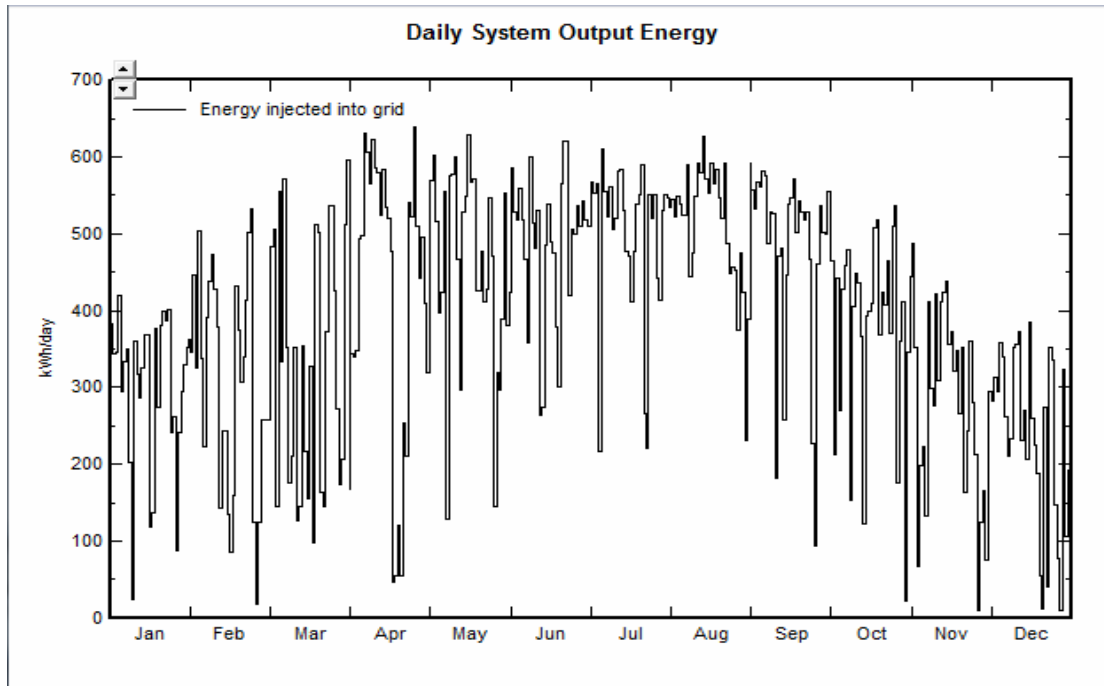
Βαθμός απόδοσης εγκατάστασης ανά μήνα



Προσπίπτουσα ενέργεια $\text{kWh/m}^2/\text{kWp}$ ανά μήνα.



Ημερήσια ενέργεια εξόδου της εγκατάστασης σε kWh/μέρα



Αποτελέσματα ανά μήνα για διάφορες παραμέτρους.

New simulation variant Balances and main results								
	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%	%
January	66.0	11.60	113.2	109.6	9564	9369	10.89	10.67
February	74.0	10.90	106.3	103.2	8922	8727	10.81	10.57
March	104.1	11.80	125.8	121.9	10461	10229	10.71	10.48
April	147.0	13.90	160.9	155.9	13160	12873	10.54	10.31
May	182.0	18.00	180.9	175.0	14567	14252	10.38	10.15
June	201.0	22.10	190.8	184.5	15042	14717	10.16	9.94
July	213.0	25.60	206.2	199.5	15863	15519	9.91	9.70
August	200.0	26.30	211.4	204.8	16245	15912	9.90	9.70
September	155.0	24.30	188.5	183.1	14677	14374	10.03	9.82
October	106.0	20.50	149.3	144.9	12001	11755	10.36	10.15
November	66.0	16.40	104.8	101.6	8587	8400	10.55	10.32
December	52.0	13.50	90.5	87.5	7577	7406	10.79	10.55
Year	1566.1	17.95	1828.5	1771.4	146665	143534	10.33	10.11

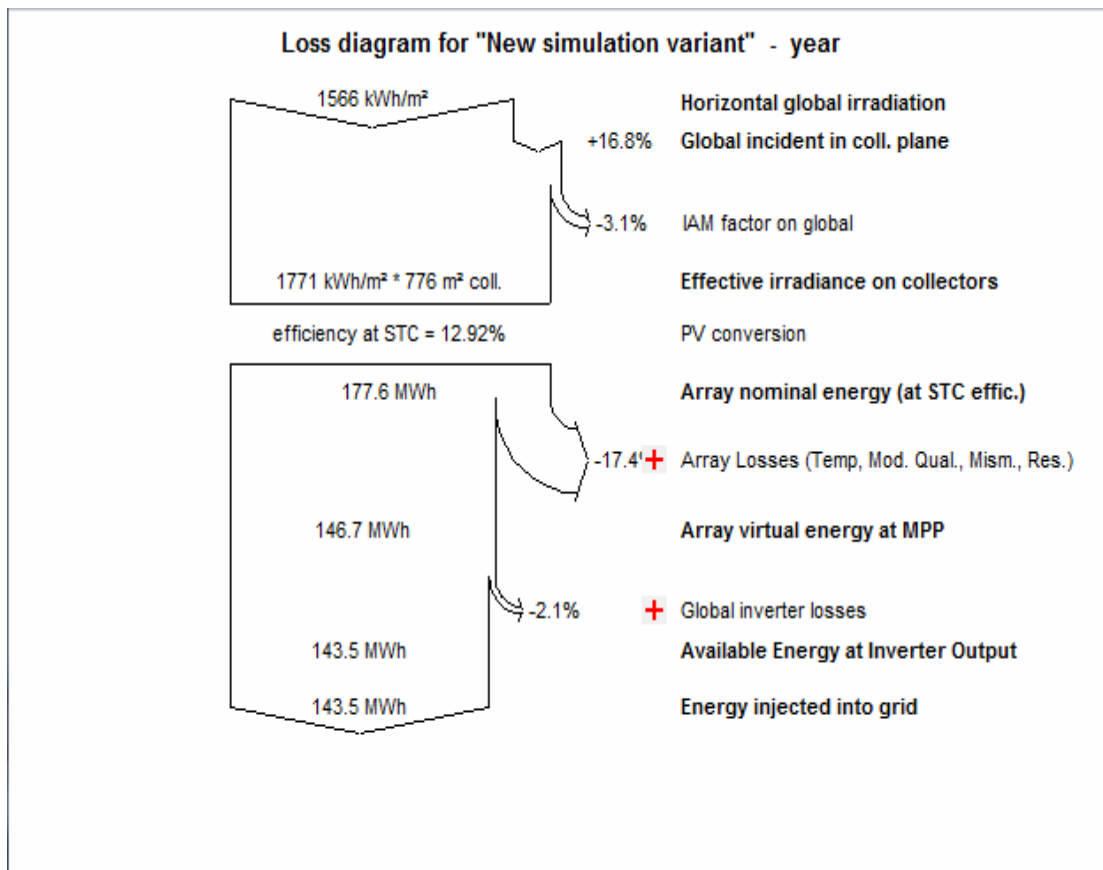
Υπόμνημα:

GlobHor Horizontal global irradiation (ηλιακή ακτινοβολία)

T Amb Ambient Temperature (θερμοκρασία περιβάλλοντος)

- GlobInc Global incident in coll. Plane (ολική προσπίπτουσα ενέργεια)
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings (επίδραση από εμπόδια και σκιάσεις)
- EArray Effective energy at the output of the array (εκμεταλλεύσιμη ενέργεια στη έξοδο της εγκατάστασης)
- E_Grid Energy injected into grid (ενέργεια που διοχετεύεται στο δίκτυο)
- EOutInv Available Energy at Inverter Output (διαθέσιμη ενέργεια στη έξοδο του αντιστροφέα)
- EffArrR Effic. Eout array / rough area (αποδοτικότητα εγκατάστασης σε δύσβατη περιοχή)
- EffSysR Effic. Eout system / rough area (αποδοτικότητα συστήματος σε δύσβατη περιοχή)

Διάγραμμα απωλειών έτους



4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΟ SMA SUNNY DESIGN

Σε αυτή την ενότητα κάνουμε μία μελέτη που σκοπό έχει την επιλογή των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των αντιστροφών όσο αναφορά τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη και την συμβατότητα μεταξύ τους. Η επιλογή του αριθμού των συστοιχιών και ο αριθμός των πλαισίων σε κάθε στοιχωσειρά έγινε έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ισχύ και υψηλότερος βαθμός απόδοσης των αντιστροφών.

Φ/Β γεννήτρια 1

Όνομασία: Φ/Β γεννήτρια 1

Κατασκ.: ET Solar

Φ/Β δομοσ.: ET-P672250

Αρ. φ/β μονάδων: 402

Θερμοκρασία κυψέλης: -10 ... 70 °C

Προεπιλογή: Αρ. φ/β μονάδων Μέγιστη ισχύς

Ευθυγράμμιση: Αζιμούθιο: 0° Κλίση: 30°

Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

Αλλαγή Προτάσεις σχεδιασμού ...

1 x STP 10000TL-10

Μετατροπέας: STP 10000TL-10

Αριθμός μετατροπέων: 1

Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1): 10,20 kW

Μέγ. ισχύς AC: 10,00 kVA

Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1): 10,00 kW

Σύνδεση AC: τριφασική

Μέγ. αποδοτικότητα: 98,1 %

Τάση δικτύου: 230V (230V / 400V)

Συντελεστής μετατόπισης cos φ: 1,00

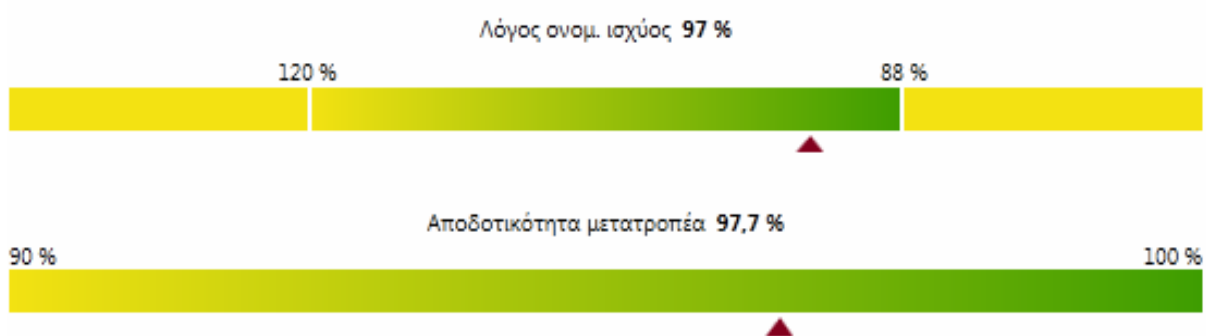
Επισκόπηση μετατροπέων

	Φ/Β γεννήτρια 1 402 / 402	Μέγιστη ισχύς	Λόγος ονομ. ισχύος	Συντ.ενεργ. χρήσης	
✓ 5 x STP 17000TL-10	3 x 18 (A) 1 x 18 (B)	90,00 kWp	97 %	100 %	🗑️
✓ 1 x STP 10000TL-10	2 x 16 (A) 1 x 10 (B)	10,50 kWp	97 %	100 %	🗑️

Επιλέχθηκαν 402 μονάδες συνολικής απόδοσης 100.5 kWp, 5 αντιστροφείς ονομαστικής ισχύς 17 kW και 1 αντιστροφέας ονομαστικής ισχύος 10 kW. Παρακάτω φαίνονται η συνολικής ισχύς της εγκατάστασης καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά και ο βαθμός απόδοσης των πλαισίων και των αντιστροφών.

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	402
Μέγιστη ισχύς	100,50 kWp
Αριθμός μετατροπέων	6
Ονομαστική ισχύς AC	95,00 kW
Ενεργή ισχύς AC	95,00 kW
Σχέση ενεργής ισχύος	94,5 %
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	138,58 MWh
Συντ.ενεργ. χρήσης	100 %
Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)*	86,8 %
Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	1379 kWh/kWp
Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας)	0,31 %
Μη αντισταθμισμένο φορτίο	0,00 VA
Ιδιοκατανάλωση	---
Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης	---

5 x STP 17000TL-10



Λόγος ονομ. ισχύος	97 %
Αποδοτικότητα μετατροπέα	97,7 %
Συντ.ενεργ. χρήσης	100 %
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	124,19 MWh
Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	1380 kWh/kWp
Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)*	87,2 %
Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας)	0,34 %

1 x STP 10000TL-10

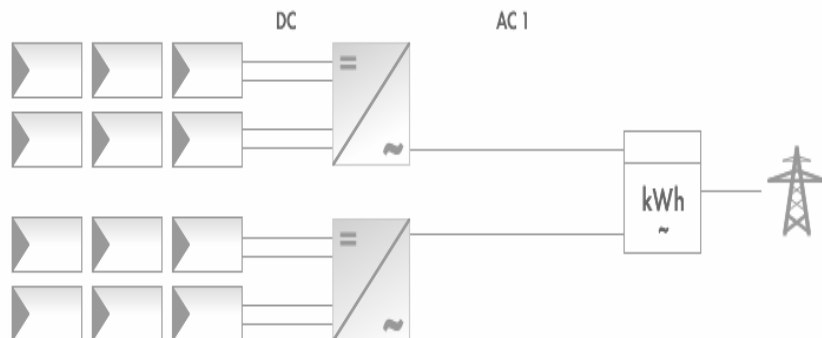
Λόγος ονομ. ισχύος 97 %



Αποδοτικότητα μετατροπέα 96,8 %



Λόγος ονομ. ισχύος	97 %
Αποδοτικότητα μετατροπέα	96,8 %
Συντ.ενεργ. χρήσης	100 %
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	14393,20 kWh
Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*	1371 kWh/kWp
Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)*	86,4 %
Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας)	0,04 %



Εργασία | Αγωγοί DC | Αγωγοί AC1 | Αγωγοί AC2 | Διαθέσιμος υποδιανομέας

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

Συνολικές απώλειες

	DC	AC	Συνολικά
Συνολικό μήκος αγωγού:	779,00 m	272,00 m	1051,00 m
Διατομές αγωγών:	6 mm ² ..10 mm ²	25 mm ²	6 mm ² ..25 mm ²
Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	321,31 W	330,95 W	652,26 W
Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	0,07 % ✓	0,35 % ✓	0,42 % ✓

Όνομα εργασίας: **Λαγκαδάς Κολχικό**

Τοποθεσία: **Greece / Lagadas Kolchiko**

Αριθμός εργασίας:

Αρχείο έργου: 4567890.sdp2

Τάση δικτύου: 3~230 V

Επιτήρηση συστήματος

402 x ET Solar ET-P672250 (Φ/Β γεννήτρια 1)

Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 25°, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση, Μέγιστη ισχύς: 100,50 kWp

 **5 x STP 17000TL-10**

 **1 x STP 10000TL-10**

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	402	Συντ.ενεργ. χρήσης:	100 %
Μέγιστη ισχύς:	100,50 kWp	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)*:	86,8 %
Αριθμός μετατροπέων:	6	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	1383 kWh/kWp
Ονομαστική ισχύς AC:	95,00 kW	Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας):	---
Ενεργή ισχύς AC:	95,00 kW	Μη αντισταθμισμένο φορτίο:	0,00 VA
Σχέση ενεργής ισχύος:	94,5 %	Ιδιοκατανάλωση:	---
Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)*:	139,01 MWh	Ποσοστό ιδιοκατανάλωσης:	---

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Λαγκαδάς Κολχικό
 Αριθμός εργασίας:
 Αρχείο έργου: 4567890.sdp2

Τοποθεσία: Greece / Salonika
 Θερμοκρασία κυψέλης:
 Ελάχιστη θερμοκρασία: -10,00 °C
 Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C
 Μέγιστη θερμοκρασία: 70,00 °C

Τμηματική εργασία 1

5 x STP 17000TL-10

Μέγιστη ισχύς:	90,00 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	360
Αριθμός μετατροπέων:	5
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	17,41 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	17,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος	97 %
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



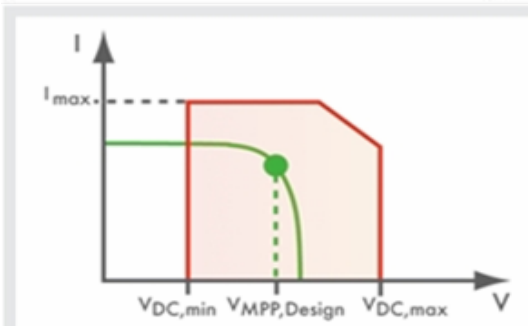
STP 17000TL-10

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια 1
 54 x ET Solar ET-P672250, Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

Είσοδος B: Φ/Β γεννήτρια 1
 18 x ET Solar ET-P672250, Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

	Είσοδος A:		Είσοδος B:	
Αριθμός στοιχείων:	3		1	
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	18		18	
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	13,50 kWp		4,50 kWp	
Χαρακτηριστική φ/β τάση:	562 V	✓	562 V	✓
Ελάχ. φ/β τάση:	505 V	✓	505 V	✓
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	150 V		150 V	
Μέγ. φ/β τάση:	878 V	✓	878 V	✓
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V		1000 V	
Μέγ. ρεύμα φ/β γεννήτρ.:	21,4 A	✓	7,1 A	✓
Μέγ. ρεύμα DC:	33,0 A		11,0 A	
Μέγ. ρεύμα βραχυκύκλωσης:	50,0 A		12,5 A	



Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Sunny Design 2.20.1.R

Αξιολόγηση του σχεδιασμού

Όνομα εργασίας: Λαγκαδάς Κολχικό
 Αριθμός εργασίας:
 Αρχείο έργου: 4567890.sdp2

Τοποθεσία: Greece / Salonika
 Θερμοκρασία κυψέλης:
 Ελάχιστη θερμοκρασία: -10,00 °C
 Θερμοκρασία σχεδιασμού: 50,00 °C
 Μέγιστη θερμοκρασία: 70,00 °C

Τμηματική εργασία 1

1 x STP 10000TL-10

Μέγιστη ισχύς:	10,50 kWp
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων:	42
Αριθμός μετατροπέων:	1
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 1):	10,20 kW
Μέγ. ενεργή ισχύς AC (cos φ = 1):	10,00 kW
Τάση δικτύου:	230 V
Λόγος ονομ. ισχύος	97 %
Συντελεστής μετατόπισης cos φ:	1



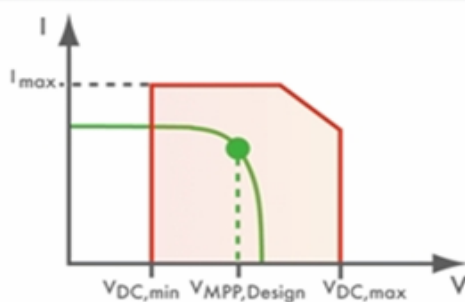
STP 10000TL-10

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Είσοδος A: Φ/Β γεννήτρια 1
 32 x ET Solar ET-P672250, Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

Είσοδος B: Φ/Β γεννήτρια 1
 10 x ET Solar ET-P672250, Αζιμούθιο: 0°, Κλίση: 30°, Τρόπος τοποθέτησης: Ελεύθερη τοποθέτηση

	Είσοδος A:		Είσοδος B:	
Αριθμός στοιχειοσειρών:	2		1	
Φωτοβολταϊκές μονάδες ανά σειρά:	16		10	
Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	8,00 kWp		2,50 kWp	
Χαρακτηριστική φ/β τάση:	500 V	✓	312 V	✓
Ελάχ. φ/β τάση:	449 V	✓	281 V	✓
Ελάχ. τάση DC (Τάση δικτύου 230 V):	150 V		150 V	
Μέγ. φ/β τάση:	780 V	✓	488 V	✓
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V		1000 V	
Μεγ. ρεύμα φ/β γεννήτρ.:	14,2 A	✓	7,1 A	✓
Μέγ. ρεύμα DC:	22,0 A		11,0 A	
Μέγ. ρεύμα βραχυκύκλωσης:	33,0 A		12,5 A	



Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ

Sunny Design 2.20.1.R



ET Solar ET-P672 250watt

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Κατασκ.:	ET Solar	
Φ/Β δομοσ.:	ET-P672250	
Τεχνολογία κυψελών:	poly	
Τρέχουσα φωτοβολταϊκή μονάδα:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ηλεκτρικές ιδιότητες:		Συντελεστές θερμοκρασίας: %/°C mV/°C
Όνομαστική ισχύς:	250,00 Wp	Τάση MPP: --- ---
Ανοχή ισχύος:	--- %	Τάση ανοιχτού κυκλώματος: -0,3670 -158,5
Τάση MPP:	35,20 V	
Ρεύμα MPP:	7,12 A	%/°C mA/°C
Τάση ανοιχτού κυκλώματος:	43,20 V	Ρεύμα βραχυκύκλωσης: 0,0581 4,47
Ρεύμα βραχυκύκλωσης:	7,70 A	Υποβάθμιση λόγω παλαίωσης: %
Επιτρεπτή τάση συστήματος:	1000 V	Ανοχή τάσης ανοιχτού κυκλώματος: 0,0
Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκής μονάδας (STC):	12,88 %	Ανοχή τάσης MPP: 0,0
Συνιστώμενη γείωση:	Καμία γείωση	
Μηχανικές ιδιότητες:		%
Αριθμός κυψελών στη φωτοβολταϊκή μονάδα:		Ανοχή ρεύματος MPP: 0,00
Βάρος:	23,00 kg	Ανοχή ρεύματος βραχυκύκλωσης: 0,00
Μήκος:	1956 mm	
Πλάτος:	992 mm	Σχόλιο:

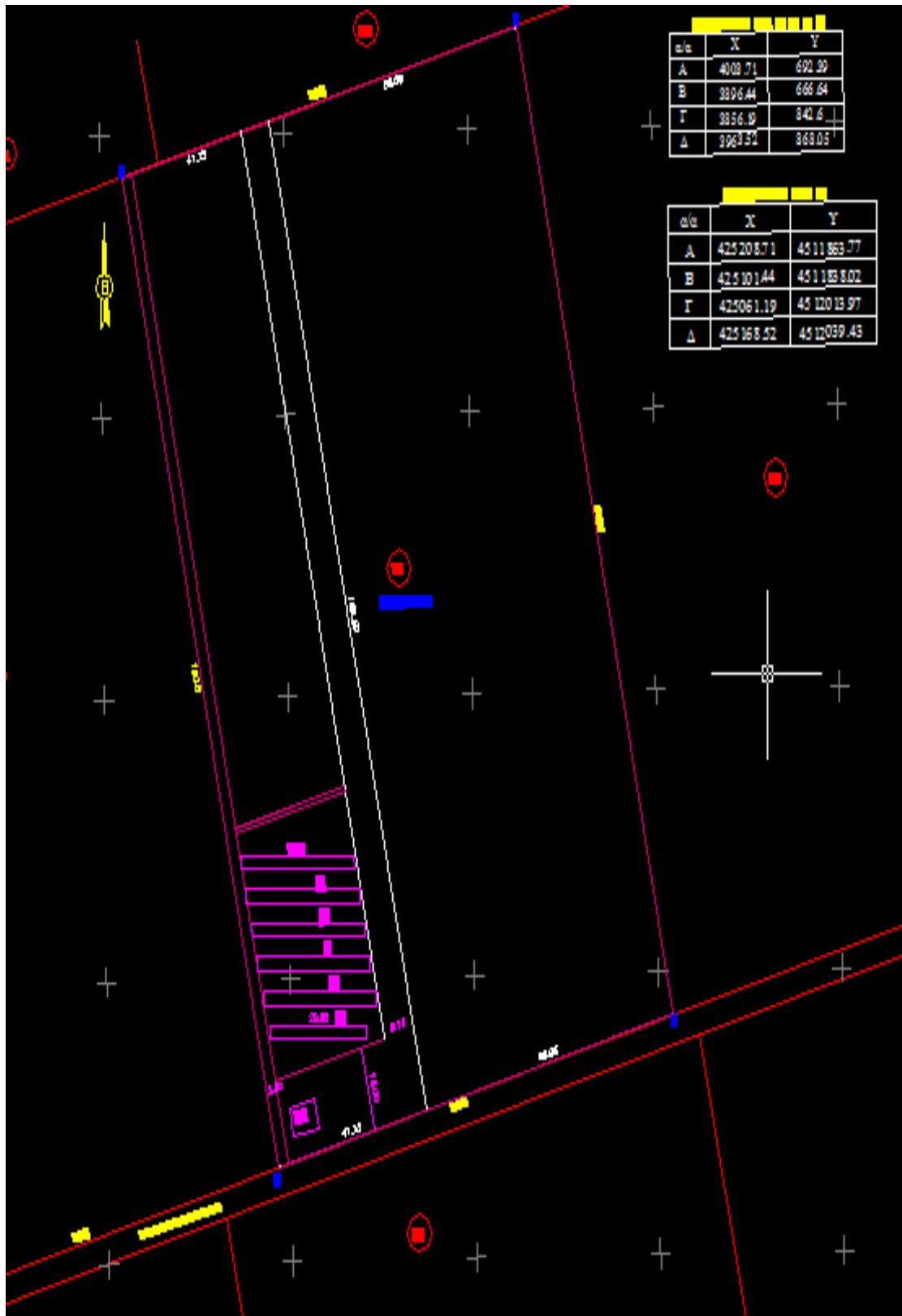
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Δεδομένα έργου

Η παρακάτω μελέτη αφορά την μελέτη υλοποίησης του φωτοβολταϊκού πάρκου 100.5 (kWp) σε ιδιόκτητο χώρο στον νομό Θεσσαλονίκης στην περιοχή Λαγκαδά Κολχικό. Το πάρκο θα κατασκευαστεί με χρήση πλαισίων πολυκρυσταλλικού πυριτίου 250W τα οποία εδράζονται πάνω σε σταθερές βάσεις. Έτσι για το συγκεκριμένο έργο απαιτούνται $100.500\text{W}/250\text{W}=402$ (τεμάχια φωτοβολταϊκών πλαισίων) ενώ η αντιστροφή της συνεχούς ισχύος γίνεται με την βοήθεια αντιστροφέων χωρίς μετασχηματιστή τριφασικής ισχύος. Ο χώρος που θα κατασκευαστεί το πάρκο έχει συνολική έκταση 19.856 m² τετραγωνικά μέτρα και ο χώρος που θα δεσμεύσουμε για το πάρκο είναι 1.600 m² τετραγωνικά μέτρα.

Για τη επιλογή των αντιστροφέων αποφασίστηκε η επιλογή 5 τεμαχίων τριφασικών αντιστροφέων (inverter) ονομαστικής ισχύος 17 kWp και ονομαστικής ισχύος DC 17.410 W και 1 τριφασικό αντιστροφέα ονομαστικής ισχύος 10 kWp και ονομαστικής ισχύος DC 10.200 W. Με τον τρόπο αυτό θα ελαχιστοποιήσουμε τις απώλειες μεταφοράς στην πλευρά του συνεχούς ρεύματος. Επιπλέον η επιλογή τριφασικού αναστροφέα μας εξασφαλίζει ισοκατανομή φορτίου στις φάσεις, ασχέτως του αριθμού των αντιστροφέων (αν και ανισοκατανομή φορτίου έως 20% είναι αποδεκτή από την ΔΕΗ).



Σχήμα Απόσταση στοιχειοσειρών αποφυγή σκίασης μεταξύ των πλαισίων

Ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στην περίπτωση δεν υπάρχουν σκιάσεις φυσικών εμποδίων οπότε μας χρειάζεται μόνο η απόσταση μεταξύ των σειρών.



Εγκατάσταση των πάνελ πάνω σε σταθερές βάσεις.

- Τοποθέτηση των πάνελ πάνω σε σταθερές βάσεις αλουμινίου..
- Προσανατολισμός των πάνελ είναι Νότιος με την βοήθεια των βάσεων.
- Η απόσταση μεταξύ των σειρών των βάσεων θα είναι 4,5 (m) μέτρα για την αποφυγή των σκιάσεων όπως είπαμε και παραπάνω.
- Για την στήριξη των βάσεων θα χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα οπλισμένο σε βάθος 40cm κάτω από την γη..

5.3 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

(εκλογή καλωδιώσεων, ομαδοποίηση αντιστροφών)

Στον ίδιο αναστροφέα φροντίζουμε να δημιουργούμε ομάδες με τον ίδιο αριθμό πλαισίων έτσι ώστε να έχουμε στα άκρα κάθε string την ίδια τάση. Να σημειώσουμε εδώ ότι υπάρχουν inverters στην αγορά, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να συνδέονται με δύο διαφορετικές σε αριθμό πλαισίων συστοιχίες.

Τα string που θα δημιουργήσουμε θα πρέπει να έχουν τάση στα άκρα τους (τάση ανοιχτού κυκλώματος) που να βρίσκεται εντός των ορίων λειτουργίας του αναστροφέα.

Η τάση στα άκρα κάθε string προσπαθούμε να πλησιάζει κατά το δυνατό στα υψηλότερα όρια του εύρους λειτουργίας του αναστροφέα. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε καλύτερη απόδοση του συστήματος λαμβάνοντας υπόψη ότι η χαμηλότερη ακτινοβολία δημιουργεί χαμηλότερη τάση στα Φ/Β πλαίσια.

Διαστασιολόγηση καλωδιώσεων

Βάσει των παραπάνω για το έργο το οποίο εξετάζουμε έχουμε να ομαδοποιήσουμε 5 αναστροφείς με 72 πλαίσια ο καθένας και 1 αναστροφέα με 42 πλαίσια.

Επιλέγουμε λοιπόν για τους αναστροφείς με τα 72 πλαίσια, 4 strings των 18 πλαισίων σε σειρά και για τον αναστροφέα με τα 42 πλαίσια, 2 strings των 16 πλαισίων και 1 string των 10 πλαισίων σε σειρά. Η τάση στα άκρα των strings θα είναι $18 \times 43,2 = 777,6$ V και $16 \times 43,2 = 691,2$ V και $10 \times 43,2 = 432$ V αντίστοιχα, η δε ένταση θα είναι $4 \times 7,12 = 28,48$ A και $2 \times 7,12 = 14,24$ και $1 \times 7,12 = 7,12$ A.

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στην διαστασιολόγηση των καλωδιώσεων λαμβάνοντας υπ' όψιν την εγκατεστημένη ισχύ και την συνολική πτώση τάσεως η οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1.5%. Έτσι λοιπόν έχοντας σαν δεδομένα τα σημεία παραγωγής ενέργειας, και τους κόμβους που είναι οι υποπίνακες όπως και ο γενικός πίνακας.

Στην πρώτη στοιχειοσειρά των 72 πλαισίων έχουμε τάση 380 V (τριφασικοί αναστροφείς), ένταση 25,8 A ($17000\text{W}/380\text{V} \times 1,732$) και μήκη 52 m.

Για τις επόμενες τέσσερις στοιχειοσειρές στις οποίες ισχύει ο ίδιος αριθμός πλαισίων ίδιας ισχύς, τάσης και έντασης εξόδου ισχύουν τα ίδια δεδομένα για τους υπόλοιπους τέσσερις αντιστροφείς.

Για την έκτη στοιχειοσειρά των 42 πλαισίων έχουμε τάση 380 V (τριφασικός αναστροφέας), ένταση 15,2 A ($10000\text{W}/380\text{V} \times 1,732$) και μήκος 12 m.

Σε καμία από τις έξι στοιχειοσειρές δεν έχουμε αγωγούς DC επειδή το συνεχές ρεύμα οδεύει μέσω των καλωδιώσεων (strings) των πλαισίων.

ΜΗΚΗ ΑΓΩΓΩΝ DC

- Στις στοιχειοσειρές 1 έως 5 με αριθμό πλαισίων 72 έχουμε (35,7 m) μήκος και διατομής (10 mm²)
- Στη στοιχειοσειρά 6 με αριθμό πλαισίων 42 έχουμε (20,8 m) μήκος και διατομής αγωγών (6 mm²)

ΜΗΚΗ ΑΓΩΓΩΝ AC

- Από στοιχειοσειρά 1 έως οικισμός πάρκου (52 m)
- Από στοιχειοσειρά 2 έως οικισμός πάρκου (45 m)
- Από στοιχειοσειρά 3 έως οικισμός πάρκου (36 m)
- Από στοιχειοσειρά 4 έως οικισμός πάρκου (28 m)
- Από στοιχειοσειρά 5 έως οικισμός πάρκου (20 m)
- Από στοιχειοσειρά 6 έως οικισμός πάρκου (12 m)

Το εσωτερικό δίκτυο των καλωδιώσεων του φωτοβολταϊκού σταθμού θα υλοποιηθεί με την εγκατάσταση τριφασικού συστήματος υπόγειων καλωδίων διατομής 25 mm² Cu για τους αγωγούς φάσεων, με αγωγό γης ή συγκεντρικά περιπλεγμένα συρματίδια Cu, μονώσεως XLPE με εξωτερικό μανδύα PVC, κατασκευασμένο σύμφωνα με την. Η εγκατάσταση του καλωδίου θα γίνει σύμφωνα με τις διατάξεις της ΔΕΗ. Τα καλώδια των φωτοβολταϊκών συστοιχιών θα πληρούν τις προδιαγραφές του κατασκευαστή για την χαμηλή τάση αυτών (συνεχής τάση).

5.4 ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Καλωδιώσεις περιμετρικού φωτισμού

Ενδεικτικό σύστημα περιμετρικού φωτισμού αποτελούμενο από:

- 4 προβολείς με φώτα οικονομίας
- 1 προβολέα με ανιχνευτή κίνησης
- 4 κοιλοδοκούς γαλβανιζέ 3 μέτρα

Καλωδιώσεις συστήματος καμερών

Ενδεικτικό σύστημα video-παρακολούθησης αποτελούμενο από:

- Ψηφιακό καταγραφέα 4 καμερών,
- 1 σκληρό δίσκο,
- 4 αδιάβροχες κάμερες 540 γραμμές ανάλυση, UPS, 3G router, οθόνη

Καλωδιώσεις συστήματος συναγερμού

Ενδεικτικό σύστημα συναγερμού αποτελούμενο από:

- Πίνακα συναγερμού,
- πληκτρολόγιο συναγερμού,
- σειρήνα εξωτερικού χώρου,
- 4 δέσμες 3 στοιχείων,
- τροφοδοτικό,
- μαγνητική επαφή βαρέως τύπου, μπουάτ

Καλωδιώσεις συστήματος τηλεπαρακολούθησης

Για το σύστημα τηλεπαρακολούθησης της λειτουργίας των αντιστροφών, ο κατασκευαστής προβλέπει την εν σειρά σύνδεση κεντρικής μονάδας ελέγχου που θα τοποθετηθεί εντός του οικίσκου με τους αντιστροφείς με καλώδιο UTP με σύστημα επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων Sunny WebBox της εταιρείας SMA.

Καλωδιώσεις μετεωρολογικού σταθμού

Για τον μετεωρολογικό έλεγχο του πάρκου προβλέπεται η τοποθέτηση και σύνδεση των ακόλουθων αισθητηρίων με την κεντρική μονάδα που θα τοποθετηθεί εντός του οικίσκου:

Αισθητήριο θερμοκρασίας περιβάλλοντος, που θα τοποθετηθεί στον εξωτερικό χώρο του οικίσκου με καλωδίωση 2Χ1 mm².

Αισθητήριο θερμοκρασίας φωτοβολταϊκών πλαισίων, που θα τοποθετηθεί στο πίσω μέρος στο πλησιέστερο φωτοβολταϊκό πλαίσιο με καλωδίωση 2Χ1 mm².

Αισθητήριο ηλιακής ακτινοβολίας, που θα τοποθετηθεί παράλληλα με το πλησιέστερο φωτοβολταϊκό πλαίσιο με καλωδίωση 2Χ1 mm².

Εγκατάσταση Οδεύσεων

Για την όδευση των καλωδίων θα τοποθετηθούν εγκάρσια πλαστικές σωληνώσεις PVC διαμέτρου Φ 100 τα οποία θα διατρέχουν κάτω από τις βάσεις, συλλέγοντας τα καλώδια των αντιστροφών και οδεύοντας τα προς τον χώρο όπου θα είναι εγκατεστημένος ο οικισμός. Τα κανάλια θα είναι αντίστοιχων μεγεθών έτσι ώστε να μπορεί με άνεση να οδεύσουν οι σωληνώσεις προστασίας των καλωδίων. Η στήριξη τους θα γίνει με το υπάρχον χώμα σε βάθος 30 με 40 cm περίπου.

Σύστημα Θεμελιακής Γείωσης και Αντικεραυνική προστασία

Για την αντικεραυνική προστασία θα κατασκευαστεί διάταξη προστασίας έναντι άμεσων πληγμάτων και προστασία έναντι κρουστικών υπερτάσεων. Για την άμεση αντικεραυνική προστασία προβλέπεται η κατασκευή ισοδυναμικού πλέγματος γείωσης με την οποία θα συνδεθούν όλες οι βάσεις και ο οικίσκος από λάμα χαλκού διαστάσεων 30Χ3,5 mm², και χάλκινες ράβδους γείωσης 1 m ενώ θα κατασκευαστεί και αλεξικέραυνο με ιστό ύψους 6 m και ακτίνας δράσης 90 m. Στην κεφαλή του αλεξικέραυνου θα

συνδεθεί αγωγός καθόδου διαμέτρου 12 mm, ο οποίος θα συνδεθεί με τρίγωνο γείωσης που θα κατασκευαστεί στη βάση του αλεξικέραυνου, το οποίο συνδέεται με το πλέγμα γείωσης και τον αγωγό καθόδου. Ένα δεύτερο τρίγωνο γείωσης κατασκευάζεται δίπλα στον μετρητή της ΔΕΗ το οποίο συνδέεται με την γείωση του γενικού πίνακα όπως επίσης και με το πλέγμα γείωσης.

5.5 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΧΩΡΟΥ

Χωματουργικές εργασίες

Πριν από την έναρξη των εργασιών εγκατάστασης απαιτείται η διαμόρφωση του χώρου. Έτσι προχωρούμε με τη βοήθεια χωματουργικού μηχανήματος, αρχικά στην εκχέρσωση του χώρου εγκατάστασης όπως επίσης και στην εξομάλυνση του εδάφους ώστε να είναι εφικτή η κατασκευή . Στη συνέχεια προχωρούμε στην κατασκευή των βάσεων , την κατασκευή της περίφραξης και την κατασκευή του οικίσκου, την κατασκευή του τοιχίου της μετρητικής διάταξης της ΔΕΗ, τις βάσεις τοποθέτησης των υποπινάκων, την κατασκευή της βάσης του αλεξικέραυνου και την κατασκευή των ιστών στήριξης των καμερών, φωτισμού και αισθητήρων συναγερμού. Οι χωματουργικές εργασίες που χρειαστήκαμε ήταν σχετικά χαμηλής κλίμακας και αφορά την εξομάλυνση της κλίσης που είχε αρχικά ο χώρος της τάξης των 2m.

Συναρμολόγηση Βάσεων.

Οι βάσεις συναρμολογούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Λόγω του χαμηλού ύψους τους, είναι δυνατή η εύκολη τοποθέτηση των πλαισίων σε πλήρως συναρμολογημένη βάση.

Κατασκευή οικοδομικού μέρους βάσεων.

Για την κατασκευή των βάσεων αυτών ο κατασκευαστής των βάσεων προβλέπονται εκσκαφές μικρής κλίμακας. Στο κέντρο της βάσης όπου θα τοποθετηθεί ο αντιστροφέα και τοποθετούμε εύκαμπτους αγωγούς(σπιράλ) για την όδευση των καλωδίων έναν για τα ισχυρά και έναν για τα ασθενή ρεύματα (κύκλωμα τηλεπαρακολούθησης, αισθητήρια θερμοκρασίας πλαισίων και ηλιακής ακτινοβολίας). Στην συνέχεια τοποθετούμε τα μεταλλικά

καλούπια και τον οπλισμό που ορίζει ο κατασκευαστής των σταθερών βάσεων. Με την ολοκλήρωση κατασκευάζουμε βάση ρίχνοντας σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 όπως ορίζεται στη στατική μελέτη των βάσεων.

Κατασκευή περίφραξης

Η περίφραξη θα κατασκευαστεί από πλέγμα γαλβανιζέ με άνοιγμα οπής 50X50 mm, πάχους 2.5 mm και ύψους 2 m. Η στήριξη θα γίνει με σωλήνες γαλβανιζέ 1 1/2" μήκους 3 m πακτωμένοι κατά 50 cm εντός της βάσεως. Στην απόληξη της θα είναι κεκλιμένη κατά 40° με φορά προς το πάρκο.

Εκεί θα τοποθετηθούν τρεις σειρές αγκαθωτό σύρμα. Ανά δύο σωλήνες θα δημιουργούνται προεντάσεις χιαστί με σύρμα περιφράξεως. Σε κάθε αλλαγή διεύθυνσης, όπως και στα ευθύγραμμα τμήματα της περίφραξης και ανά 40m μήκους θα τοποθετηθούν κολώνες από κοιλοδοκό 120X120X6 mm και μήκους 3 m οι οποίοι θα τοποθετηθούν εντός πέλματος από σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 0,3 m³.

Κατασκευή βάσης οικίσκου

Για την κατασκευή της βάσης του οικίσκου ακολουθείται η ίδια φιλοσοφία με την κατασκευή των βάσεων των πλαισίων. Επιλέγεται προκατασκευασμένος πολυεστερικός οικίσκος με τυποποιημένες διαστάσεις 1,50X2,20X2,40 μέτρα τοποθετημένος σε τσιμεντένια πλάκα με δυο φρεάτια όδευσης των καλωδιώσεων.

Κατασκευή βάσης αλεξικέρανου

Σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή του ιστού του αλεξικέρανου, κατασκευάζεται βάση διαστάσεων 1X1X1 m. Για την κατασκευή χρησιμοποιείται ο οπλισμός που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή του ιστού, κατασκευάζεται οξυλότυπος ώστε να εξέλχει από το έδαφος 10 cm και τοποθετείται η αγκύρωση και το σκυρόδεμα.

Κατασκευή τοιχίου τοποθέτησης μετρητικής διάταξης.

Η κατασκευή γίνεται σύμφωνα με το έντυπο επισκόπησης της ΔΕΗ. Κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα και δίπλα του κατασκευάζεται φρεάτιο για την όδευση των καλωδίων.

Τοποθέτηση Πινάκων

Με την ολοκλήρωση των εγκαταστάσεων τοποθετούμε και συνδέουμε τους πίνακες. Οι πίνακες κατασκευάζονται σύμφωνα με την νομοθεσία και περιέχουν όλες τις ασφαλιστικές διατάξεις που απαιτούνται. Για την εσωτερική αντικεραυνική προστασία από κρουστικές υπερτάσεις,

Έλεγχοι-Δοκιμές.

Με την ολοκλήρωση των εργασιών προχωρούμε στους ελέγχους και τις δοκιμές λειτουργίας. Για το σκοπό αυτό συμπληρώνεται πρωτόκολλο ελέγχου που περιλαμβάνει δοκιμές προ της σύνδεσης και δοκιμές μετά την σύνδεση με το δίκτυο.

Εκτίμηση κόστους διασύνδεσης

Το υπάρχον δίκτυο μέσης τάσης βρίσκεται πλησίον του χώρου εγκατάστασης του Φωτοβολταϊκού Πάρκου και στο οποίο πρόκειται να διασυνδεθεί το Ηλιακό Πάρκο. Η απόσταση δεν υπερβαίνει τα 6 μέτρα. Σύμφωνα με την ΔΕΗ και σχετικής ενημέρωσης το κόστος διασύνδεσης αναμένεται να κυμανθεί στις 14000 ευρώ και στο οποίο θα συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

Γραμμή χαμηλής τάσης 6 μέτρα - νέο δίκτυο 3.000 €

Μετρητική διάταξη 5.000 €

Μέτρα ζεύξης και προστασίας 4.000 €

Διάφορα – απρόβλεπτα 2.000 €

Σύνολο 14.000 €

5.6 ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ ΕΡΓΟΥ

Περιγραφή	Τιμή Μονάδας	Τμχ.	Αξία (σε €)
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ			
<p>Φωτοβολταϊκός συλλέκτης ET-P672 250 ισχύος 250Wp πολυκρυσταλλικού πυριτίου της εταιρείας ET Solar Κίνας. Μήκος 1956 mm, Πλάτος 992 mm, Ύψος 50mm, Βάρος 23 kg Θετική διακύμανση ισχύος 0...+5W. Πιστοποιητικά IEC 61215 Ed.2, IEC 61730, CE 10 χρόνια εγγύηση προϊόντος. Γραμμική εγγύηση απόδοσης: τον πρώτο (1^ο) χρόνο εγγύηση απόδοσης τουλάχιστον 97% της ονομαστικής ισχύος και στην εικοσιπενταετία (25-ετία) εγγύηση απόδοσης τουλάχιστον 81,2% της ονομαστικής ισχύος, δηλαδή μείωση ισχύος όχι παραπάνω από 0,70% ετησίως.</p>	415,18	402	166.902,36
<p>Τριφασικός μετατροπέας τάσης Sunny Tripower 17000TL της εταιρείας SMA Γερμανίας με ενσωματωμένο απαγωγό υπέρτασης DC. Με οθόνη γραφικών και διεπαφή RS485. Ενσωματωμένος αποζεύκτης φορτίου DC, ESS. Συντελεστής απόδοσης max. 98,2%, Euro 97,8%. Κλάση προστασίας IP65. Σύστημα ψύξης Opticool. 65 Κιλά βάρος. Εγγύηση προϊόντος 5 έτη με δυνατότητα επέκτασης της εγγύησης.</p>	4.858,50	5	24.292,5
<p>Τριφασικός μετατροπέας τάσης Sunny Tripower 10.000TL της εταιρείας SMA Γερμανίας με ενσωματωμένο απαγωγό υπέρτασης DC. Με οθόνη γραφικών και διεπαφή RS485. Ενσωματωμένος αποζεύκτης φορτίου DC, ESS. Συντελεστής απόδοσης max. 98,1%, Euro 97,7%. Κλάση προστασίας IP65. Σύστημα ψύξης Opticool. 65 Κιλά βάρος. Εγγύηση προϊόντος 5 έτη με επέκταση</p>		1	3.886,80

Βάσεις στήριξης Φ/Β πάνελ από στοιχεία χάλυβα και αλουμινίου της εταιρείας Solarcube Γερμανίας τύπου KIVO-CR-3. . 20 χρόνια εγγύηση προϊόντος.			20.000
Μετρητική διάταξη περιβαλλοντικών δεδομένων Sunny SensorBox της εταιρείας SMA Γερμανίας, με ενσωματωμένο σένσορα ηλιακής ακτινοβολίας, σένσορα θερμοκρασίας Φ/Β πάνελ, σένσορα θερμοκρασίας περιβάλλοντος.		1	359
Σύστημα επεξεργασίας και μετάδοσης δεδομένων Sunny WebBox της εταιρείας SMA Γερμανίας, για την επιτήρηση και τον εντοπισμό δυσλειτουργιών και σφαλμάτων μέσω της συνεχούς εποπτείας και παρακολούθησης των ενεργειακών καταγραφών και των ηλεκτρικών παραμέτρων.		1	515

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Φρεάτια, σωλήνες, επικασιτερωμένα καλώδια , ακροδέκτες, καλώδια ισχύος NYΥ, καλώδια επικοινωνίας LiYCY, σύστημα γείωσης με χαλκό 50mm ² , ταινία 30x3,5mm και χάλκινες ράβδους γείωσης 1,5μ., Γενικός Πίνακας Χαμηλής Τάσης ηλεκτροστατικώς βαμμένος με αντικεραυνικά RAYCAP με πολύοργανο, προκατασκευασμένος πολυεστερικός οικίσκος 1,50X2,20X2,40 μ.			22.500
--	--	--	--------

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΧΩΡΟΥ - ΜΕΤΑΦΟΡΑ - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Επισκόπηση. Μεταφορές, γερανοί εκφόρτωσης και διανομής εμπορευμάτων, ασφάλειες. Εκτέλεση εργασιών που περιλαμβάνουν κατασκευή του πύλου της ΔΕΗ, πασσαλοέμπηξη βάσεων, εκσκαφές τάφρων και ταφή αυτών, τοποθέτηση καλωδίων και φρεατίων, συναρμολόγηση βάσεων και πάνελ, τοποθέτηση και διασύνδεση των μετατροπέων κάτω από τα πάνελ, τοποθέτηση και διασύνδεση του Γενικού Πίνακα Χ.Τ., διασύνδεση με το δίκτυο και παράδοση του σταθμού σε λειτουργία με το κλειδί στο χέρι.		1	20.500
--	--	---	--------

ΠΕΡΙΦΡΑΞΗ			
<p>Περίφραξη 240m μήκος (απόσταση τουλάχιστον 5μ. από την περίφραξη έως τα πάνελ).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Κεκαμένη σωλήνα γαλβανιζέ 1 1/2”X3,0 μ. ύψος • Συρματόπλεγμα 2,4mm (55X55)X2,0 μ. ύψος • Τοποθέτηση πασσάλων ανά 3,50 μ. • 3 σειρές ούγια • Πόρτα 5,00 μ. • Διάζωμα από σκυρόδεμα διαστάσεων 15x20 εκ. 			5000
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΩΡΟΥ			
<p>Ενδεικτικό σύστημα συναγερμού αποτελούμενο από:</p> <p>Πίνακα συναγερμού, πληκτρολόγιο συναγερμού, σειρήνα εξωτερικού χώρου, 4 δέσμες 3 στοιχείων, τροφοδοτικό, μαγνητική επαφή βαρέως τύπου, μπουάτ</p>			1500
<p>Ενδεικτικό σύστημα video-παρακολούθησης αποτελούμενο από:</p> <p>Ψηφιακό καταγραφέα 4 καμερών, σκληρό δίσκο, 4 αδιάβροχες κάμερες 540 γραμμές ανάλυση, UPS, 3G router, οθόνη</p>			2000
ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΧΩΡΟΥ			
<p>Ενδεικτικό σύστημα περιμετρικού φωτισμού αποτελούμενο από:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 προβολείς με φώτα οικονομίας - 1 προβολέα με ανιχνευτή κίνησης - αυτοματισμό (ηλεκτρολογικό πίνακα) - 4 κοιλοδοκούς γαλβανιζέ 3μ. 			2500
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ			270.000,00 €

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΩΣΗΜΟΤΗΤΑΣ

Οικονομική ανάλυση.

Εκτίμηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τα αποτελέσματα της τεχνικής μελέτης στην οποία έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας, των κλιματολογικών συνθηκών, των απωλειών του συστήματος όπως και η μορφολογία του εδάφους για την συγκεκριμένη περιοχή βρέθηκε ότι συνολική παραγωγή κατά έτος θα είναι **143.600 KWh**. Σε αυτό το σημείο αξίζει να επισημανθεί ότι αυτή η παραγωγή έχει προκύψει με παραμέτρους απωλειών κατά 3% μεγαλύτερες για λόγους ασφαλείας.

Για να υπολογίσουμε την ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος για τα επόμενα 20 χρόνια λειτουργίας θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την φυσιολογική μείωση απόδοσης των πάνελ. Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των πάνελ και λαμβάνοντας υπόψη ότι εγγυούνται 86% τουλάχιστον απόδοση στην ονομαστική τιμή peak μετά από 20 χρόνια έχουμε 0,7% μείωση κατά έτος.

Όπως σε κάθε επένδυση ,έτσι και στα φωτοβολταϊκά, προτού ληφθεί μια απόφαση εκκίνησης, θα πρέπει να λαμβάνονται μια πληθώρα παραγόντων που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό από την ανάληψη του ρίσκου που εμπεριέχει οποιαδήποτε επένδυση.

Παράγοντες όπως:

- Διάρκεια Συμβολαίου αγοραπωλησίας
- Τιμή πώλησης
- Διακύμανση τιμής πώλησης
- Τραπεζική Χρηματοδότηση
- Θεσμικό πλαίσιο
- Έτη απόσβεσης επένδυσης
- Φορολογία κερδών

6.2 ΣΥΜΒΑΣΗ ΑΓΟΡΑΠΩΛΗΣΙΑΣ.

Ο επενδυτής υπογράφει σύμβαση πώλησης της παραχθείσας ενέργειας με την:

- ΔΕΣΜΗΕ προκειμένου για την Ηπειρωτική Ελλάδα και τα διασυνδεδεμένα νησιά.
- Με την Διεύθυνση Διαχείρισης Νήσων (ΔΕΗ) για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Η σύμβαση δύναται να ενεργοποιηθεί εντός 18 μηνών από την ημερομηνία υπογραφή της. Έπειτα από την πάροδο του διαστήματος ακυρώνεται η σύμβαση και ο επενδυτής εφόσον επιθυμεί δύναται να αιτηθεί την σύναψη σύμβασης όμως με τις τιμές και τους όρους που θα ισχύουν την συγκεκριμένη περίοδο διαπραγμάτευσης. Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας καθορίζονται ως εξής:

Έτος	Συστήματα σε οικιακές & εμπορικές στέγες ≤10 kWp (€/MWh)	Μήνας	Ηπειρωτικό δίκτυο (€/MWh)		Μη διασυνδεδεμένα νησιά (€/MWh)	
			>100kWp	≤100kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος (με εξαίρεση τα μικρά συστήματα έως 10 kWp σε κτίρια όπου ισχύουν ενιαίες τιμές για όλη τη χώρα)	
2009	550	Φεβρουάριος	400	450	450	
		Αύγουστος				
2010		Φεβρουάριος	392,04	441,05	441,05	
		Αύγουστος				
2011		Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43	
		Αύγουστος				
2012		522,5	Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53
			Αύγουστος			
2013		496,38	Φεβρουάριος	298,38	336,23	336,23
			Αύγουστος			
2014	471,56	Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56	
		Αύγουστος				
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά						
Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1	-5% ετησίως		$1,3 * \mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	$1,4 * \mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	$1,4 * \mu\text{OT}\Sigma_{\nu-1}$	
Διάρκεια σύμβασης	25 έτη	20 έτη				

Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους

ΕΡΓΟ

- Φορέας Επένδυσης (Ο.Ε - Ομόρρυθμη επιχείρηση).
- Προς εγκατάσταση στην Β. Ελλάδα σε αγροτεμάχιο στρεμμάτων.
- Συνολική ισχύ 100,5 kWp.

- Εκτίμηση ενεργειακής παραγωγής 1.436 kWh/kWp.
- Υπογραφή Συμβολαίου ΔΕΣΜΗΕ
- Χρηματοδότηση Τραπέζης 10ετούς διάρκειας με επιτόκιο 4,5%.
- Σταθερές βάσεις στήριξης.
- Πλαίσια Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

6.3 ΠΑΓΙΑ ΕΞΟΔΑ

A/A	Κόστος υλοποίησης	ΤΙΜΗ
1	Ίδρυση Εταιρίας	500 €
2	Τοπογραφικό διάγραμμα	450 €
3	Έλεγχος τίτλων	250 €
4	Μισθωτήριο συμβόλαιο	0 €
5	Φάκελος αδειοδότησης	1500 €
6	Αίτηση ΔΕΗ	700 €
7	Έγκριση εργασιών μεγάλης κλίμακας	800 €
8	Συμβόλαιο ΔΕΣΜΗΕ	800 €
9	Κόστος κατασκευής	270.000 €
10	Σύνολο	275000 €

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ

A/A	Κόστος υλοποίησης	ΤΙΜΗ
1	Συντήρηση Φ/Β σταθμού	1500
2	Ασφάλιση εξοπλισμού	1200
3	Φύλαξη πάρκου	0
4	Έξοδα λογιστή	250
5	Ασφαλιστικό Ταμείο	2300
6	Μίσθωση Αγροτεμαχίου	0
7	Σύνολο	5250

6.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε μια οικονομική ανάλυση του έργου υπολογίζοντας το χρόνο απόσβεσης της επένδυσης. Σους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης αφού σημειώσουμε πως για δεδομένα ηλιοφάνειας χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα του προγράμματος προσομοίωσης που είναι εμφανώς δυσμενέστερα και όχι τα πραγματικά αποτελέσματα.

Στον **πίνακα 1** έχουμε τις γενικές παραδοχές όπου εκτός από την τιμή πώλησης της KWh και κόστος κατασκευής του πάρκου λάβαμε υπ' όψιν τραπεζικό δανεισμό 75% του κόστους της επένδυσης με επιτόκιο 4,5% , κόστος ασφαλίσεων και συντήρησης 0,4% και 0,2%αντίστοιχα και ποσοστό φορολογίας 20%.

ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ-ΓΕΝΙΚΕΣ	
ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΤΙΜΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ (Ευρώ/KWh)	0,45 €
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ(Ευρώ/KWp)	2.750 €
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (KWp)	100,50
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΝΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥ (KWh/KWp)	1.436
ΛΟΙΠΕΣ	
Προεξοφλητικό επιτόκιο .	4,50%
Ασφάλιστρα Παγίων επί του συνολικού κόστους κατασκευής.	0,40%
Δαπάνες φύλαξης επί ετήσια βάση.	0 €
Σύνηθες ποσοστό συντήρησης επί του συνολικού κόστους κατασκευής (σε ετήσια βάση).	0,20%
Έξοδα διοίκησης ως ποσοστό επί του Κύκλου Εργασιών σε ετήσια βάση.	0,00%
Κόστος Ενοικίου σε ετήσια βάση.	0 €
Έξοδα Διάθεσης ως ποσοστό επί του Κύκλου Εργασιών σε ετήσια βάση.	0,00%
Ποσοστό φόρου εισοδήματος.	20%
ΠΗΓΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ	
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ	0%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟΥ ΔΑΝΕΙΟΥ	70%
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ	30%
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΟΥ	4,5%
ΕΤΗ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ	10

Πίνακας 1

Στον **πίνακα 2** παρουσιάζεται το συνολικό κόστος χρηματοδότησης του έργου. Εκτός από το κόστος σύνδεσης με την ΔΕΗ δεν υπήρξαν άλλα κόστη, γιατί το οικόπεδο ήταν ιδιόκτητο και δεν απαιτήθηκε κάποιο κόστος για έργα υποδομής.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ

ΔΕΔΟΜΕΜΑ ΕΡΓΟΥ	ΑΞΙΑ
ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (KWp)	100,50
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑ KWp	2.750 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΗΣΗΣ	275.000 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	14.000 €
ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	0 €
ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ (ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΟΔΩΝ)	0 €
ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ	0 €
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΗΣΗΣ	289.000 €
ΠΟΣΟ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ	0 €
ΔΑΝΕΙΟ	203.000 €
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ	86.000 €

Πίνακας 2

Στον **πίνακα 3** παρουσιάζονται οι προβλεπόμενες πωλήσεις ενέργειας λαμβάνοντας υπ' όψιν την μείωση της απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 0,6% έως 1% σύμφωνα με τούς κατασκευαστές. Στην οικονομική μας ανάλυση επιλέξαμε μια μέση τιμή που είναι και το πιο συνηθισμένο δηλαδή ένα ποσοστό 0,7%/έτος. Επίσης λαμβάνεται υπ' όψιν η αύξηση της τιμής πώλησης της KWh σε ποσοστό 25% του πληθωρισμού (3%)

Στον **πίνακα 4** περιλαμβάνουμε το πάγιο ετήσιο κόστος το οποίο αποτελείτε από το κόστος συντήρησης και το κόστος ασφάλισης του πάρκου.

Στον **πίνακα 5** παρουσιάζουμε την ανάλυση του δανείου διάρκειας 10 ετών. Έτσι παρουσιάζουμε τον τόκο και το χρεολύσιο για κάθε έτος. Αξίζει να σημειώσουμε πως το επιτόκιο μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με την χρονική συγκυρία και την τράπεζα που θα εκταμιεύσει το δάνειο. Έτσι το τοκοχρεολύσιο θα μεταβληθεί ανάλογα

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝ- ΑΔΑ ΜΕΤΡ ΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ -ΠΩΛΗΣΕΩΝ																			
		ΕΤΟΣ	1ο	2ο	3ο	4ο	5ο	6ο	7ο	8ο	9ο	10ο	11ο	12ο	13ο	14ο	15ο	16ο	17ο	18ο	19ο
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ Φ/Β	KWh	143600	142595	141597	140605	139621	138644	137673	136710	135753	134802	133859	132922	131991	131067	130150	129239	128334	127436	126544	125658
ΑΞΙΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ																					
	ΤΙΜΗ/ KWh	0,4500	0,4530	0,4560	0,4590	0,4620	0,4650	0,4680	0,4710	0,4740	0,4770	0,4800	0,4830	0,4860	0,4890	0,4920	0,4950	0,4980	0,5010	0,5040	0,5070
Έσοδα από παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	€	64620	64596	64568	64538	64505	64469	64431	64390	64347	64301	64252	64201	64148	64092	64034	63973	63910	63845	63778	63709
ΣΥΝΟΛΟ	€	64620	64596	64568	64538	64505	64469	64431	64390	64347	64301	64252	64201	64148	64092	64034	63973	63910	63845	63778	63709

Πίνακας 3

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΥ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΩΛΗΘΕΝΤΩΝ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ	1 ^ο έτος	2 ^ο έτος	3 ^ο έτος	4 ^ο έτος	5 ^ο έτος	6 ^ο έτος	7 ^ο έτος	8 ^ο έτος	9 ^ο έτος	10 ^ο έτος	11 ^ο έτος	12 ^ο έτος	13 ^ο έτος	14 ^ο έτος	15 ^ο έτος	16 ^ο έτος	17 ^ο έτος	18 ^ο έτος	19 ^ο έτος	20 ^ο έτος
ΕΞΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ΔΑΠΑΝΕΣ ΦΥΛΑΞΗΣ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΟΙΚΙΟΥ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΣΦΑΛΙΣΤΡΑ ΠΑΓΙΩΝ	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΩΛΗΘΕΝΤΩΝ	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200

Πίνακας 4

ΠΟΣΟ ΤΡΑΠΕΖΙΚΟΥ ΔΑΝΕΙΟΥ	203.000 €
ΕΠΙΤΟΚΙΟ	4,5 %
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΥΡΩΜΗΣ (ΣΕ ΕΤΗ)	10
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΤΟΚΙΟ	4,5 %
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΤΟΚΙΟ	4,5 %
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΟΣΗΣ	0,154076428
ΤΟΚΟΧΡΕΟΛΥΣΙΟ	31261,9532

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ	ΧΡΕΟΛΥΣΙΟ	ΤΟΚΟΣ	ΤΟΚΟΧΡΕΟΛΥΣΙΟ	ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ
1	22.132	9.130	31.262	180.767
2	23.128	8.134	31.262	156.639
3	24.168	7.094	31.262	132.471
4	25.301	5.961	31.262	107.170
5	26.439	4.823	31.262	80.731
6	27.629	3.633	31.262	53.102
7	28.872	2390	31.262	24.230
8	30.172	1090	31.262	5942
9	30.995	267	31.262	0
10	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	238.836	45.522	281.358	-

Πίνακας 5

Στον **πίνακα 6** παρουσιάζεται ο πίνακας λογιστικής απόσβεσης της επένδυσης όπου με ποσοστό ετήσιας απόσβεσης 7%, επένδυση αποσβένεται το 15^ο έτος λειτουργίας του.

ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗ (€)											
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΞΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	1ο έτος	2ο έτος	3ο έτος	4ο έτος	5ο έτος	6ο έτος	7ο έτος	8ο έτος	9ο έτος	10ο έτος
Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	289.000	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230
ΣΥΝΟΛΟ	289.000	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230	20230

ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗ (
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΞΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	11ο έτος	12ο έτος	13ο έτος	14ο έτος	15ο έτος	16ο έτος	17ο έτος	18ο έτος	19ο έτος	20ο έτος
Η/Μ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ	289.000	20230	20230	20230	20230	5780	0	0	0	0	0
ΣΥΝΟΛΟ	289.000	20230	20230	20230	20230	5780	0	0	0	0	0

Πίνακας 6

Στον **πίνακα 7 και 8** παρουσιάζονται τα προβλεπόμενα αποτελέσματα χρήσης της επένδυσης, όπως επίσης και τις ταμειακές ροές. Από τα παραπάνω αποτελέσματα και τις αθροιστικές ταμειακές ροές συμπεραίνουμε ότι η πραγματική απόσβεση του κόστους της επένδυσης επέρχεται στο τέλος του 4^{ου} έτους, ο δε εσωτερικός βαθμός απόδοσης ανέρχεται σε

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΙ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χρόνια	1ο έτος	2ο έτος	3ο έτος	4ο έτος	5ο έτος	6ο έτος	7ο έτος	8ο έτος	9ο έτος	10ο έτος
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	64620	64596	64568	64538	64505	64469	64431	64390	64347	64301
Μείον:Κόστος πωληθέντων	- 2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200
ΜΙΚΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗΣ	62420	62396	62368	62338	62305	62269	62231	62190	62147	62101
Μείον:Εξοδα διοίκησης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον:Εξοδα διάθεσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ, ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	62420	62396	62368	62338	62305	62269	62231	62190	62147	62101
Μείον:τόκοι μακροπρόθεσμων δανείων επένδυσης	-9.130	-8.134	-7.094	-5.961	-4.823	-3.633	-2390	-1090	-267	-0
ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ ΠΡΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	53.290	54.262	55.274	56.377	57.482	58.636	59.841	61.100	61.880	62.101
Μείον: Αποσβέσεις	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230	-20230
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	33.060	34.032	35.044	36.147	37.252	38.406	39.611	40.870	41.650	41.871
Μείον:φόρο εισοδήματος	-6612	-6806,4	-7008,8	-7229,4	-7450,4	-7681,2	-7922,2	-8174	-8330	-8374,2
ΚΑΘΑΡΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	26.448	27.226	28.035	28.918	29.802	30.725	31.689	32.696	33.320	33.497

Χρόνια	11ο έτος	12ο έτος	13ο έτος	14ο έτος	15ο έτος	16ο έτος	17ο έτος	18ο έτος	19ο έτος	20ο έτος
ΣΥΝΟΛΟ ΚΥΚΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	64252	64201	64148	64092	64034	63973	63910	63845	63778	63709
Μείον:Κόστος πωληθέντων	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200	-2200
ΜΙΚΤΟ ΚΕΡΔΟΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ	62052	62001	61948	61892	61834	61773	61710	61645	61578	61509
Μείον:Έξοδα διοίκησης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον:Έξοδα διάθεσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟ ΤΟΚΩΝ, ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	62052	62001	61948	61892	61834	61773	61710	61645	61578	61509
Μείον:τόκοι μακροπρόθεσμων δανείων επένδυσης	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΜΑΤΑ ΠΡΟ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ & ΦΟΡΩΝ	62.052	62.001	61.948	61.892	61.834	61.773	61.710	61.645	61.578	61.509
Μείον: Αποσβέσεις	-20230	-20230	-20230	-20230	-5780	0	0	0	0	0
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ	41.822	41.771	41.718	41.662	56.054	61.773	61.710	61.645	61.578	61.509
Μείον:-φόρο εισοδήματος	8364,4	8354,2	8343,6	8332,4	11210,8	12354,6	12342	12329	12315,6	12301,8
ΚΑΘΑΡΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	33.458	33.417	33.374	33.330	44.843	49.418	49.368	49.316	49.262	49.207

Πίνακας 7

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ ΕΠΕΝΔΗΣΗΣ									
		1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	4 ^ο	5 ^ο	6 ^ο	7 ^ο	8 ^ο	9 ^ο	10 ^ο
ΕΙΣΡΟΕΣ (Α)											
Αποτελέσματα προ τόκων, αποσβέσεων και Φόρων	0	62420	62396	62368	62338	62305	62269	62231	62190	62147	62101
Μείον φόροι.	0	-6612	-6806	-7009	-7229	-7450	-7681	-7922	-8174	-8330	-8374
Μείον τοκοχρεολύσια.	0	31.262	31.262	31.262	31.262	31.262	31.262	31.262	31.262	31.262	0
Σύνολο (Α)		24.546	24.328	24.097	23.847	23.593	23.326	23.047	22.754	22.555	53.727
ΕΚΡΟΕΣ (Β)											
Δαπάνες επένδυσης.	289.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον: Τραπεζικό δάνειο	- 203.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο (Β)	86.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Γ= Α - Β)	-86.000 €	24.546	24.328	24.097	23.847	23.593	23.326	23.047	22.754	22.555	53.727

Πίνακας 8

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ ΕΠΕΝΔΗΣΗΣ									
		11ο	12ο	13ο	14ο	15ο	16ο	17ο	18ο	19ο	20ο
ΕΙΣΡΟΕΣ (Α)											
Αποτελέσματα προ τόκων, αποσβέσεων και Φόρων	0	62052	62001	61948	61892	61834	61773	61710	61645	61578	61509
Μείον Φόροι	0	-8364	-8354	-8343	-8332	11211	12355	12342	12329	12316	12302
Μείον τοκοχρεολύσια.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο (Α)		53.688	53.647	53.605	53.560	50.623	49.418	49.368	49.316	49.262	49.207
ΕΚΡΟΕΣ (Β)											
Δαπάνες επένδυσης.	289.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Μείον: Τραπεζικό δάνειο	- 203.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο (Β)	86.000 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΤΑΜΕΙΑΚΕΣ ΡΟΕΣ (Γ= Α+Β)	- 86.000 €	53.688	53.647	53.605	53.560	50.623	49.418	49.368	49.316	49.262	49.207
MPV:	Η καθαρή παρούσα αξία μίας επένδυσης είναι η σημερινή τιμή μίας σειράς μελλοντικών πληρωμών (αρνητικές τιμές) και εισπράξεων (θετικές τιμές).								212.135 €		

Πίνακας 8

Η συνολική παραγόμενη ενέργεια για τα επόμενα 20 χρόνια υπολογίστηκε στις 2.832.400 kWh.

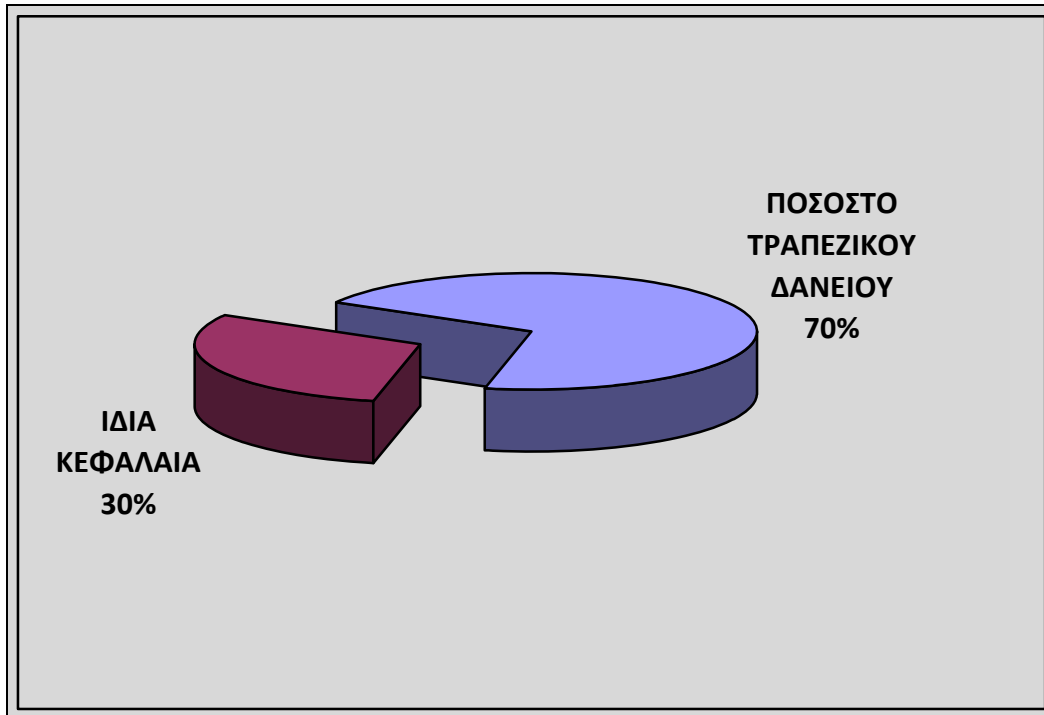
Στους πίνακες 7 και 8 παρουσιάζονται τα προβλεπόμενα αποτελέσματα χρήσης της επένδυσης, όπως επίσης και τις ταμειακές ροές. Από τα παραπάνω αποτελέσματα και τις αθροιστικές ταμειακές ροές συμπεραίνουμε ότι η πραγματική απόσβεση του κόστους της επένδυσης επέρχεται στα μέσα του 5^{ου} έτους. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς η απόσβεση της επένδυσης χωρίς τις επιβραδύνσεις (φόροι και τοκοχρεολύσια) είναι 291.058 € και το κόστος επένδυσης ήταν 289.000 €.

Εάν συμπεριλάβουμε τις επιβαρύνσεις των φόρων και των τοκοχρεολυσίων του τραπεζικού δανείου η απόσβεση του προσωπικού μας κεφαλαίου 86.000 € γίνεται στις αρχές του 4^{ου} έτους. Και η απόσβεση του τραπεζικού δανείου 203.000 € γίνεται στις αρχές του 9^{ου} έτους.

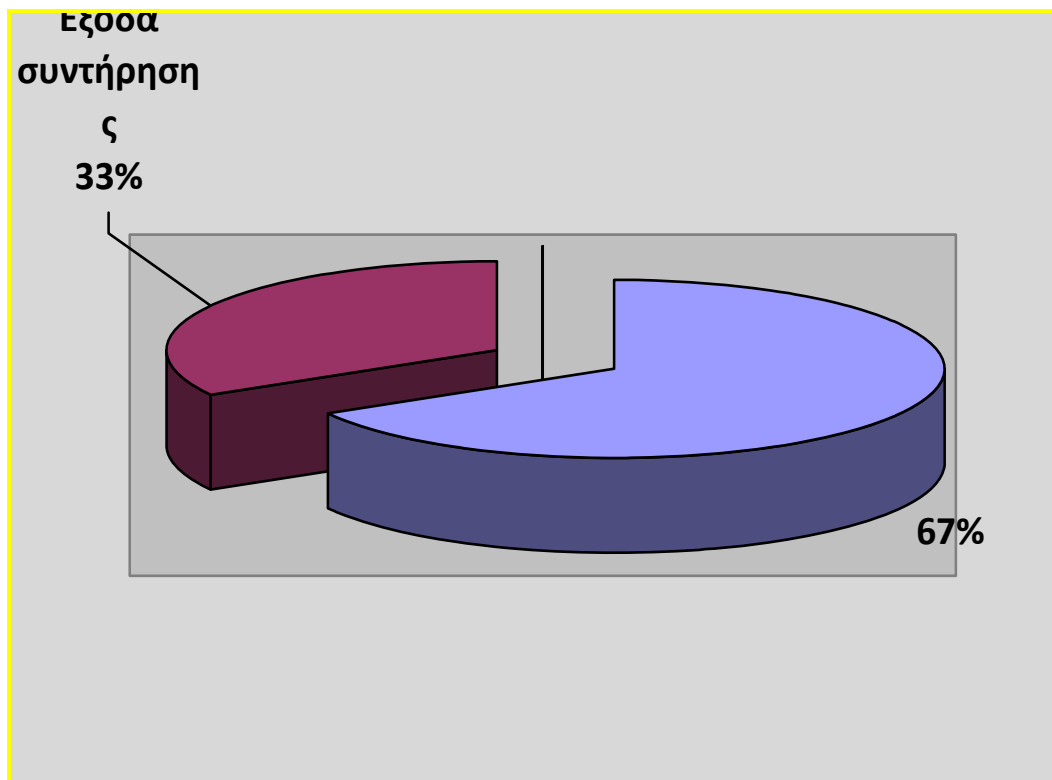
Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι τα αποτελέσματα μας δίνουν μια ισχυρά συμφέρουσα επένδυση.

Στα γραφήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προηγούμενων πινάκων.

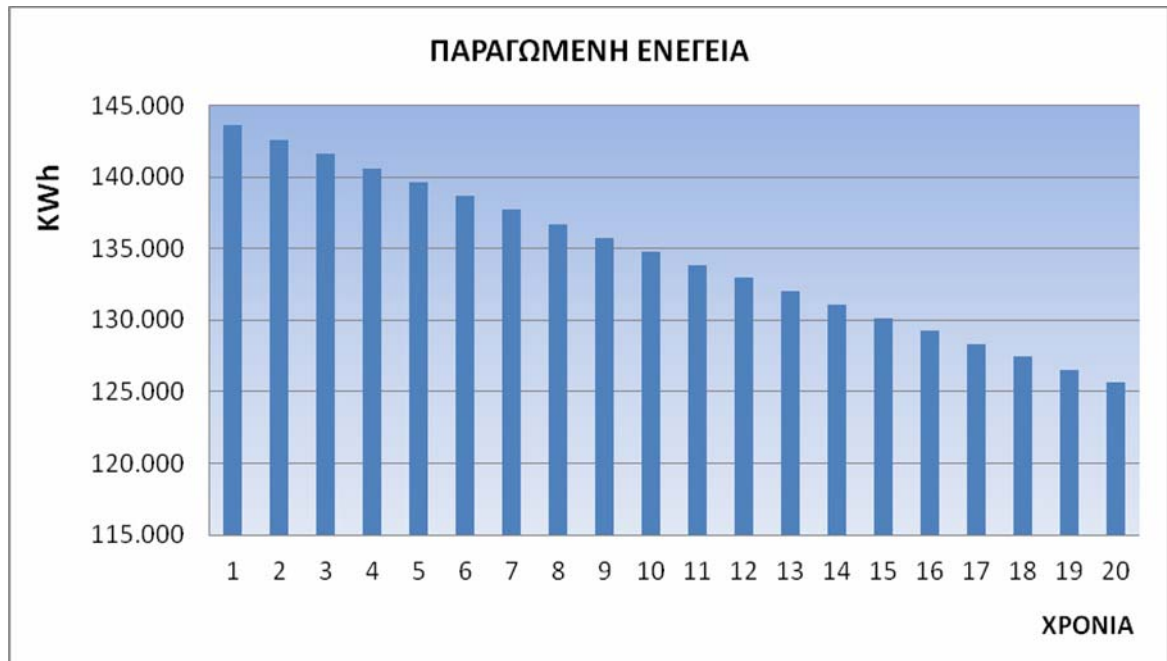
ΧΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΗΜΑ



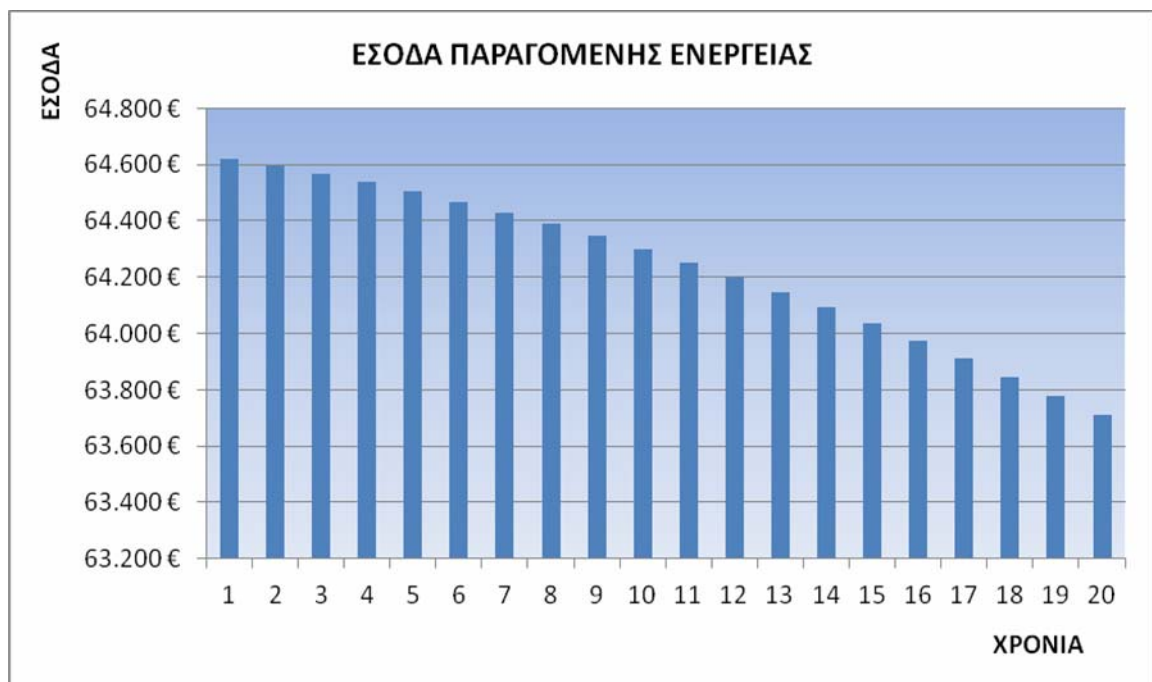
ΔΑΠΑΝΕΣ



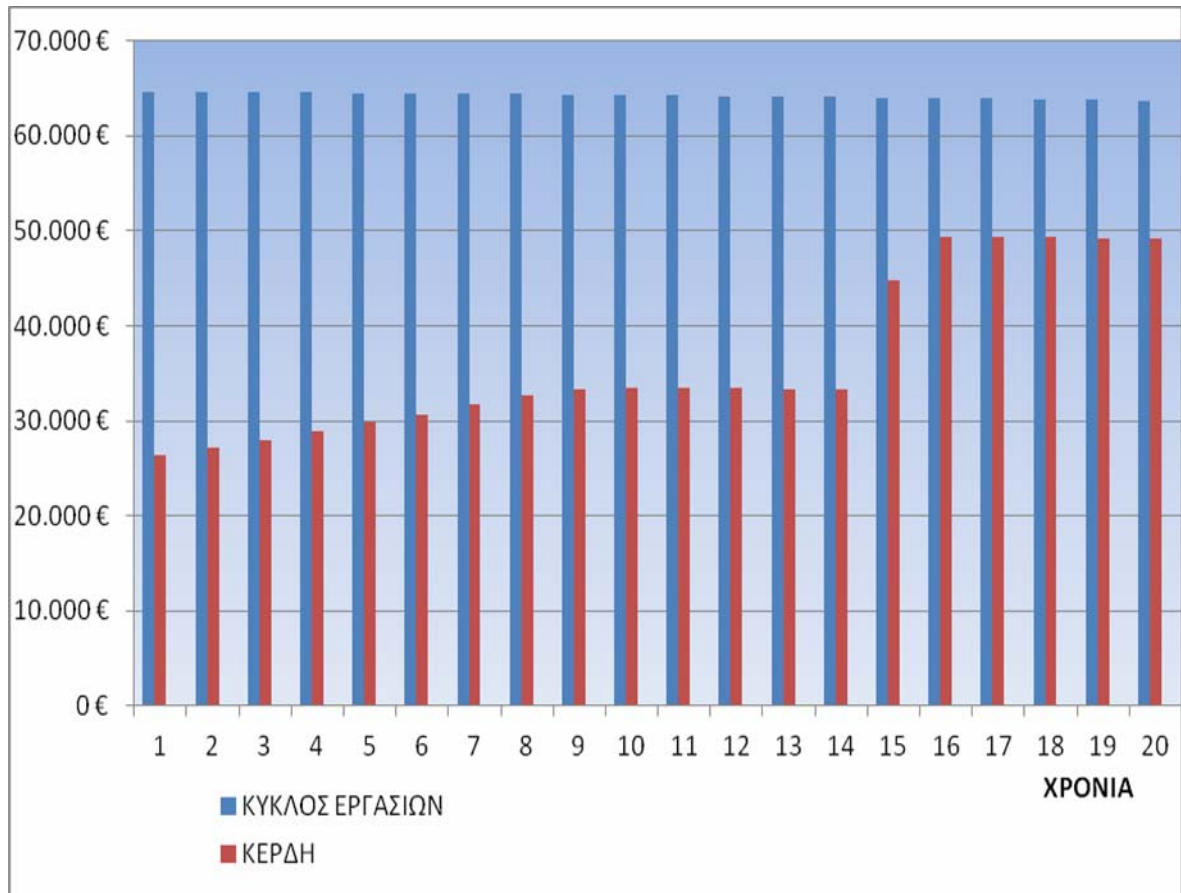
Διάγραμμα απεικόνισης παραγόμενης ενέργειας για τα επόμενα είκοσι χρόνια.



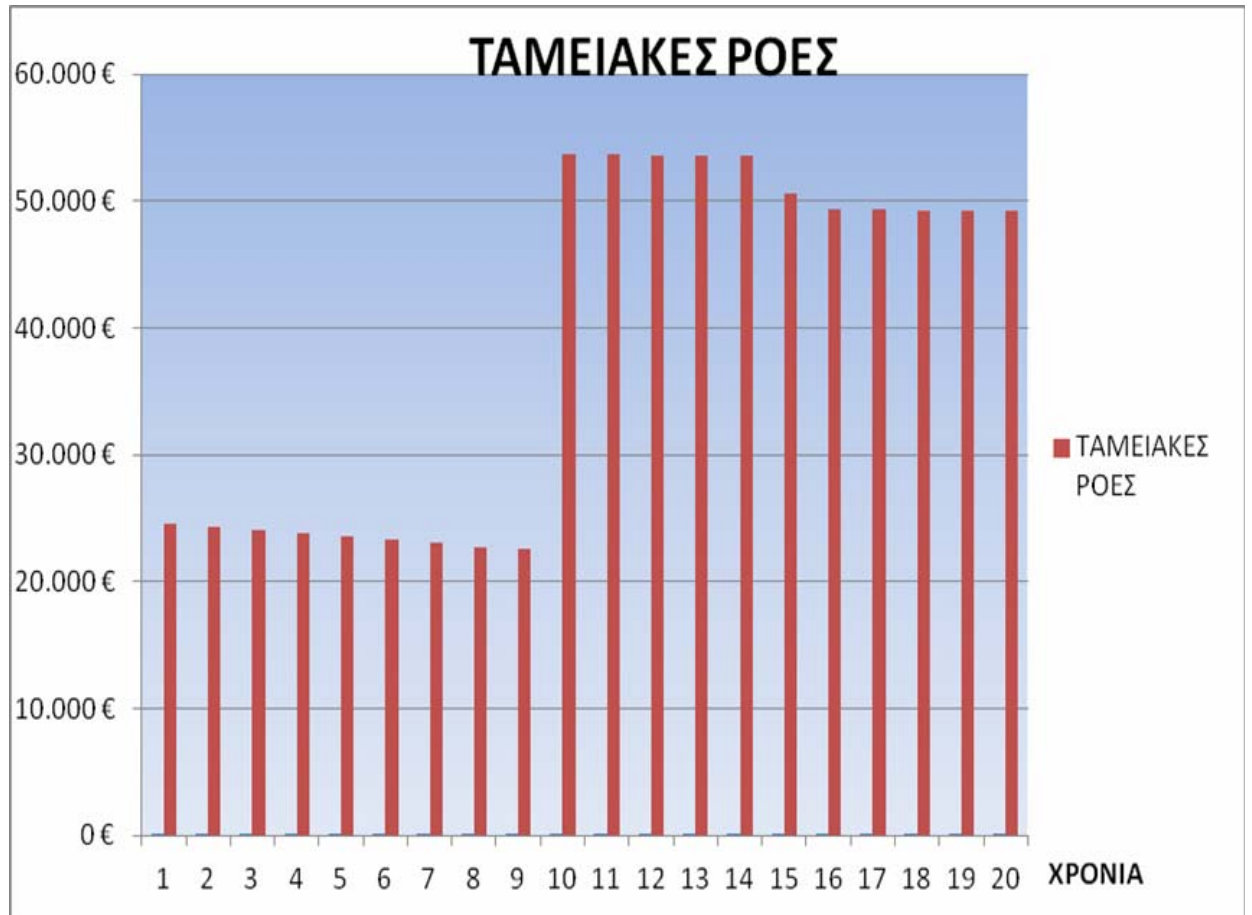
Διάγραμμα απεικόνισης κερδών παραγόμενης ενέργειας.



Διάγραμμα απεικόνισης κύκλου εργασιών και καθαρών κερδών.



Διάγραμμα απεικόνισης αθροιστικών ταμειακών ροών.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τ.Ε.Ε. (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας) Τεχνικό Εγχειρίδιο για την μελέτη και υλοποίηση Φωτοβολταϊκών συστημάτων.
2. Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. (Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας)
3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Δρ. Αθανάσιος Ν. Κατσανεβάκης)
4. Ι. Ε. Φραγκιαδάκης, Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2004.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- www.aenaon.net
- <http://global-energy.eu>
- www.telematica.gr
- www.ecn.nl
- www.energy.soton.ac.uk
- www.wikipedia.com