



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΤΕΧΝΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΜΙΚΡΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΕΣ
ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (TRACKERS) ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ
ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ**

Διπλωματική εργασία

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ ΧΡΙΣΤΟΣ

Επιβλέπων : Μαρία Ιωαννίδου

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Σεπτέβριος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ**

**ΤΕΧΝΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΜΙΚΡΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΕΣ
ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (TRACKERS) ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ
ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ**

Διπλωματική εργασία

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ ΧΡΙΣΤΟΣ

Επιβλέπων : Μαρία Ιωαννίδου

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Σεπτέβριος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΤΕΧΝΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΜΙΚΡΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΕΣ
ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ (TRACKERS) ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗ
ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΜΙΚΡΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ

Διπλωματική εργασία

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ ΧΡΙΣΤΟΣ

Επιβλέπων : Μαρία Ιωαννίδου

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την.....

.....

Μαρία Ιωαννίδου
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

.....

Νικόλαος Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Παναγιώτης Τσαραμπάρης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα, Σεπτέβριος 2012

.....

Χαραλάμπους Κ. Χρίστος
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Χαραλάμπους Χρίστος, 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Οφείλω να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Μαρία Ιωαννίδου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θερμή εκτίμηση προς το πατέρα μου Κυριάκο και τη μητέρα μου Ανδρούλα, για τη στήριξη που μου πρόσφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς και στις πολύ δύσκολες στιγμές που αντιμετώπισα.

Θα ήθελα επίσης, να ευχαριστήσω τη Μελίνα η οποία χωρίς δισταγμό με βοήθησε στην επίτευξη ορισμένων μετρήσεων στη τοποθεσία για την οποία έκανα τη διπλωματική εργασία .

Ευχαριστίες και προς τους συμφοιτητές μου με τους οποίους είχα άριστη συνεργασία .

Περίληψη

Το παρόν σύγγραμμα αποτελεί τη διπλωματική μου εργασία, η οποία υλοποιήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η τεχνοικονομική μελέτη για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου από κινούμενες φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε ένα οικισμό στο χωριό Νήσου επαρχία Λευκωσίας στην Κύπρο ο οποίος παρέχει περίπου 15000 τ.μ ανεκμετάλλευτη γη.Ένας από τους λόγους που μελετώ τις κινούμενες φωτοβολταϊκές γεννήτριες είναι επειδή παρουσιάζουν 40% περισσότερη απόδοση από τις στατικές .

Αρχικά στα τρία πρώτα κεφάλαια παρουσιάζω τα είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που υπάρχουν, εξηγώντας τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα τους.Ακολούθως αναφέρω γενικά για την ηλιακή ακτινοβολία και τις μεθόδους καταγραφής αυτής .Στη συνέχεια περιγραφώ τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά , τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους.Κάνω αναφορά στους τύπους των φωτοβολταϊκών συστημάτων και στον τρόπο εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζω τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού που είναι απαραίτητος για την σωστή λειτουργία ενός αυτόνομου και ενός διασυνδεδεμένου συστήματος αντίστοιχα.

Στο κεφάλαιο έξι δίνω λεπτομέριες γύρω από την τοποθεσία του οικισμού όπου θα γίνει η μελέτη του πάρκου.

Το κεφάλαιο εφτά και οκτώ παρουσιάζει την τεχνοικονομική μελέτη που έκανα για το διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάνοντας χρήση της εφαρμογής **PVSYST V5.59**.Γίνεται υπολογισμός των εσόδων από την πώληση της ενέργειας που παράγεται και ο υπολογισμός της απόσβεσης των εξόδων της κατασκευής.

Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτή τη μελέτη.

Λέξεις κλειδιά : ιχνηλάτης,φωτοβολταϊκά,αντιτροφέας,πάνελ,ανανεώσιμες πηγές ενέργειας,ηλιακή ακτινοβολία, διασυνδεδεμένο σύστημα,συσσωρευτές .

Abstract

This document comprises my final thesis, a project that materialized within the framework of my undergraduate studies at the Department of Electrical Engineering and Computer Engineering of the NTUA.

The ultimate purpose of my thesis is an examination of the technical and economic infrastructure of installing electricity generating panels of mobile photovoltaic generators in a settlement located at the village of Nissou, in the province of Nicosia in Cyprus. The size of the settlement is 1,500 square metres of undeveloped land, making it very appropriate for the purpose. One of the reasons why I focus on mobile photovoltaic generators is because they provide 40% more output than static generators.

In the first three chapters I present and analyze the kinds of renewable energy resources in existence, explaining their advantages and disadvantages. I follow this discussion with some general reference to sun radiation and the methods of recording it. Then I describe the mode of reproducing electrical energy from solar panels as well as their manufacturing specifications. I refer to the various types of solar energy panels and their installation method.

In Chapters 4 and 5 I present the characteristics of the equipment necessary for the correct functioning of one independent and one interconnected system respectively.

In Chapter 6, I provide some relevant information regarding the settlement site around the field where the electric solar panels will be installed.

Chapters 7 and 8 present the technical and economic report that I compiled concerning the interconnected system of producing electrical energy by using the application **PVSYST V5.59**. Included in this report is an estimate of the income from the sale of energy produced, as well as an estimate of the time frame when building costs will be offset.

In closing, I present the conclusions I have reached as a result of this study.

Key words: trackers ,solar electric panels,inverter, panel,renewable energy sources,solar radiation,interconnected system, condensers.

Περιεχόμενα

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	10
1.1Γενικά	10
1.2 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	10
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ Πλεονεκτήματα	11
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ηλιακή Ενέργεια	13
2.1 Ηλιακή ακτινοβολία	13
2.2 Μέθοδοι καταγραφής και υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας	14
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Φωτοβολταϊκά	19
3.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	19
3.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ.....	19
3.3 Δομή και τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων	21
3.4 Τρόποι εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	22
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ4: Συσσωρευτές, Ρυθμιστής Φόρτισης και Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος όταν πρόκειται για Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα	24
4.1 Γενικά	24
4.2 Χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σύνδεση των συσσωρευτών στο φωτοβολταϊκό σύστημα	24
4.3 Ρυθμιστής φόρτισης (DC to DC)με σύστημα παρακολούθησης MPP.....	26
4.4 Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος – ΗΖ.....	28
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Αντιστροφέας και σύστημα ιχνηλάτησης όταν πρόκειται για διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής	29
5.1 Αντιστροφέας – DC to AC Inverter.....	29
5.1.1 Inverter με τροποποιημένο και με καθαρό ημίτονο	29
5.2 Σύστημα ιχνηλάτησης – tracker και βάσεις στήριξης.....	30
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο οικισμός προς διασυνδεδεμένη τροφοδότηση και το φορτίο	32
6.1 Τοποθεσία οικισμού	32
6.2 Ηλεκτρικό φορτίο χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου.	32
7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:Τεχνική μελέτη για τη κατασκευή του φωτοβολταϊκού πάρκου	41
7.1 Γενικά	41
7.2 Συνολικές ηλεκτρικές καταναλώσεις οικισμού	44

7.3 Υπολογισμός των Απαιτούμενων Φωτοβολταϊκών Πάνελ και Αντιστροφέων	45
7.4 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ που επιλέχθηκαν	54
7.5 Χαρακτηριστικά του αντιστροφέα που επιλέχθηκε	58
7.6 Συνολικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάρκου	61
7.7 Διάγραμμα Ροής Ενέργειας	67
8. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:Οικονομική μελέτη.....	68
8.1 Κοστολόγηση της κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάρκου.....	68
8.2 Έσοδα και έξοδα από την αγοραπωλησία ηλεκτρικής ενέργειας με το δίκτυο της ΑΗΚ.....	69
8.2.1 1 ^ο Σχέδιο (χορηγία 0,25 €/KWh).....	70
8.2.3 2 ^ο Σχέδιο (κόστος αποφυγής 0,16 €/KWh)	70
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	71
10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

1.1Γενικά

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αναπόσπαστο μέρος της καταπολέμησης των κλιματικών αλλαγών,ενώ συγχρόνως συμβάλλουν στην ανάπτυξη και στη δημιουργία θέσεων εργασίας, και αυξάνουν την ενεργειακή μας ασφάλεια.Η Ευρωπαϊκή ένωση καταβάλλει προσπάθειες για να μειώσει τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών και να αναπτύξει μια κοινή ενεργειακή πολιτική. Ως μέρος αυτής της πολιτικής, οι Ευρωπαίοι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων συμφώνησαν το Μάρτιο του 2007 σε δεσμευτικούς στόχους για την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στόχος είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να αντιστοιχούν στο 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας της Ευρωπαϊκής ένωσης έως το 2020.Για να επιτευχθεί αυτός ο κοινός στόχος, κάθε κράτος μέλος πρέπει να αυξήσει την παραγωγή και χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ηλεκτρισμό,τη θέρμανση, την ψύξη και τις μεταφορές.Έτσι στόχος της Κύπρου αφού βρίσκεται πλέον στην ευρωπαϊκή ένωση είναι να μειώσει τους ρύπους της ,χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Οι στόχοι για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας υπολογίζονται ως το μερίδιο της κατανάλωσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας. Η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνει την άμεση χρήση τους (π.χ. βιοκαύσιμα) συν το μέρος του ηλεκτρισμού και της θέρμανσης που παράγεται από αυτές (π.χ. αιολική, υδροηλεκτρική ενέργεια), ενώ η τελική κατανάλωση ενέργειας είναι η ενέργεια που χρησιμοποιούν τα νοικοκυριά και οι τομείς της βιομηχανίας, των υπηρεσιών, της γεωργίας και των μεταφορών. Ο παρονομαστής για το μερίδιο των ΑΠΕ περιλαμβάνει επίσης τις απώλειες διανομής για τον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση, καθώς και την κατανάλωση αυτών των καυσίμων στη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης.

1.2 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- Αιολική ενέργεια.

Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται πλατιά για ηλεκτροπαραγωγή.

- Ηλιακή ενέργεια

Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

- Υδραυλική ενέργεια

Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας στις χώρες όπου έχουν ποτάμια.

- Βιομάζα

Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει βιοαιθανόλη και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.

- Γεωθερμική ενέργεια

Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια.

- Κυματική ενέργεια

Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας για την παραγωγή ηλεκτρισμού.

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- 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 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.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ηλιακή Ενέργεια

2.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται στον ήλιο. Φτάνει σχεδόν αμετάβλητη στο ανώτατο στρώμα της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, διαμέσου του διαστήματος, και στη συνέχεια κατά τη διέλευσή της από την ατμόσφαιρα υπόκειται σε σημαντικές αλλαγές, που οφείλονται στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε ένα σημείο στην επιφάνεια της γης μια δεδομένη χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από την ένταση και την διεύθυνση πρόσπτωσης. Στην επιφάνεια της γης φτάνει μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προέρχεται άμεσα από τον ήλιο (άμεση ηλιακή ακτινοβολία), ενώ το υπόλοιπο είτε απορροφάται από τα συστατικά της ατμόσφαιρας είτε ανακλάται πάλι προς το διάστημα ή προς την επιφάνεια της γης. Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία.

Η ενέργεια του ήλιου προς το παρόν είναι ανεξάντλητη καθώς ο ήλιος έχει πολύ μεγάλες διαστάσεις οπότε θα περάσουν εκατομύρια χρόνια μέχρι να εξαντληθεί έτσι ,εδώ και πολλά χρόνια ο άνθρωπος την εκμεταλλεύεται στην παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικού ρεύματος.

Ηλιακά πλαίσια (ηλιακός θερμοσίφωνας) τα οποία τοποθετούνται στις οροφές των σπιτιών είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να θερμαίνουν το νερό που παρέχεται στην οικία. Φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία επίσης τοποθετούνται στις οροφές καθώς και σε μεγάλες εκτάσεις γης παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα για τις ηλεκτρικές ανάγκες , με το πλαισιόνηκτημα ότι παράγουν καθαρή ενέργεια χωρίς ρύπους.



(α)



(β)

Σχήμα 2.1.1: (α) Ηλιακός θερμοσίφωνας θέρμανσης νερού
(β) Ηλιακά πλαίσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος

2.2 Μέθοδοι καταγραφής και υπολογισμού ηλιακής ακτινοβολίας

Για την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι οργάνων όπως για παράδειγμα: Τα πυρανόμετρα με τα οποία γίνεται μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια. Τα πυρηλιόμετρα με τα οποία γίνεται μέτρηση της έντασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει κάθετα σε μια επιφάνεια.

Στην πιο κάτω φωτογραφία παρουσιάζεται ένα πυρανόμετρο γνωστό περισσότερο ως ακτινομετρικό ζεύγος τύπου **Robitzsch**. Αποτελείται από δυο όμοια γυάλινα υδραργυρικά θερμομέτρα με σφαιρικά δοχεία. Η λεκάνη του ενός θερμομέτρου είναι γυμνή (λευκό θερμομέτρο) ενώ του άλλου καλύπτεται με λεπτό στρώμα αιθάλης (μέλαν θερμομέτρο).



Σχήμα 2.2.1: Πυρανόμετρο.

Το ζεύγος αυτό των θερμομέτρων τοποθετείται έτσι ώστε το επίπεδο τους να είναι κάθετο στο επίπεδο του μεσημβρινού του τόπου. Με τον τρόπο αυτό κατά την μεσουράνηση του ηλίου η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει ομοιόμορφα στο ακτινομετρικό αυτό ζεύγος. Προφανώς η ένδειξη του μέλανος θερμομέτρου είναι πάντοτε μεγαλύτερη εκείνης του λευκού γιατί η αιθάλη έχει μεγαλύτερη απορροφητική ικανότητα. Για τον υπολογισμό της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας με αυτό το όργανο χρησιμοποιείται η σχέση: $HA = c * (\theta_{\mu} - \theta_{\lambda})$. Σε ότι αφορά την εκτίμηση της διάχυτης ακτινοβολίας της ατμόσφαιρας το όργανο σκιάζεται με κατάλληλο σκιάδιο.



Σχήμα 2.2.2: Σκιάδιο.

Δύο τύποι πυρανόμετρων για την μέτρηση και καταγραφή με ηλεκτρονικό τρόπο της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζονται στις σχετικές φωτογραφίες.



(α)



(β)

Σχήμα 2.2.3: (α),(β) Πυρανόμετρα

Μέθοδοι καταγραφής και υπολογισμού της ηλιακής ακτινοβολίας:

- Η μέθοδος μέτρησης της άμεσης ακτινοβολίας.
- Η μέθοδος μέτρησης της διάχυτης ακτινοβολίας.
- Η μέθοδος μέτρησης της ολικής ακτινοβολίας.

Μέτρηση άμεσης ακτινοβολίας

- Άμεση ακτινοβολία Ηλίου ονομάζεται η προσπίπτουσα στη Γη, απαλλαγμένη από τη διάχυτη.

Για τη μέτρηση της «Άμεσης ακτινοβολίας» του Ηλίου το θερμοηλεκτρικό ζεύγος του ακτινομέτρου βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό σωλήνα και σε κατάλληλη θέση, κάθετα προς τον άξονα του σωλήνα. Ο μεν σωλήνας φέρεται επί μεταλλικής βάσης έτσι ώστε να είναι στρεπτός κατακόρυφα, πάνω ή κάτω, η δε μεταλλική βάση είναι και αυτή ομόκεντρα στρεπτή κατά το οριζόντιο επίπεδο (δεξιά ή αριστερά). Η όλη διάταξη μοιάζει σε μικρογραφία με αντιαεροπορικό πυροβόλο.

Με τη δυνατότητα αυτή περιστροφής καθ' ύψος και οριζόντια επιτυγχάνεται η σκόπευση του ήλιου με αποτέλεσμα το θερμοηλεκτρικό ζεύγος που είναι συνδεδεμένο με το γαλβανόμετρο να δέχεται μόνο την επίδραση δέσμης παράλληλων ακτίνων του ηλίου που διέρχονται από τον σωλήνα. Ο μεταλλικός σωλήνας χρησιμεύει για την προστασία της θερμοηλεκτρικής στήλης τόσο από την ακτινοβολία περιβάλλοντος (τη διάχυτη ακτινοβολία) όσο και από τους ανέμους.

Ειδικά το ακτινόμετρο που μετρά την «άμεση ακτινοβολία» επειδή σκοπεύει τον Ήλιο ονομάζεται και Πυρηλιόμετρο. Τέτοιο όργανο είναι και το Πυρηλιόμετρο **Kipp and Zonnen** ή **Kipp-Zonnen** του οποίου η χρήση είναι ευρύτατη.

Μέτρηση διάχυτης ακτινοβολίας

- Διάχυτη ακτινοβολία Ηλίου χαρακτηρίζεται η προερχόμενη από τον περιβάλλοντα και μόνο χώρο.

Για τη μέτρηση της «Διάχυτης ακτινοβολίας» του Ηλίου χρησιμοποιείται Πυρηλιόμετρο με την προσθήκη μικρού δίσκου σκίασης σε κατάλληλη θέση (απόσταση) ώστε ν' ανακόπτονται οι ακτίνες της άμεσης ακτινοβολίας του Ηλίου. Επίσης η Διάχυτη ακτινοβολία μπορεί να προσδιορισθεί από την τιμή της «ολικής ακτινοβολίας» αν αφαιρεθεί η τιμή της «άμεσης ακτινοβολίας».

Μέτρηση ολικής ακτινοβολίας

- Ολική ακτινοβολία ηλίου χαρακτηρίζεται το σύνολο της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας του.

Για τη μέτρηση της «Ολικής ακτινοβολίας» του Ηλίου χρησιμοποιείται ακτινόμετρο του οποίου το θερμοηλεκτρικό στοιχείο είναι επίπεδο και οριζόντιο (προς το έδαφος) και φέρεται εντός γυάλινης σφαίρας (για την προστασία από ανέμους). Τέτοιο ακτινόμετρο μέτρησης ολικής ακτινοβολίας είναι το ακτινόμετρο **Epply**, καθώς επίσης και το αντίστοιχο ολικής ακτινοβολίας **Kipp-Zonnen**.



Σχήμα 2.2.4: Μηχανικός Ακτινογράφος

Ηλιογράφος

Ο Ηλιογράφος ανήκει στα επίγεια μετεωρολογικά όργανα και πρόκειται για αυτόνομο όργανο που μετρά την ημερήσια ηλιοφάνεια, δηλαδή πόσες ώρες οι ακτίνες του ηλιακού φωτός δεν εμποδίζονται από σύννεφα στη διάρκεια μιας ημέρας. Περισσότερο διαδεδομένοι σε χρήση ηλιογράφοι είναι του **Campell Stokes** και του **Marvin** τα ονόματα των οποίων και φέρουν.

Ηλιογράφος Cambell

Ο ηλιογράφος Cambell ή Cambell-Stokes αποτελείται από μια γυάλινη σφαίρα που φέρεται επί μεταλλικού στελέχους σε μεταλλική βάση. Η σφαίρα αυτή από το πίσω μέρος και σε μικρή απόσταση σχεδόν περιβάλλεται από μια ομόκεντρη σφαιρική ζώνη σε μορφή ζωδιακού που μπροστά όμως παραμένει ανοικτή. Στο εσωτερικό αυτής της σφαιρικής ζώνης τοποθετείται ειδική χάρτινη ταινία συνήθως χρώματος ανοικτού γαλάζιου.

Κατά την διάρκεια της ημέρας όταν οι ακτίνες του ήλιου δεν εμποδίζονται από σύννεφα η θερμική ενέργεια του Ήλιου που συγκεντρώνεται στην κυρία εστία της σφαίρας που αντανακλά στη χάρτινη ταινία καίει αυτή σχηματίζοντας έτσι μια συνεχή γραμμή ή τόξο (σύνολο ίχνους καμένων σημείων). Αν αντίθετα κατά την διάρκεια της ημέρας εμποδίζεται περιοδικά τότε περιοδικά καμένα τμήματα θα παρουσιάζει και η ταινία. Όταν τύχει ημέρα νεφοσκεπής τότε η χάρτινη ταινία δεν θα περιέχει ούτε ένα ίχνος καμένου σημείου.

- Η ταινία του ηλιογράφου φέρει 8 κάθετες διαγραμμίσεις που αντιστοιχούν σε 9 ώρες με ενδιάμεσες της ημίσειας ώρας ενώ τα οριζόντια καμένα τμήματα λαμβάνουν λατινικά γράμματα π.χ. A, B, C, κ.λπ. Εύλογο θεωρείται ότι η ταινία αυτή αντικαθίσταται καθημερινά μετά την δύση του Ηλίου.
- Ο ηλιογράφος τοποθετείται με τέτοιο προσανατολισμό ώστε οι ηλιακές ακτίνες καθ' όλη την ημέρα προσπίπτοντας στη σφαίρα ν' αντανακλώνται στη ταινία. Επειδή τα μεσημβρινά ύψη του Ηλίου και τα ημερήσια τόξα του δεν είναι τα ίδια για κάθε ημέρα στο εσωτερικό της σφαιρικής ζώνης υπάρχουν τρεις αυλακώσεις για την τοποθέτηση της κατάλληλης ταινίας κατά εποχή.



Σχήμα 2.2.5: Ηλιογράφος Cambell

Ηλιογράφος Marvin

Ο Ηλιογράφος Marvin μοιάζει με μικρή διαφανή ευθύγραμμη λάμπα φθορισμού. Στηρίζεται σε κάθετο στέλεχος στο οποίο και στερεώνεται το μέσον του οργάνου, σχεδόν σε οριζόντια θέση. Η καταγραφή της ηλιοφάνειας στο όργανο αυτό γίνεται με ηλεκτρική μέθοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Φωτοβολταϊκά

3.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο που αφορά τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Μπεκερέλ. Το φαινόμενο αφορά περιληπτικά την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων των φωτοβολταϊκών στοιχείων και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στα φωτοβολταϊκά στοιχεία οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια της ηλιακής ενέργειας προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο 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 στοιχείου να μετακινηθούν σε άλλη θέση.

Το φωτοβολταϊκό κύτταρο αποτελείται από ένα ή δύο στρώματα ημιαγωγικού υλικού. Όταν υπάρχει φως το κύτταρο δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο στα στρώματα, προκαλώντας έτσι, ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός που προσπίπτει στο κύτταρο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα δεν χρειάζεται άμεσα το φως του ήλιου προκειμένου να λειτουργήσει. Μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια ακόμα και στις νεφελώδεις ημέρες. Λόγω της αντανάκλασης του φωτός του ήλιου, οι ελαφρώς νεφελώδεις ημέρες μπορούν ακόμη και να οδηγήσουν σε υψηλότερες ενεργειακές παραγωγές από τις ημέρες με έναν απολύτως ασυννέφιαστο ουρανό.

Δυστυχώς η ηλιακή ενέργεια που είναι η πρωταρχική «ύλη» για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει μεταβολές λόγω της κίνησης της γης και κυρίως όταν υπάρχει συννεφιά. Η μέγιστη παραγωγή συμβαίνει όταν οι ακτίνες του ήλιου είναι κάθετες στα ηλιακά πλαίσια πράγμα που δεν συμβαίνει στις εγκαταστάσεις στατικών ηλιακών πλαισίων. Το ποσό της ενέργειας της ακτινοβολίας που περνά στη μονάδα του χρόνου από τη μονάδα εμβαδού μιας επιφάνειας τοποθετημένης κάθετα στην διεύθυνση της ακτινοβολίας εκφράζεται συνήθως σε W/m^2 και ονομάζεται ροή της ακτινοβολίας.

3.2 Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ

Η βασική μονάδα των φωτοβολταϊκών πάνελ είναι το ηλιακό στοιχείο.

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τυπικής ισχύος από 10W έως 300W. Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (pv-arrays).

Τοποθετούνται σε επίπεδη γυάλινη πλάκα, προσαρμοσμένη σε μεταλλικό πλαίσιο, συνήθως από αλουμίνιο, υψηλής αντοχής. Το πίσω μέρος καλύπτεται από ειδικό πλαστικό υλικό ενθυλάκωσης. Όλα τα στηρίγματα συνδέονται με χρήση ανοξειδωτων κοχλιών και περικοχλίων ασφαλείας. Η τελική κατασκευή πληροί ειδικές προδιαγραφές, ώστε να διαθέτει την απαραίτητη μηχανική αντοχή, τις κατάλληλες υποδοχές στήριξης και την αυξημένη στεγανότητα για προστασία από την υγρασία. Επίσης, πρέπει να είναι ανθεκτική σε ατμόσφαιρα υψηλής περιεκτικότητας σε άλμη, σε δυνατές κρούσεις χαλαζόπτωσης και σε θερμικές καταπονήσεις.

Η όψη του φωτοβολταϊκού καλύπτεται από διαφανή ουσία (π.χ. SiO_2). Η μεμβράνη αυτή χαρακτηρίζεται από δείκτη διάθλασης τέτοιο ώστε, για μια περιοχή μηκών κύματος, συνήθως γύρω στα 600 nm, κοντά στο μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (480 nm), να ελαχιστοποιείται η ανακλώμενη συνιστώσα του φωτός (αντιανακλαστική επίστρωση). Επιπλέον, τα μεταλλικά ηλεκτρόδια συλλογής των φορέων, πρέπει να βρίσκονται κοντά στην ενεργό περιοχή.

Το πίσω ηλεκτρόδιο καλύπτει όλη την έκταση του φωτοβολταϊκού και συνήθως αποτελείται, για λόγους κόστους και βάρους της διάταξης, από λεπτό και σχετικά πυκνό μεταλλικό πλέγμα. Ενώ το μεταλλικό πλέγμα, που τοποθετείται στην επιφάνεια, όπου προσπίπτει το φως, πρέπει να έχει το σχήμα αραιής μεταλλικής σχάρας, έτσι ώστε οι ελεύθεροι ηλεκτρικοί φορείς να συλλέγονται απ' όλη την έκταση της επιφάνειάς του, προκαλώντας ταυτόχρονα την ελάχιστη δυνατή μείωση στη διέλευση του φωτός.



Σχήμα 3.2.1: Τελική κατασκευή φωτοβολταϊκών πάνελ

Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής φωτοβολταϊκών. Το πυρίτιο, ανάλογα με την επεξεργασία του, δίνει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά, από τα οποία παράγονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία – πλαίσια χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες

Φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου

1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου με απόδοση πλαισίων 14,5% έως 21%,
2. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου με απόδοση πλαισίων 13% έως 14,5%

3.3 Δομή και τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

- Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια (φωτοβολταϊκά πλαίσια) με βάση στήριξης ή με (tracker), σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.
- Συσσωρευτές τάσης
- Ρυθμιστή φόρτισης για έλεγχο και προστασία των συσσωρευτών.
- Αντιστροφέας(inverter DC to AC 12V/24V/48V) για μετασχηματισμό στα 230VAC

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων, το **διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα** με το δίκτυο της ΑΗΚ και το **αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα**. Η απλούστερη μορφή του δεύτερου εκ των δυο αποτελείται απλώς από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μόνη της τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα φορτίο οποτεδήποτε υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Αυτού του τύπου το σύστημα είναι κοινό σε εφαρμογές οικιακές ή γεωργικές για άντληση νερού. Σε άλλες περιπτώσεις το φωτοβολταϊκό σύστημα παρέχει δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Συχνά συμπεριλαμβάνεται μετατροπέας ισχύος της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως στην περίπτωση που απαιτείται εναλλασσόμενο ρεύμα.

Συνήθως τα φωτοβολταϊκά ηλιακά στοιχεία σε μια βασική μονάδα συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά. Αυτό οφείλεται στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κάθε ηλιακού φωτοβολταϊκού στοιχείου. Ένα τυπικό (διαμέτρου 4 ιντσών) ηλιακό στοιχείο κρυσταλλικού πυριτίου ή ένα (10 cm x 10 cm) πολυκρυσταλλικό στοιχείο θα παρέχουν κάτω από κανονικές συνθήκες ισχύ μεταξύ 1W -1.5W, εξαρτώμενη από την απόδοση του ηλιακού στοιχείου. Αυτή η ισχύς παρέχεται συνήθως υπό τάση 0.5 ή 0.6 V. Από τη στιγμή που υπάρχουν πολύ λίγες εφαρμογές, οι οποίες εκτελούνται σε αυτή την τάση, η άμεση λύση είναι να συνδεθούν τα ηλιακά στοιχεία σε σειρά.

Ο αριθμός των ηλεκτρικών φωτοβολταϊκών στοιχείων μέσα σε μια βασική μονάδα ρυθμίζεται από την τάση της βασικής μονάδας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος συνήθως πρέπει να ταιριάζει με την ονομαστική τάση του υποσυστήματος αποθήκευσης. Οι περισσότερες εκ των φωτοβολταϊκών βασικών μονάδων, που κατασκευάζονται βιομηχανικά έχουν, επομένως, σταθερές διατάξεις, οι οποίες μπορούν να συνεργασθούν ακόμη και με μπαταρίες των 12Volt / 6Volt/ 2Volt. Προβλέποντας πιθανότητα υπέρτασης προκειμένου να φορτισθεί η φωτοβολταϊκή μπαταρία και να αντισταθμιστεί χαμηλότερη έξοδος, κάτω από συνθήκες χαμηλότερες των κανονικών, έχει βρεθεί ότι μια ομάδα των 33 έως 36 ηλιακών στοιχείων σε σειρά συνήθως εξασφαλίζουν αξιόπιστη λειτουργία.

Τα τρία περισσότερο σημαντικά ηλεκτρικά φωτοβολταϊκα χαρακτηριστικά μιας βασικής μονάδας είναι το ρεύμα βραχυκυκλώματος, η τάση ανοικτού κυκλώματος και το σημείο μέγιστης ισχύος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία. Αυτές οι χαρακτηριστικές μοιάζουν με τη χαρακτηριστική I-V ενός ηλιακού στοιχείου.

3.4 Τρόποι εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Υπάρχουν δύο τρόποι για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ο ένας τρόπος είναι τα πλαίσια στο χώρο όπου θα εγκατασταθούν, για παράδειγμα σε οροφές σπιτιών ή σε χωράφια, να τοποθετούνται σε ειδικές βάσεις στήριξης, μεγάλης αντοχής σε διάφορες καιρικές συνθήκες. Με αυτόν τον τρόπο τα πλαίσια να είναι προσανατολισμένα προς το νότο, υπό κλίση η οποία εξαρτάται κυρίως από το γεωγραφικό πλάτος, την αναλογία της διάχυτης ακτινοβολίας στην τοποθεσία και το είδος του φορτίου. Τα φωτοβολταϊκά αυτά ονομάζονται στατικά.



Σχήμα 3.4.1: Στατικά φωτοβολταϊκά πλαίσια

Ο δεύτερος τρόπος εγκατάστασης των πλαισίων ο οποίος αφορά αποκλειστικά αυτή τη διπλωματική μελέτη είναι τα κινούμενα γύρω από τον “εαυτό” τους φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία στηρίζονται αποκλειστικά και μόνο πάνω σε ένα κατακόρυφο πάσαλο μεγάλης μηχανικής αντοχής. Τα φωτοβολταϊκά αυτά ονομάζονται φωτοβολταϊκά με tracker ή ιχνηλάτες. Τα κινούμενα φωτοβολταϊκά συστήματα ανάλογα με το είδος τους χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στη πρώτη κατηγορία ανοίκουν οι ιχνηλάτες οι οποίοι ακολουθούν τον ήλιο μόνο ως προς τον ένα άξονα κίνησης και στη δεύτερη κατηγορία ανοίκουν οι ιχνηλάτες οι οποίοι κινούνται ως προς τους δύο άξονες. Στα φωτοβολταϊκά σε σύστημα με δύο άξονες παρακολούθησης του Ηλίου, μπορεί να συλλεχθεί μέχρι 25% περισσότερη ηλιακή ενέργεια κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε σύγκριση με την εγκατάσταση σταθερής κλίσης. Κάτι τέτοιο όμως αυξάνει την πολυπλοκότητα και έχει ως αποτέλεσμα μια χαμηλότερης αξιοπιστίας και υψηλότερου κόστους συντήρησης. Η μονού άξονα παρακολούθηση (ιχνηλάτηση) είναι λιγότερο σύνθετη αλλά παρουσιάζει μικρότερο κέρδος.

Το σύστημα παρακολούθησης είναι ιδιαίτερα σημαντικό στα φωτοβολταϊκά συστήματα, που λειτουργούν κάτω από συγκεντρωμένο ηλιακό φως. Η δομή αυτών των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκτείνεται από έναν απλό σχεδιασμό βασισμένο πάνω σε πλευρικούς ενισχυτικούς

καθρέπτες μέχρι τα συγκεντρωτικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν υπερσύγχρονες οπτικές τεχνικές, για να αυξήσουν την είσοδο φωτός προς τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία κατά μερικές τάξεις μεγέθους. Αυτά τα συστήματα πρέπει να προνοούν για ένα σημαντικό γεγονός, ότι δηλαδή συγκεντρώνοντας την ηλιακή ενέργεια ελαττώνουν το γωνιακό άνοιγμα των ακτίνων, που το σύστημα μπορεί να δεχθεί. Η παρακολούθηση γίνεται απαραίτητη από τη στιγμή που ο λόγος συγκέντρωσης υπερβαίνει το 10 περίπου και το σύστημα μπορεί να μετατρέψει μόνο την άμεση συνιστώσα της ηλιακής ακτινοβολίας- ενέργειας.



Σχήμα 3.4.2: Κινούμενα φωτοβολταϊκά πλαίσια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ4: Συσσωρευτές, Ρυθμιστής Φόρτισης και Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος όταν πρόκειται για Αυτόνομα Φωτοβολταϊκά Συστήματα

4.1 Γενικά

Οι συσσωρευτές χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα για να αποθηκεύεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου έχουμε ηλιοφάνεια και να τη αξιοποιεί ο καταναλωτής κατά τα χρονικά διαστήματα που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια δηλαδή τις βραδυνές ώρες και τις μέρες συνεχούς συννεφιάς. Γενικά οι συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα είναι όμοιοι με τις κοινές μπαταρίες αυτοκινήτων, δηλαδή φόρτισης-εκφόρτισης. Οι πιο συνηθισμένοι κατασκευαστικά παρουσιάζουν ηλεκτρόδια μολύβδου σε διάλυμα θειϊκού οξέως. Αυτοί είναι οι πιο οικονομικοί συσσωρευτές για τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Σε περιπτώσεις όμως μεγάλων αυξομειώσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους, χρησιμοποιούνται αλκαλικοί, νικελίου-καδμίου. Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις και κυρίως το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχών ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της κατανάλωσης και το βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών ενεργειακών πηγών. Συνήθως, από τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα ζητείται να εξασφαλίζουν μια αυτοδυναμία τουλάχιστον 3 ως 10 ημερών περίπου.

4.2 Χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σύνδεση των συσσωρευτών στο φωτοβολταϊκό σύστημα

Ολική χωρητικότητα C ενός συσσωρευτή αφορά το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να αποθηκευτεί στο εσωτερικό του, με τη μορφή χημικής ενέργειας, κάτω από ορισμένες συνθήκες, καθορισμένες, κυρίως, από τη θερμοκρασία και εκφράζεται σε Ah (Αμπερώρες). Η χωρητικότητα του συσσωρευτή δεν παραμένει σταθερή, μειώνεται όσο αυξάνουν οι κύκλοι λειτουργίας.

Ονομαστική τάση που εκφράζεται με την έννοια της ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) η οποία μετρείται σε Volt και ισούται με την πολική τάση του συσσωρευτή, όταν δεν είναι συνδεδεμένος σε φορτίο. Στη βασική του μορφή, ένα στοιχείο ηλεκτρικού συσσωρευτή αποτελείται από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια, συνήθως, με τη μορφή επίπεδων πλακών, εμβαπτισμένα σε συγκεκριμένο διάλυμα ηλεκτρολύτη, ο οποίος αντιδρά επιφανειακά με τις πλάκες. Κατά το στάδιο της φόρτισης του, μια ηλεκτρική πηγή συνεχούς τάσεως, συνδέεται στα άκρα του και δημιουργεί στο εσωτερικό του ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο κινεί ευκίνητα ιόντα του ηλεκτρολύτη, προς τις αντίθετα πολωμένες πλάκες του συσσωρευτή (+ και -), όπου αποδίδουν το φορτίο τους. Αποτέλεσμα των αντιδράσεων που συμβαίνουν στα μεταλλικά ηλεκτρόδια, είναι η αλλοίωση

της δομής τους, σε βάθος μερικών μικρών, μετατρέπόμενα σε νέα, διαφορετικά μεταξύ τους σώματα. Τα αλλοιωμένα ηλεκτρόδια εμφανίζουν διαφορετικά ηλεκτροχημικά δυναμικά ως προς το διάλυμα, η δε διαφορά μεταξύ τους ισούται με την ΗΕΔ του συσσωρευτή.

Βάθος εκφόρτισης είναι το ποσοστό της εκφόρτισης, στο οποίο μπορεί να φθάνει καθημερινά ο συσσωρευτής, για να διατηρείται σε καλή κατάσταση και να μην ελαττωθεί ο κανονικός χρόνος ζωής του και εξαρτάται από την κατασκευή του συσσωρευτή. Οι πλάκες μπορεί να κατασκευασθούν με διαφορετικό πάχος και από διάφορα κράματα μετάλλων, όπως μολύβδου-ασβεστίου, μολύβδου-αντιμονίου, για να ανταποκριθούν σε ορισμένες εφαρμογές. Γενικά όσο πιο χοντρές είναι οι πλάκες τόσο περισσότερο μπορεί να εκφορτιστεί ένας συσσωρευτής και μετά να ξαναφορτιστεί. Υπάρχουν συσσωρευτές για τους οποίους συστήνεται από τον κατασκευαστή ότι είναι δυνατό να εκφορτίζονται καθημερινά κατά 10-20% μετά από καθημερινή πλήρη φόρτιση. Υπάρχουν άλλοι που μπορεί να εκφορτίζονται μέχρι και 80% του αρχικού φορτίου τους. Οι πρώτοι είναι **ελαφριοί** ενώ οι δεύτεροι είναι **βαριοί**, πιο ακριβοί και προτιμούνται στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Μια κατηγορία συσσωρευτών που μπορούν να εκφορτισθούν πλήρως (100%) χωρίς καμιά βλάβη και να ξαναφορτισθούν είναι εκείνοι που έχουν πλάκες από νικέλιο-κάδμιο.

Οι τελευταίοι προτιμούνται περισσότερο στα φωτοβολταϊκά συστήματα, διότι με την πλήρη φόρτιση και εκφόρτιση τους εξυπηρετούν με όλο το φορτίο τους. Εφόσον μάλιστα δεν επηρεάζεται ο χρόνος ζωής τους και κατάσταση τους, είναι δυνατόν να αποφευχθεί και η χρησιμοποίηση ρυθμιστή τάσης. Κάθε συσσωρευτής εκτός από την ολική χωρητικότητα του, παρουσιάζει και χρήσιμη χωρητικότητα δηλαδή την χωρητικότητα που αξιοποιεί και είναι το γινόμενο του βάθους εκφόρτισης του **B** επί την ολική χωρητικότητα **C_{ολ}** :

$$C_X = B * C_{ολ}$$

Κόστος για κάθε KWh. Για να βρεθεί η ολική ηλεκτρική ενέργεια **E_{ολ}** που θα δώσει ένας συσσωρευτής για όλη τη διάρκεια της ζωής του, πρέπει να πολλαπλασιαστεί η χρήσιμη χωρητικότητα **C_X** με την τάση **V** και το συνολικό αριθμό **N** φορτίσεων-εκφορτίσεων $E_{ολ} = C_X * V * N$

Όταν διαιρεθεί η τιμή του συσσωρευτή με την **E_{ολ}**, βρίσκεται το κόστος κάθε **KWh** που δίνει ο συσσωρευτής. Είναι φανερό ότι όσο χαμηλότερο είναι το κόστος αυτό τόσο πιο συμφέρουσα θα είναι η αγορά του συσσωρευτή.

Θερμοκρασία λειτουργίας Η χωρητικότητα του συσσωρευτή ελαττώνεται με την ελάττωση της θερμοκρασίας ενώ αυξάνεται με την αύξηση της.

Χρόνος ζωής συσσωρευτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι ο ρυθμός φόρτισης, και εκφόρτισης, ο αριθμός φορτίσεων και εκφορτίσεων και οι ακραίες θερμοκρασίες λειτουργίας. Σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ένας συσσωρευτής μολύβδου έχει διάρκεια ζωής που δεν ξεπερνά τα 5-6 χρόνια, ενώ οι συσσωρευτές νικελίου- καδμίου διαρκούν πολύ περισσότερο όταν λειτουργούν με τις ίδιες συνθήκες. Οι συσσωρευτές δεν πρέπει να υφίστανται παρατεταμένη φόρτιση σε πολύ υψηλή τάση γι' αυτούς, ούτε να εκφορτίζονται κάτω από ένα όριο. Ο κανόνας αυτός είναι πολύ σημαντικός και καθορίζει το χρόνο ζωής τους. Ο χρόνος ζωής των συσσωρευτών εκφράζεται σε κύκλους λειτουργίας, καθένας από τους οποίους περιλαμβάνει τις διαδοχικές διαδικασίες εκφόρτισης και φόρτισης του.



Σχήμα 4.2.1:Εγκατεστημένη συστοιχία μπαταριών φωτοβολταϊκού συστήματος

4.3 Ρυθμιστής φόρτισης (DC to DC) με σύστημα παρακολούθησης MPPT

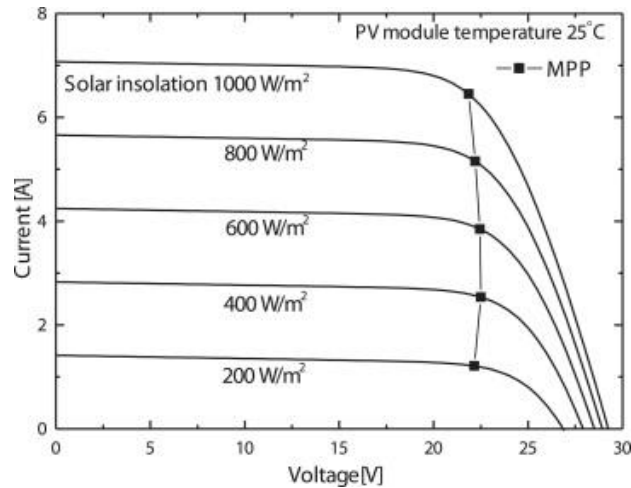
Η τάση φόρτισης των συσσωρευτών μπορεί να ανεξαρτητοποιηθεί από την τάση εξόδου των φωτοβολταϊκών γεννητριών με την παρεμβολή ενός μετατροπέα συνεχούς ρεύματος DC to DC converter. Ο μετατροπέας αυτός παίρνει την τάση που δίνουν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες, που είναι φυσικά ασταθής λόγω της διακύμανσης της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας, τη μετατρέπει σε ευνοϊκή τάση για τη φόρτιση των συσσωρευτών και τη σταθεροποιεί ώστε να εξασφαλίζονται οι βέλτιστες συνθήκες φόρτισης.

Ο ρόλος ενός ρυθμιστή φόρτισης που είναι εγκατεστημένος σε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι να διατηρεί τις μπαταρίες σε μια όσο το δυνατό μέγιστη κατάσταση φόρτισης προστατεύοντας τις ταυτόχρονα από υπερφόρτιση από τις φωτοβολταϊκές γεννήτριες και από υπερβολική εκφόρτιση από το φορτίο. Μερικά μικρού μεγέθους φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν χωρίς ρυθμιστή φόρτισης, αλλά με το κόστος ότι δεν υπάρχει η καλή λειτουργία και η αυξημένη απόδοση του συστήματος. Ο ρυθμιστής καθορίζει την αποτελεσματικότητα φόρτισης της μπαταρίας και την ωφέλιμη λειτουργικότητα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και εναλλακτικά την ικανότητα του συστήματος να συμβαδίσει

με τις απαιτήσεις του φορτίου. Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, όπως θερμοκρασιακή αντιστάθμιση, μετρητές και ειδικοί αλγόριθμοι μπορούν να βελτιώσουν την ικανότητα ενός ρυθμιστή φόρτισης να διατηρούν την καλή λειτουργία και να επιμηκύνουν τη διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας, όπως ακόμα να παρέχουν ενδείξεις της λειτουργικής κατάστασης στον συντηρητή του συστήματος.

Στις υλοποιήσεις των ρυθμιστών φόρτισης συσσωρευτών με κύριο μέλημα τους την προστασία του συσσωρευτή από υπέρταση (διατηρώντας την τάση της μπαταρίας κοντά σε μια προκαθορισμένη από τον σχεδιαστή στάθμη πλήρους φόρτισης), όπως και την προστασία του συσσωρευτή από υπερβολική εκφόρτιση (αποκόπτοντας το φορτίο από το φωτοβολταϊκό σύστημα όταν η τάση της μπαταρίας γίνει ίση με ένα προκαθορισμένο κατώτατο όριο), η ισχύς που τροφοδοτεί η φωτοβολταϊκή γεννήτρια στο σύστημα δεν είναι για όλες τις συνθήκες λειτουργίας η μέγιστη. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η μεταφορά ισχύος από τη γεννήτρια στη μπαταρία και το φορτίο είναι αποδοτική μόνο για ορισμένες τιμές από μια σχετικά μεγάλη περιοχή τιμών των παραμέτρων λειτουργίας, όπως το μέγεθος του φορτίου της μπαταρίας, τη θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών κυττάρων, την πυκνότητα ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας και τον βαθμό γήρανσης των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Έτσι παρουσιάζονται απώλειες οι οποίες κυμαίνονται από πολύ μικρές ως 10% κατά τη διάρκεια μιας τυπικής ηλιόλουστης ημέρας. Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα παρακολούθησης του σημείου μέγιστης ισχύος MPPT (Maximum Power Point Tracker).

Η αρχή λειτουργίας ενός ρυθμιστή φόρτισης με σύστημα παρακολούθησης του μεγίστου σημείου λειτουργίας, βασίζεται στη συνεχή παρακολούθηση της δυναμικής αντίστασης R_M της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και στην καλή προσαρμογή του σημείου λειτουργίας της συστοιχίας-φορτίου, ώστε το σημείο αυτό λειτουργίας του φωτοβολταϊκού συστήματος να βρίσκεται όσο το δυνατό πλησιέστερα στο αντίστοιχο με το επίπεδο ηλιοφάνειας σημείο μέγιστης ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με τον συνεχή έλεγχο των αλγεβρικών προσήμων των παραγώγων της ισχύος και της τάσης στην έξοδο της γεννήτριας με τη βοήθεια κατάλληλων κυκλωμάτων, τα οποία παράγουν κατάλληλα σήματα που αλλάζουν την κατάσταση του διακόπτη ενός μετατροπέα DC to DC και διαμορφώνουν κατάλληλα τον κύκλο λειτουργίας του, ώστε να μετατοπίζεται το σημείο λειτουργίας στη $I-V$ χαρακτηριστική της φωτοβολταϊκής γεννήτριας όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο σημείο μέγιστης ισχύος, ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας στα ηλιακά κύτταρα.



Σχήμα 4.3.1: I-V χαρακτηριστική μέγιστου σημείου λειτουργίας για διάφορες τιμές της ακτινοβολίας

4.4 Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος – HZ

Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή αλλιώς HZ είναι ένας κινητήρας εσωτερικής καύσης ο οποίος δίνει κίνηση σε μια γεννήτρια με αποτέλεσμα να έχουμε παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Το HZ χρησιμοποιείται ευρέως σε απόμακρυσμένες από το ηλεκτρικό δίκτυο εγκαταστάσεις όπου η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος δεν απαιτείται συνεχώς για παράδειγμα σε εξοχικά, σε περιβόλια όπου γίνεται άντληση νερού κλπ. Βασική χρήση του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους είναι ως εφεδρία σε νοσοκομεία, σε αυτόνομα συστήματα φωτοβολταϊκών όπου πιθανή βλάβη ή απρόσμενη διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος παρουσιαστεί. Στην περίπτωση αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων το HZ ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης που τροφοδοτεί η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, επιλέγεται να τροφοδοτεί όλο το φορτίο (μικρή εγκατάσταση) ή να τροφοδοτεί ζωτικά φορτία όπως ψυγείο κλπ (μεγάλη εγκατάσταση).



Σχήμα 4.4.1: Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος μεγάλης ισχύος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : Αντιστροφείας και σύστημα ιχνηλάτησης όταν πρόκειται για διασυνδεδεμένο σύστημα παραγωγής.

5.1 Αντιστροφείας – DC to AC Inverter

Ο αντιστροφείας είναι μια συσκευή που μετατρέπει την συνεχή τάση (DC) του φωτοβολταϊκού συστήματος σε εναλλασσόμενη τάση (AC). Έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε από τη μπαταρία του φωτοβολταϊκού συστήματος όλες τις οικιακές συσκευές που απαιτούν 230 Volt. Ο inverter 230V συνδέεται με ένα διπλό καλώδιο (θετικό – αρνητικό) πάνω στους πόλους της μπαταρίας. Έχει συνήθως μια ή δύο υποδοχές σαν τις πρίζες που έχουμε στους τοίχους του σπιτιού μας, πάνω στις οποίες συνδέουμε τις συσκευές που απαιτούν 230V, απ' ευθείας ή χρησιμοποιώντας πολύμπριζο ή και μπαλαντέζα.

Δεν έχει σημασία πόσες συσκευές θα συνδέσουμε ταυτόχρονα, αρκεί η ισχύς όλων των συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα να μην ξεπερνά την επιτρεπόμενη ισχύ του inverter – μετατροπέα τάσης. Έτσι, αν έχουμε έναν inverter 200W, μπορούμε να τροφοδοτήσουμε ταυτόχρονα συσκευές οι οποίες συνολικά παρουσιάζουν ισχύ 200W.

Ένας μετατροπέας καλής ποιότητας θα απενεργοποιηθεί αν από λάθος συνδέσουμε μια συσκευή με παραπάνω ισχύ από αυτή που μπορεί να αντέξει, προστατεύοντας έτσι τις ηλεκτρικές συσκευές μας. Το ίδιο θα κάνει ένας inverter καλής ποιότητας αν διαπιστώσει ότι κοντεύει να αδειάσει η μπαταρία.

Υπάρχουν inverter από 50W έως 10.000W. Συνήθως χρησιμοποιούμε inverter από 150W έως 1.200W ανάλογα βέβαια και με τις ανάγκες μας. Ένα μικρό φωτοβολταϊκό σύστημα back-up για τις περιπτώσεις διακοπής ρεύματος μπορεί να εξυπηρετείται από έναν inverter 300W, αλλά ένα μεγάλο φωτοβολταϊκό σύστημα που καλύπτει όλες τις καθημερινές ανάγκες για ένα ολόκληρο σπίτι θα θέλει inverter μέχρι και πάνω από 4.000W.

5.1.1 Inverter με τροποποιημένο και με καθαρό ημίτονο

Οι inverter διακρίνονται σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine-wave) και σε inverter καθαρού ημίτονου (pure / true sine-wave).

Ένας μετατροπέας με τροποποιημένο ημίτονο, είναι φθηνότερος από έναν με καθαρό ημίτονο και είναι κατάλληλος για τις περισσότερες συσκευές. Καταναλώνει όμως έως και 20% περισσότερη ενέργεια από τη μπαταρία σε σχέση με έναν μετατροπέα καθαρού ημίτονου. Επίσης, σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα μέτριας ποιότητας θα ακούγεται ένα ελαφρύ βουητό. Από την άλλη μεριά, το μοναδικό μειονέκτημα που έχουν οι inverter καθαρού ημίτονου είναι η τιμή τους, αφού είναι τρεις έως τέσσερις φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο με

τροποποιημένο ημίτονο. Αν έχουμε ευαίσθητες ηλεκτρονικές συσκευές, καλό είναι να χρησιμοποιούμε για αυτές inverter με καθαρό ημίτονο.

Οι συσκευές που λειτουργούν με μοτέρ (π.χ. ψυγείο) απαιτούν στιγμιαία κατά την εκκίνηση τους πολλαπλάσια ισχύ (π.χ. πενταπλάσια ή και παραπάνω) από αυτή της κανονικής τους λειτουργίας. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να γνωρίζουμε κατά την επιλογή του μετατροπέα, ώστε να επιλέξουμε έναν με μεγαλύτερη ισχύ από τη συνολική ισχύ των συσκευών που θα λειτουργούν ταυτόχρονα.

5.2 Σύστημα ιχνηλάτησης – tracker και βάσεις στήριξης

Το σύστημα ιχνηλάτησης που θα χρησιμοποιηθεί είναι το μοντέλο **ATLAS T150** το οποίο είναι πλήρους παρακολούθησης της θέσης του ηλίου, δηλαδή παρουσιάζει διαξονική κίνηση. Κατασκευαστικά προσφέρει 160 m^2 ωφέλιμης επιφάνειας φωτοβολταϊκών στοιχείων. Στο σύστημα ιχνηλάτησης είναι ήδη εγκατεστημένες οι βάσεις στήριξης των πλαισίων οι οποίες είναι κατασκευασμένες από χάλυβα γαλβανισμένο σε θερμότητα. Πιο κάτω φαίνονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος ιχνηλάτησης:



Σχήμα 5.2.1 :Πίσω όψη του συστήματος ιχνηλάτησης και οι κινήσεις που εκτελεί.

Τύπος	Πλήρους παρακολούθησης της θέσης του ηλίου με κίνηση σε δύο άξονες
Ωφέλιμη επιφάνεια φωτοβολταϊκών στοιχείων	Έως 160 m ² ανάλογα με τα προς τοποθέτηση φωτοβολταϊκά πλαίσια
Διαστάσεις επιφάνειας	Πλάτος 15 m x Μήκος 10 m.
Ισχύς φωτοβολταϊκών στοιχείων	Έως 21.5KWp με στοιχεία συμβατικής τεχνολογίας
Περιστροφή	-130°~130° Η κίνησης εκτελείται με υδραυλικό κύλινδρο και υδραυλική αρπαγή. Δυνατότητα ολίσθησης σε περίπτωση υπερφόρτωσης Ενσωματωμένη failsave λειτουργία σε περίπτωση διακοπής ρεύματος
Ανύψωση	0° ~ 58°. Κίνηση με υδραυλικό κύλινδρο .
Τροφοδοσία	400V 3Φ
Κατασκευή σκελετού	Χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ.
Βάρος μεταλλικού μέρους	4500 kg
Στήριξη με αντίβαρο	Αντίβαρο 12,5 m ³ .Πλάτος 5m .Μήκος 5m Ύψος 0,5m
Σύστημα ασφαλείας	Αυτόματη οριζόντιωση σε περίπτωση ανέμου πάνω από 70km/hour. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, ανεξάρτητο υδραυλικό κύκλωμα ασφαλείας οδηγεί αυτόματα στην οριζόντια θέση .
Αντικεραυνική προστασία	Συλλεκτήριο σύστημα με τέσσερα αλεξικέραυνα ανά μονάδα. Προστασία των ηλεκτρονικών συστημάτων μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων τοποθετημένων σε όλα τα σημεία εισόδου εξόδου.
Έλεγχος	Ανεξάρτητος ελεγκτής ανά μονάδα. Ο υπολογισμός της επιθυμητής θέσης γίνεται με επίλυση του αστρονομικού αλγόριθμου. Η μέτρηση θέσης γίνεται μέσω ψηφιακών κωδικοποιητών.
Αντοχή	Πληροί τις προδιαγραφές που ορίζονται από τους ευρωκώδικες 1 & 3 για πλαίσιο 160τ.μ στη θέση μέγιστης ανύψωσης (κάθετη), η οποία αποτελεί και την πιο δυσμενή θέση ως προς την έκθεση στον άνεμο.

Πίνακας 5.2.1 : Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος ιχνηλάτησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ο οικισμός προς διασυνδεδεμένη τροφοδότηση και το φορτίο

6.1 Τοποθεσία οικισμού

Ο προς μελέτη οικισμός βρίσκεται στο χωριό Νήσου στην επαρχία Λευκωσίας στη Κύπρο. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους γίνεται η μελέτη αυτή είναι η αύξηση του κόστους στο ηλεκτρικό ρεύμα, η ευαισθητοποίηση προς το περιβάλλον και επιπλέον το γεγονός ότι κοντά στον οικισμό υπάρχει ανεκμετάλλευτη μεγάλη έκταση γης η οποία ανήκει στους ιδιοκτήτες του προς μελέτη οικισμού. Πιο κάτω είναι μια φωτογραφία του οικισμού η οποία έχει παρθεί από το Google earth στην οποία φαίνονται οι κατοικίες και η διαθέσιμη γη στην οποία θα εγκατασταθούν οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες.



Σχήμα 6.1.1: Ο οικισμός

6.2 Ηλεκτρικό φορτίο χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου.

Στον οικισμό είναι κτισμένες έξι κατοικίες και μια μικρή βιοτεχνία κατασκευής επίπλων το φορτίο των οποίων φαίνεται στους πίνακες πιο κάτω ξεχωριστά για τη χειμερινή και την καλοκαιρινή περίοδο.

1 ^η Οικία				2 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 32''	150	4	600	Τηλεόραση 32''	145	4	580
Τηλεόραση 14''	40	1	40	Τηλεόραση 20''	90	1	90
Ψυγείο/ψύκτης	60	24	1440	Ψυγείο/ψύκτης	79	24	1896
Καταψύκτης	118	24	2832	Ραδιόφωνο	15	1	15
Καυστήρας θέρμανσης	145	5	725	Καυστήρας θέρμανσης	130	5	650
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	960	3Lx60wx 5h	900	Θερμοσίφωνο	3000	1	3000
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	360	1Lx60wx 2h	120	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	840	3Lx60wx 5h	900
Φούρνος μικροκυμάτων	1200	0.3	360	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	240	1Lx60wx 2h	120
Ραδιόφωνο	13	3	39	Φούρνος μικροκυμάτων	1250	0.3	375
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	240	1	240	Πλυντήριο πιάτων	1094	0.45	492.3
Πλυντήριο ρούχων	2100	1.5	3150	Πλυντήριο ρούχων	1950	1.2	2340
Ηλεκτρικός φούρνος	2700	2	5400	Ηλεκτρικός φούρνος	2500	1	2500
Laptop 1	120	3	360	Laptop	60	4	240
Laptop 2	75	3	225	Σόμπα αλογόνου	1200	3.5	4200
Πολυμηχάνημα	20	0.10	2	Σύνολο	12.59 KW	17.40 KWh	
Ηλεκτρικό σίδερο	2300	2.5	5750				
Ψυγείο παροχής ζεστού νερού	48	1	48				
Σύνολο	10.65 KW	22.23 KWh					

3 ^η Οικία				4 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σια κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σια κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 32"	104	3	312	Τηλεόραση 42"	295	3.5	1032.5
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	1260	6Lx60wx5h	1800	Ψυγείο/ψύκτης	175	24	4200
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	240	1Lx60wx2h	120	Καυστήρας θέρμανσης	140	5	700
2σόμπες αλογόνου	2400	3.5	8400	Θερμοσίφωνο	3000	1	3000
Ψυγείο/ψύκτης	150	24	3600	Ψυγείο παροχής ζεστού νερού	77	1	77
Θερμοσίφωνο	3000	1	3000	Βιομηχανική ραπτομηχανή 0.5HP	373	0.3	111.9
1 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	3	7200	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	780	5Lx60wx5h	1500
2 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	2	4800	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	300	1Lx60wx2h	120
3 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	1	2400	Φούρνος μικροκυμάτων	850	0.3	255
Ηλεκτρική κουζίνα	7900	1.5	11850	Ραδιόφωνο	15	4	60
Στεγνωτήριο ρούχων	2100	0.5	1050	Ηλεκτρικό σίδερο	2200	3	6600
Πλυντήριο ρούχων	2000	1.2	2400	Πλυντήριο ρούχων	2200	1.2	2640
Πλυντήριο πιάτων	1900	1	1900	Σύνολο	10.41KW	20.30KWh	
Ηλεκτρικός φούρνος	3400	0.45	1530				
Φούρνος μικροκυμάτων	1000	0.3	300				
Ραδιόφωνο	15	3	45				
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	1	200				
Laptop	60	2.5	150				
Σύνολο	32.93K W	51.06 KWh					

5 ^η Οικία				6 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 28’’	135	3	405	Τηλεόραση 21’’	70	3	210
Τηλεόραση 14’’	35	1	35	2 Ψυγείο/ψύκτες	160	24	3840
2 Ψυγείο/ψύκτες	600	24	14400	Καταψύκτης	118	24	2832
Σόμπα αλογόνου	900	2	1800	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	600	3Lx60wx5h	900
Τοστιέρα	1600	0.3	480	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	420	1Lx60wx2h	120
Θερμοσίφωνο	3000	1	3000	Φούρνος μικροκυμάτων	800	0.2	160
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	1200	3Lx60wx5h	900	Ραδιόφωνο	23	3	69
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	360	1Lx60wx2h	120	Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	0.5	100
Φούρνος μικροκυμάτων	1100	0.3	330	Πλυντήριο ρούχων	2100	1.2	2520
Ραδιόφωνο	13	2	26	Πλυντήριο πιάτων	1950	1.3	2535
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	0.5	100	Υπολογιστής Desktop	120	2.5	300
Πλυντήριο ρούχων	2000	1.2	2400	Ηλεκτρικό σίδερο	1200	3.5	4200
2 Ηλεκτρικοί φούρνοι	4300	1	4300	Τοστιέρα	1600	0.3	480
Laptop 1	90	2.5	225	Θερμοσίφωνο	3000	1	3000
Laptop 2	70	2.5	175	Στεγνωτήριο ρούχων	1800	0.4	720
Ηλεκτρικό σίδερο	700	3	2100	Σόμπα αλογόνου	1200	3	3600
Ψυγείο παροχής ζεστού νερού	42	1	42	Σύνολο	15.36KW	25.59 KWh	
Σύνολο	16.35 KW	30.84 KWh					

Μικρή βιοτεχνία κατασκευής επίπλων			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σια κατ/ση (Wh)
Κορδέλλα	3000	1.5	4500
Φρέζα	2200	3	6600
Τεμαχιστική	3000	2.5	7500
Ακονιστική	70	0.30	21
Σοκοροκόφτης 3.5Hp	2611	0.40	1044.4
Σμίλα ¾ Hp	560	1	560
Φωτισμός 60W/φωτιστικό	300	3hx4Lx60w	720
Σύνολο	11.7KW		21 KWh

Πίνακας 6.2.1:Χειμερινό φορτίο οικισμού

1 ^η Οικία				2 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 32''	150	4	600	Τηλεόραση 32''	145	4	580
Τηλεόραση 14''	40	2	80	Τηλεόραση 20''	90	2	180
Ψυγείο/ψύκτης	60	24	1440	Ψυγείο/ψύκτης	79	24	1896
Καταψύκτης	118	24	2832	Ραδιόφωνο	15	1	15
1° Air-condition	1950	4	7800	1° Air-condition	1300	4	5200
2° Air-condition	1950	2	3900	2° Air-condition	1300	2	2600
3° Air-condition	1340	2	2680	3° Air-condition	1300	0	0
4° Air-condition	1000	2	2000	4° Air-condition	1300	0	0
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	1300	3hx5Lx60 w	900	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	840	5hx3Lx60 w	900
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	960	1hx2Lx60 w	120	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	240	5hx1Lx60 w	300
Φούρνος μικροκυμάτων	1200	0.15	180	Φούρνος μικροκυμάτων	1250	0.20	250
Ραδιόφωνο	13	6	78	Πλυντήριο πιάτων	1094	1.5	1641
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	240	2	480	Πλυντήριο ρούχων	1950	2	3900
Πλυντήριο ρούχων	2100	2.5	5250	Ηλεκτρικός φούρνος	2500	1	2500
Ηλεκτρικός φούρνος	2700	1	2700	Laptop	60	3.5	210
Laptop 1	120	1.5	180	Σύνολο	16KW	28.8KWh	
Laptop 2	75	4.5	337.5				
Πολυμηχάνημα	20	0.25	5				
Ηλεκτρικό σίδερο	2300	3	6900				
Ψυγείο παροχής νερού	48	24	1152				
Σύνολο	17.7KW	39.7KWh					

3 ^η Οικία				4 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 32’’	104	5	520	Τηλεόραση 42’’	295	3	885
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	1260	4hx3Lx60w	720	Ψυγείο/ψύκτης	175	24	4200
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	240	6hx1Lx60w	360	1 ^ο Air-condition	1069	1	1069
Ψυγείο/ψύκτης	150	24	3600	2 ^ο Air-condition	1069	3	3207
1 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	4	9600	Ψυγείο παροχής νερού	77	24	1848
2 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	2.5	6000	Βιομηχανική ραπτομηχανή 0.5HP	373	1.5	559.5
3 ^ο Air-condition Mitsubishi inverter	2400	0	0	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	780	4hx3Lx60w	720
Ηλεκτρική κουζίνα	7900	1.5	11850	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	300	4hx2Lx60w	480
Στεγνωτήριο ρούχων	2100	1	2100	Φούρνος μικροκυμάτων	850	0.10	85
Πλυντήριο ρούχων	2000	2.5	5000	Ραδιόφωνο	15	6	90
Πλυντήριο πιάτων	1900	0.45	855	Ηλεκτρικό σίδερο	2200	3	6600
Ηλεκτρικός φούρνος	3400	0.35	1190	Πλυντήριο ρούχων	2200	1.2	2640
Φούρνος μικροκυμάτων	1000	0.15	150	Σύνολο	8.4KW	22.4KWh	
Ραδιόφωνο	15	1.5	22.5				
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	1.5	300				
Laptop	60	6	360				
Σύνολο	27.6KW	42.7KWh					

5 ^η Οικία				6 ^η Οικία			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)	Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σις κατ/ση (Wh)
Τηλεόραση 28’’	135	3	405	Τηλεόραση 21’’	70	4	280
Τηλεόραση 14’’	35	2.5	87.5	2 Ψυγείο/ψύκτες	542	24	13008
				Ηλ.Φούρνοι	4300	1.5	6450
2 Ψυγείο/ψύκτες	600	24	14400	Καταψύκτης	100	24	2400
Τοστιέρα	1600	0.40	640	Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	600	4hx4Lx60w	960
1 ^ο Air-condition	1050	3	3150	Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	420	3hx2Lx60w	360
2 ^ο Air-condition	1050	3	3150	Φούρνος μικροκυμάτων	1100	0.3	330
3 ^ο Air-condition	1050	3	3150	Ραδιόφωνο	13	3	39
Φωτισμός εσωτερικός 60W/φωτιστικό	1200	4hx4Lx60w	960	Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	1	200
Φωτισμός εξωτερικός 60W/φωτιστικό	360	3hx2Lx60w	360	Πλυντήριο ρούχων	1950	1.5	2925
Φούρνος μικροκυμάτων	1100	0.15	165	1 ^ο Air-condition	3500	2.5	8750
Ραδιόφωνο	13	1.5	19.5	2 ^ο Air-condition	2300	2	4600
Ηλεκτρικός αποσμητήρας	200	0.40	80	Υπολογιστής Desktop	60	2.5	150
Πλυντήριο ρούχων	2000	1.5	3000	Ηλεκτρικό σίδερο	700	3.5	2450
2 Ηλεκτρικοί φούρνοι	4300	1.5	6450	Τοστιέρα	1600	0.4	640
Laptop 1	90	1	90	Ψυγείο παροχής νερού	40	24	960
Laptop 2	70	1.5	105	Σύνολο	17.5KW	44.50KWh	
Ηλεκτρικό σίδερο	700	3.5	2450				
Ψυγείο παροχής νερού	42	24	1008				
Σύνολο	15.6KW	39.7KWh					

Μικρή βιοτεχνία κατασκευής επίπλων			
Ηλ.συσκευή	Ισχύς (W)	Ώρες λειτ/γίας (h)	Ημερ/σια κατ/ση (Wh)
Κορδέλλα	3000	1.5	4500
Φρέζα	2200	3	6600
Τεμαχιστική	3000	2.5	7500
Ακονιστική	70	0.30	21
Σοκοροκόφτης 3.5Hp	2611	0.40	1044.4
Σμίλα ¾ Hp	560	1	560
Φωτισμός 60W/φωτιστικό	300	1.5hx3Lx60w	270
Σύνολο	11.7KW		20.5KWh

Πίνακας 6.2.2: Καλοκαιρινό φορτίο οικισμού

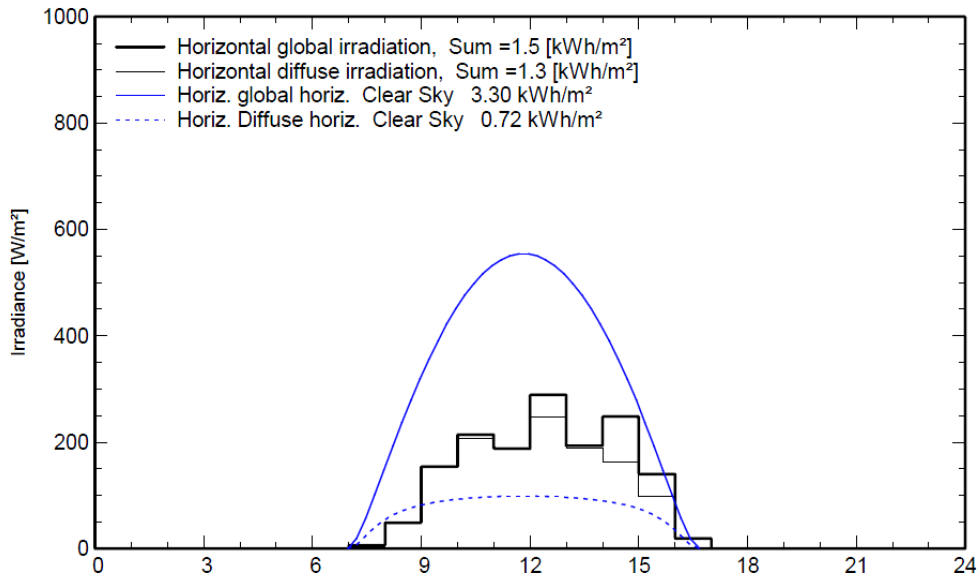
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:Τεχνική μελέτη για τη κατασκευή του φωτοβολταϊκού πάρκου

7.1 Γενικά

Η μελέτη αυτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται υπολογισμοί για την κλίση των φωτοβολταϊκών πάνελ αφού θα εγκατασταθούν trackers δηλαδή φωτοβολταϊκά πάνελ, των οποίων οι βάσεις στήριξης κινούνται με σκοπό να ακολουθούν την πορεία του ήλιου ώστε να έχουμε μέγιστη παραγόμενη ισχύ.Οι υπολογισμοί που ακολουθούν έχουν γίνει με τη χρήση της εφαρμογής **PVSYST V5.59**.Η εφαρμογή δέχεται ως είσοδο τα δεδομένα-χαρακτηριστικά της περιοχής όπου θα εγκατασταθεί ο φωτοβολταϊκός σταθμός και επιλέγοντας τον κατάλληλο εξοπλισμό που θα συγκροτεί το σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτουν ο αριθμός των απαιτούμενων πλαισίων καθώς και ο τρόπος συνδεσμολογίας τους , καθώς και ο απαιτούμενος αριθμός των inverters για την μετατροπή από dc σε ac ηλεκτρικό ρεύμα .Επιπλέον από την ιστοσελίδα <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php> έχει υπολογιστεί η μέση μηνιαία ένταση της ακτινοβολίας στην περιοχή της Νήσου που μελετώ για την κατασκευή του μικρού φωτοβολταϊκού πάρκου.Τα δεδομένα αυτά τα εισήγαγα στην εφαρμογή που ανάφερα πιο πάνω για να γίνουν οι υπολογισμοί με τη μέγιστη ακρίβεια.

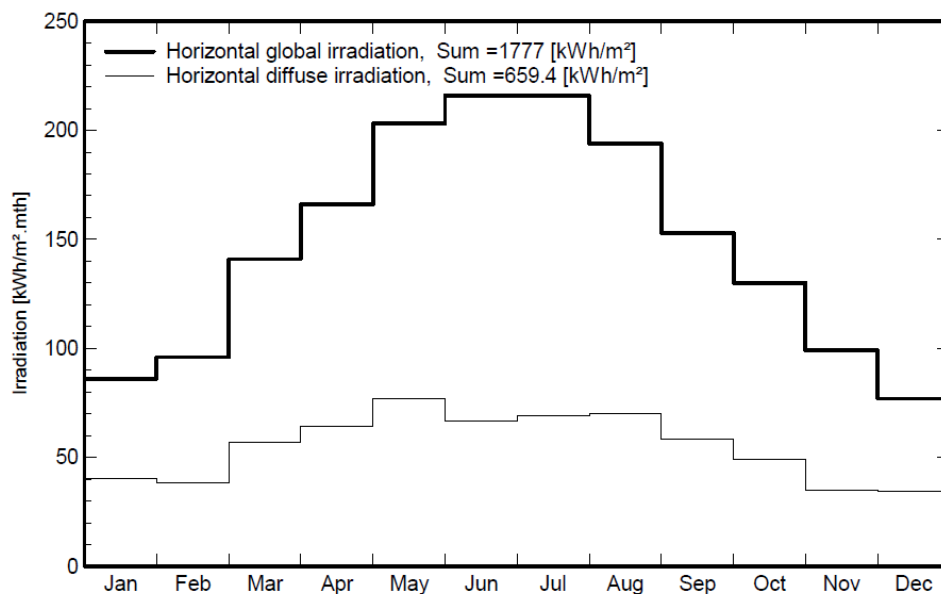
Μετεωρολογικά δεδομένα					
Γεωγραφικό πλάτος 35.0°N		Γεωγραφικό μήκος 33.4°E		Υψόμετρο 235m	
	Συνολική ακτινοβολία kWh/m ²	Οριζόντια διάχυση kWh/m ²	Καθαρός δείκτης	Ατμοσφαιρική θερμοκρασία C°	Ταχύτητα ανέμου m/s
Ιανουάριος	86	40.2	0.544	11.9	3.6
Φεβρουάριος	96	38.2	0.523	12.3	3.6
Μάρτιος	141	57.1	0.551	13.5	3.7
Απρίλιος	166	64.2	0.554	16.8	3.8
Μάιος	203	77.1	0.590	20.2	3.7
Ιούνιος	216	66.6	0.624	23.8	3.8
Ιούλιος	216	69.1	0.614	26.4	4.0
Αύγουστος	194	70	0.599	26.4	3.7
Σεπτέμβριος	153	58.2	0.570	24.4	3.4
Οκτώβριος	130	49.2	0.586	21.2	3.1
Νοέμβριος	99	34.9	0.600	16.9	3.5
Δεκέμβριος	77	34.5	0.531	13.5	3.5
Ετήσια	1777	659.4	0.580	18.9	3.6

Πίνακας 7.1.1: Μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής Νήσου



Σχήμα 7.1.1: Γραφική παράσταση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια μίας μέρας στη Νήσου.

- Όπου: **Horizontal global irradiation:** συνολική οριζόντια ακτινοβολία
Horizontal diffuse irradiation: οριζόντια διάχυτη ακτινοβολία
Horizontal global in Clear Sky: συνολική οριζόντια ακτινοβολία με καθαρό ουρανό
Horizontal Diffuse in Clear Sky: οριζόντια διάχυτη ακτινοβολία με καθαρό ουρανό



Σχήμα 7.1.2: Γραφική παράσταση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χρόνου στη Νήσου.

Όπου: **Horizontal global irradiation:** συνολική οριζόντια ακτινοβολία
Horizontal diffuse irradiation: οριζόντια διάχυτη ακτινοβολία

7.2 Συνολικές ηλεκτρικές καταναλώσεις οικισμού

Οικίες	Ισχύς (W)	Ημερ/σια κατ/ση (Wh)	Ετήσια ισχύς	Ετήσια ενέργεια
1 ^η	10.65	22.23	40146.35KW	68773.3KWh
2 ^η	12.59	17.40		
3 ^η	32.93	51.06		
4 ^η	10.41	20.30		
5 ^η	16.35	30.84		
6 ^η	15.36	25.59		
Βιοτεχνία	11.7	21		
Σύνολο	109.99KW	188.42KWh		

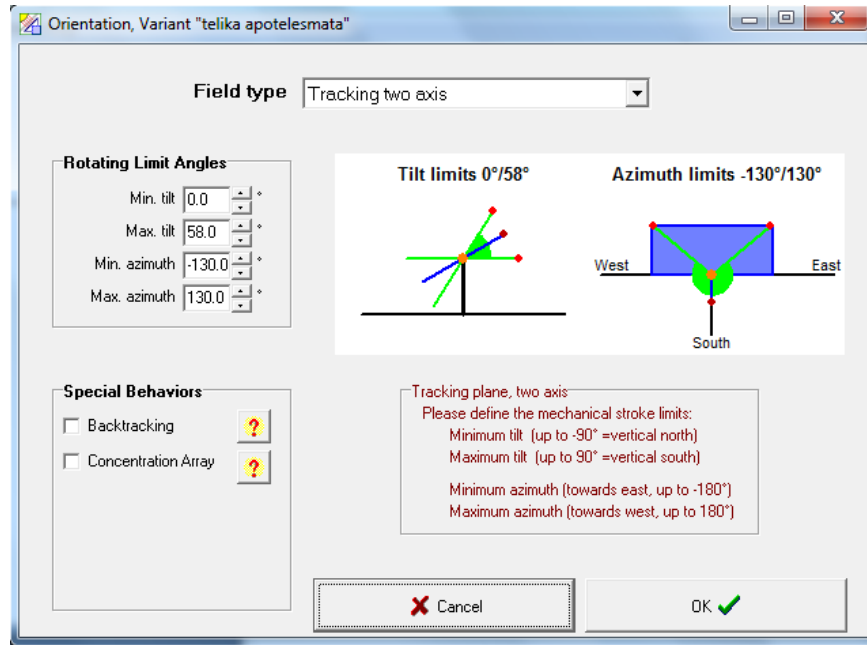
Πίνακας 7.2.1: Συνολικό χειμερινό φορτίο οικισμού

Οικίες	Ισχύς (KW)	Ημερ/σια κατ/ση (KWh)	Ετήσια ισχύς	Ετήσια ενέργεια
1 ^η	17.7	39.7	41792.5KW	86979.5KWh
2 ^η	16	28.8		
3 ^η	27.6	42.7		
4 ^η	8.4	22.4		
5 ^η	15.6	39.7		
6 ^η	17.5	44.50		
Βιοτεχνία	11.7	20.5		
Σύνολο	114.5KW	238.3KWh		

Πίνακας 7.2.2: Συνολικό καλοκαιρινό φορτίο οικισμού

7.3 Υπολογισμός των Απαιτούμενων Φωτοβολταϊκών Πάνελ και Αντιστροφών

Αρχικά εισάγω τα χαρακτηριστικά των κινούμενων βάσεων στήριξης trackers που στην πραγματικότητα αναφέρονται στις κινήσεις που θα εκτελούν τα φωτοβολταϊκά αφού θα ακολουθούν την πορεία του ήλιου.



Σχήμα 7.3.1: Χαρακτηριστικά των pv tracker

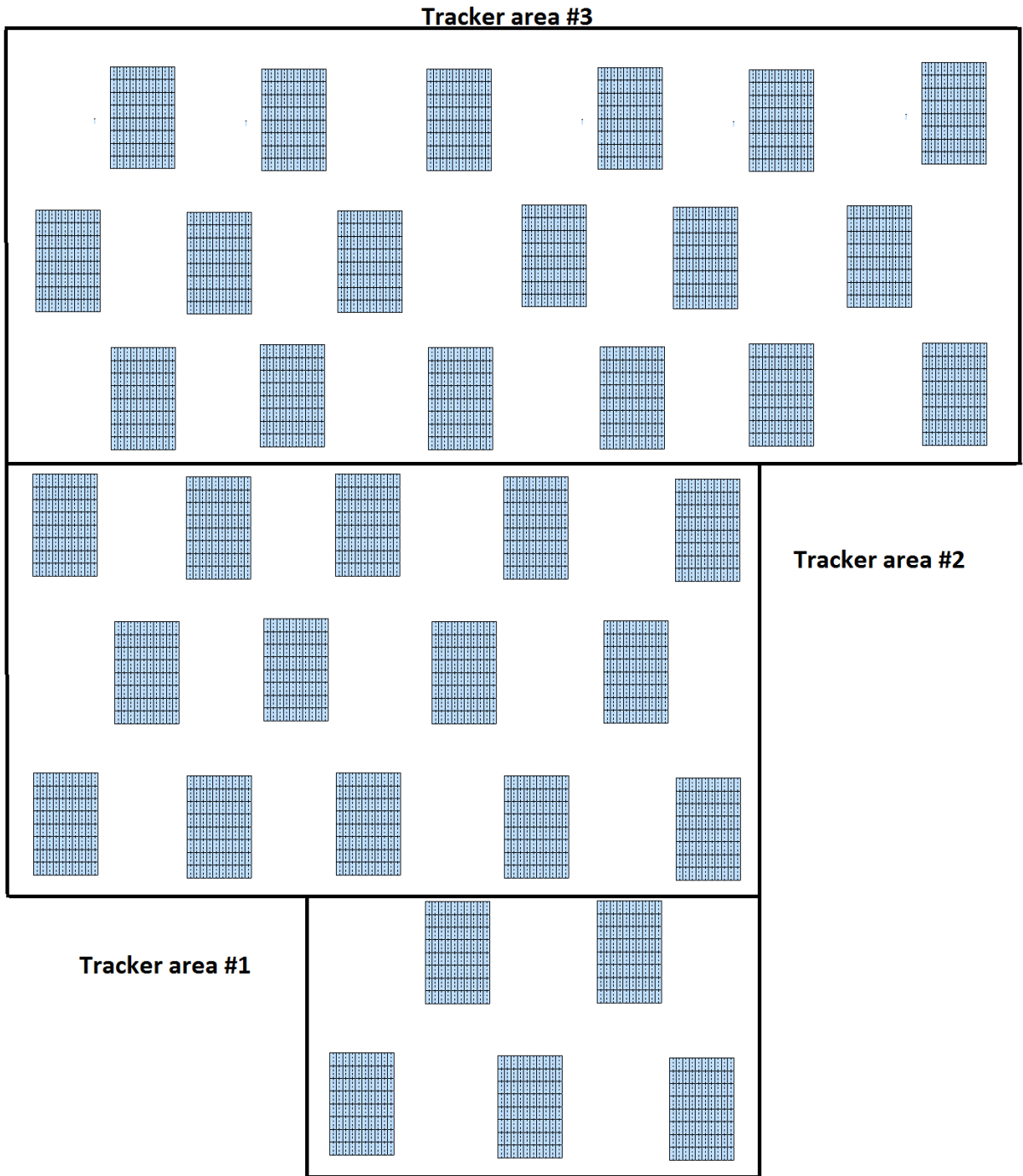
Ακολουθώς ,όπως φαίνεται και από τη φωτογραφία που παρουσιάζεται ο οικισμός, υπάρχουν τρία ξεχωριστά τμήματα ανεκμετάλλευτης γης των οποίων το εμβαδόν έχω καταμετρήσει επιτόπου.



Σχήμα 7.3.2: Τα τρία διαθέσιμα τμήματα γης

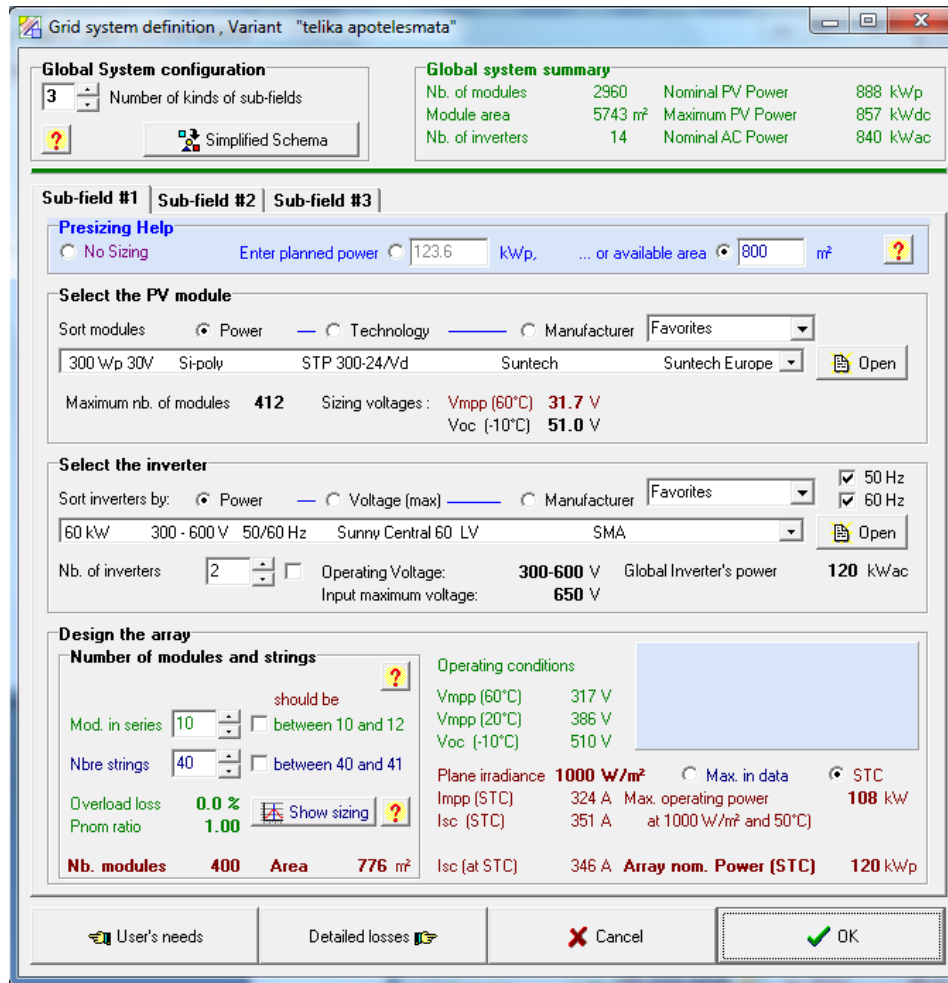
Ο υπολογισμός του αριθμού των πλαισίων που θα εγκατασταθούν καθώς και ο τρόπος σύνδεσης τους γίνεται ξεχωριστά για κάθε τμήμα γης. Σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά εισάγω το εκμεταλλεύσιμο εμβαδόν γης ,το επιθυμητό είδος φωτοβολταϊκού πλαισίου και τον ανάλογο επιθυμητό αντιστροφέα. Η εφαρμογή θα δώσει ως αποτέλεσμα τον αριθμό των απαιτούμενων πλαισίων καθώς και τον τρόπο σύνδεσης τους ώστε η διαθέσιμη γη να είναι στο μέγιστο εκμεταλλεύσιμη.

Στο σημείο αυτό δείχνω τους υπολογισμούς ξεχωριστά για κάθε τμήμα γης το οποίο είναι διαθέσιμο. Με βάσει τις προδιαγραφές των βάσεων στήριξης tracker **ATLAS T150** δηλαδή το τρόπο εγκατάστασης τους στη διαθέσιμη γη έτσι ώστε να μην σκιάζονται μεταξύ τους τα φωτοβολταϊκά και να έχω απώλεια στην παραγόμενη ισχύ, υπολογίζω το αριθμό των tracker που χωράνε και με βάσει την ικανότητα τους δηλαδή των αριθμό των πλαισίων που μπορούν να δεχτούν, βρίσκω το εμβαδόν της εκμεταλλεύσιμης γης και την αντικαθιστώ στην εφαρμογή . Όπως είπαμε πιο πάνω η εφαρμογή θα δώσει τον αριθμό των πλαισίων καθώς και τον τρόπο σύνδεσης τους όπως επίσης και τον αριθμό των αντιστροφέων.



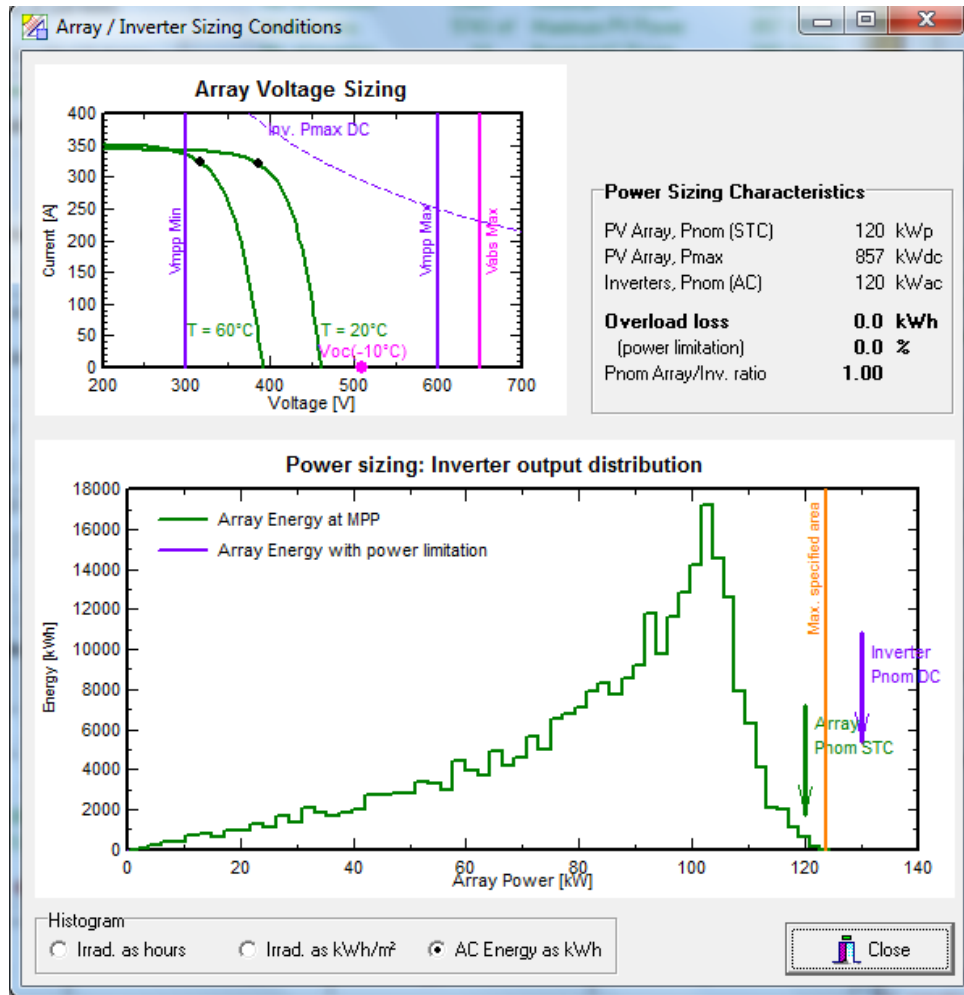
Σχήμα 7.3.3: Αριθμός και τρόπος εγκατάστασης των tracker στη διαθέσιμη γη

Διαθέσιμο τμήμα γης εμβαδού $1980m^2$, το οποίο χωράει πέντε συστήματα tracker συνολικού εμβαδού $800m^2$



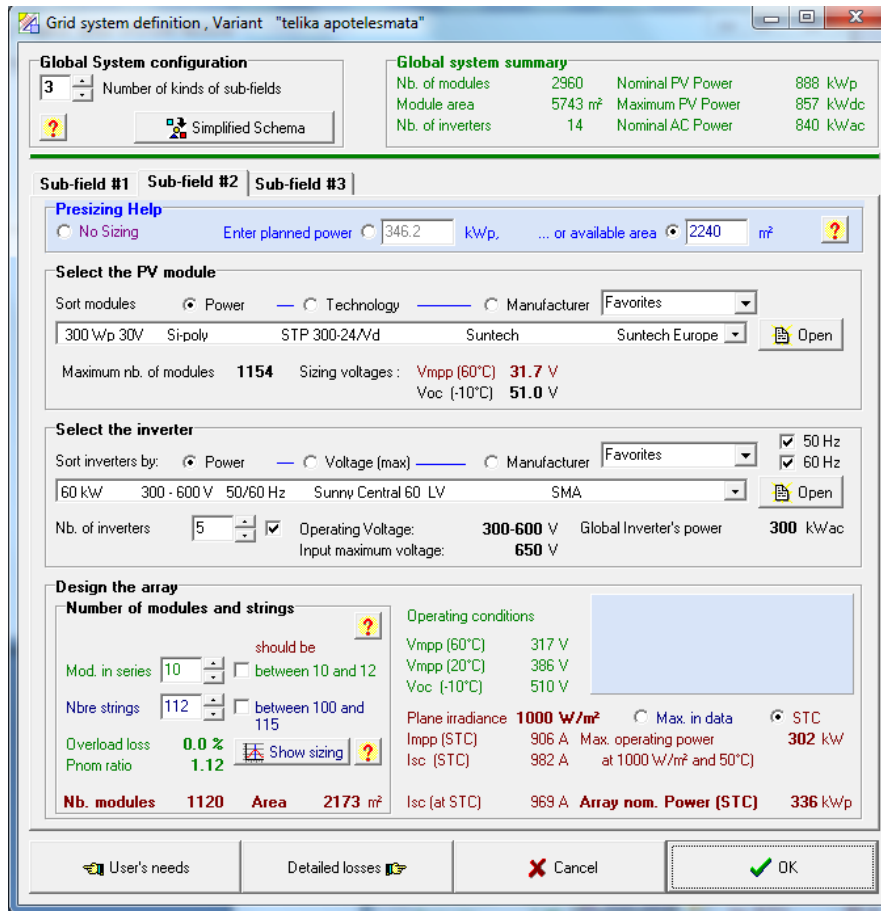
Σχήμα 7.3.4: Αποτελέσματα για το τμήμα γης 1

Όπως φαίνεται πιο πάνω θα εγκατασταθούν **400** πλαίσια η συνδεσμολογία των οποίων θα είναι **40** συστοιχίες παράλληλες των **10** πλαισίων σε σειρά και θα τροφοδοτούνται **2** αντιστροφείς των **60KW**



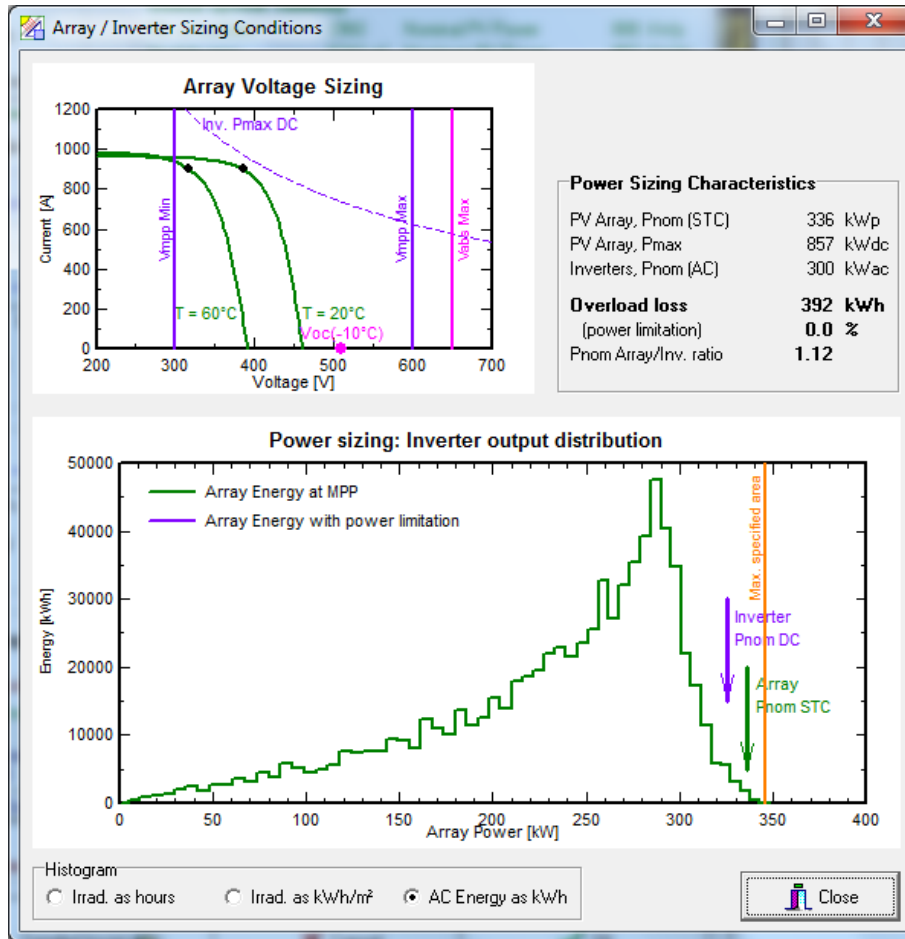
Σχήμα 7.3.5: Χαρακτηριστική I-V φωτοβολταϊκής γεννήτριας και συνεισφορά αντιστροφεία για τμήμα γης 1

Διαθέσιμο τμήμα γης εμβαδού 4704m^2 , το οποίο χωράει πέντε συστήματα tracker συνολικού εμβαδού 2240m^2



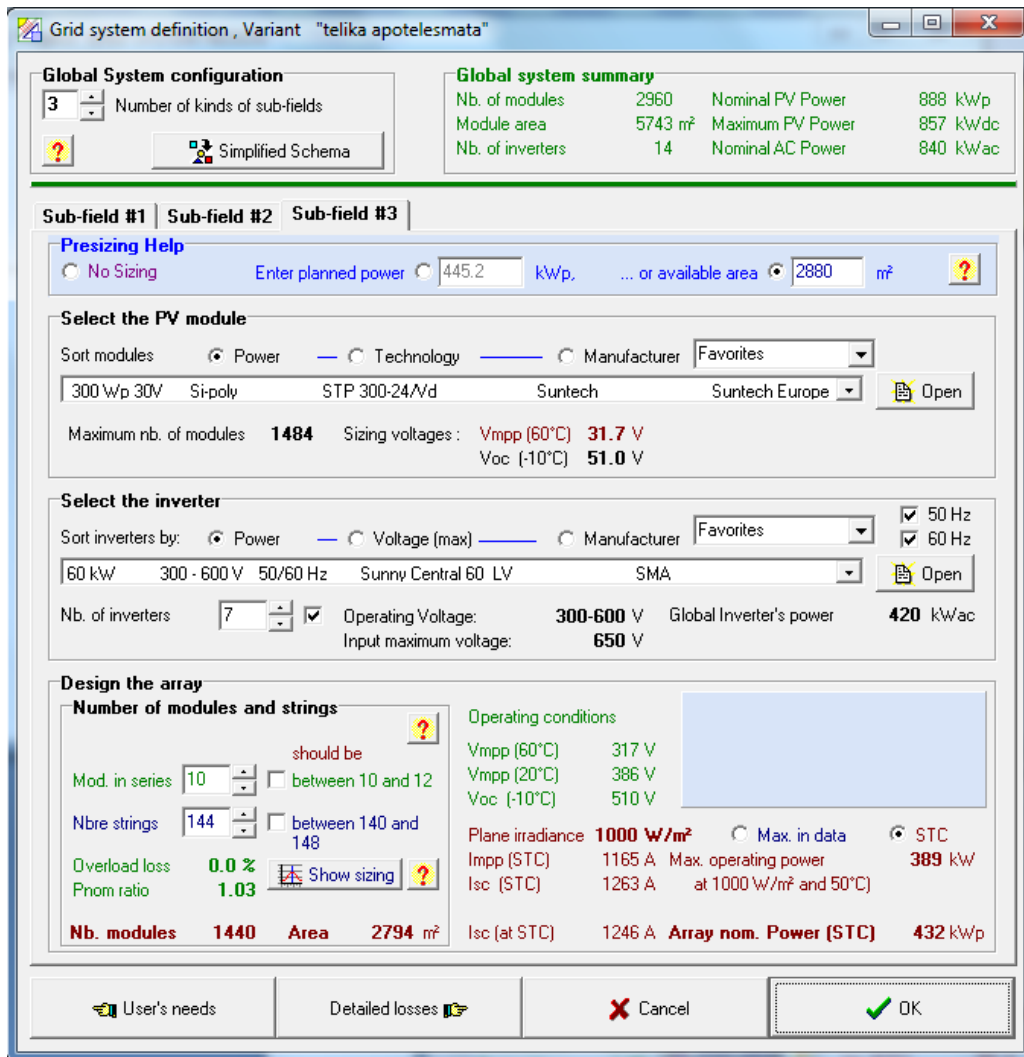
Σχήμα 7.3.6: Αποτελέσματα για το τμήμα γης 2

Όπως φαίνεται πιο πάνω θα εγκατασταθούν **1120** πλαίσια η συνδεσμολογία των οποίων θα είναι **112** συστοιχίες παράλληλες των **10** πλαισίων σε σειρά και θα τροφοδοτούνται **5** αντιστροφείς των **60KW**



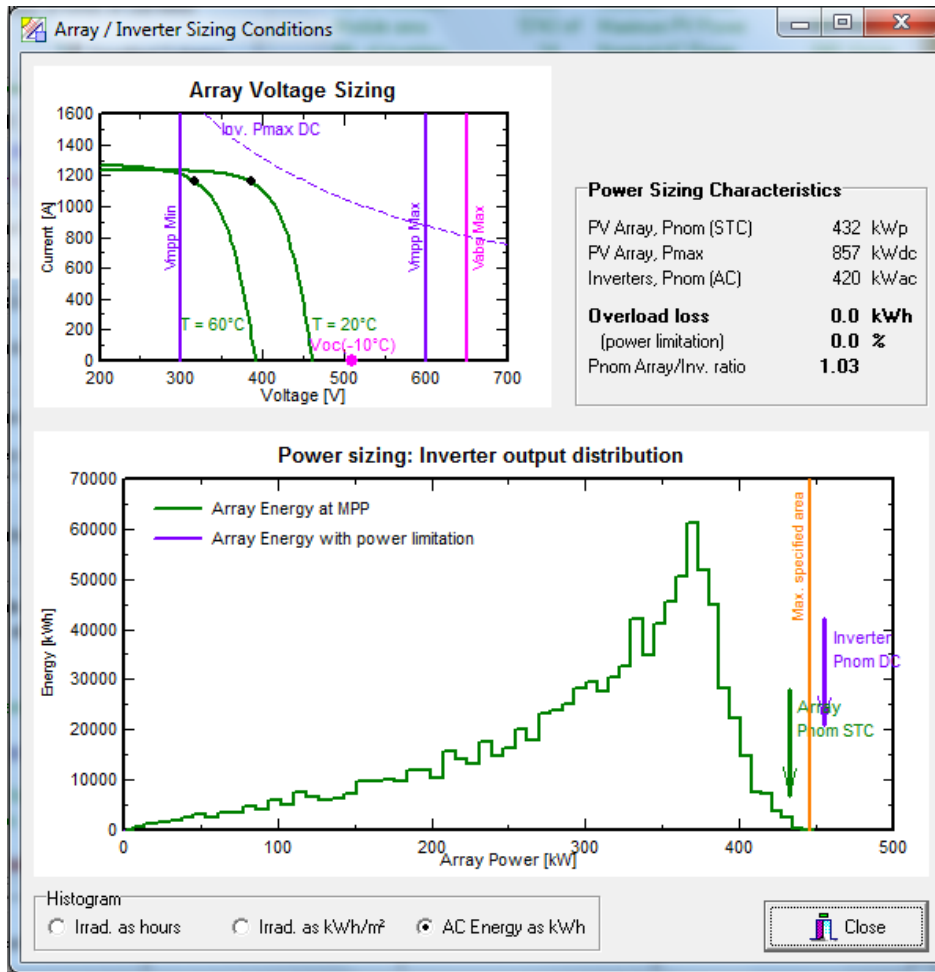
Σχήμα 7.3.7: Χαρακτηριστική I-V φωτοβολταϊκής γεννήτριας και συνεισφορά αντιστροφή για τμήμα γης 2

Διαθέσιμο τμήμα γης εμβαδού 7650m^2 , το οποίο χωράει πέντε συστήματα tracker συνολικού εμβαδού 2880m^2



Σχήμα 7.3.8: Αποτελέσματα για το τμήμα γης 3

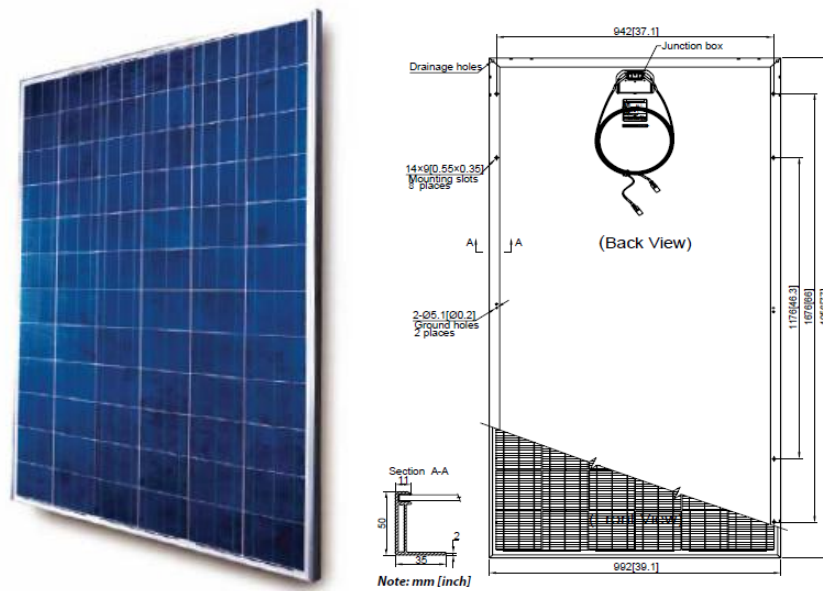
Όπως φαίνεται πιο πάνω θα εγκατασταθούν **1440** πλαίσια η συνδεσμολογία των οποίων θα είναι **144** συστοιχίες παράλληλες των **10** πλαισίων σε σειρά και θα τροφοδοτούνται **7** αντιστροφείς των **60KW**



Σχήμα 7.3.9: Χαρακτηριστική I-V φωτοβολταϊκής γεννήτριας και συνεισφορά αντιστροφέα για τμήμα γης 3

7.4 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ που επιλέχθηκαν

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζω τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ τα οποία επέλεξα για την κατασκευή του φωτοβολταϊκού πάρκου τα οποία φαίνονται στο πίνακα που ακολουθεί. Στην σχήμα που ακολουθεί φαίνεται το φωτοβολταϊκό πάνελ στην τελική του μορφή έτοιμο για χρήση και δίπλα η όψη του με τις διαστάσεις .

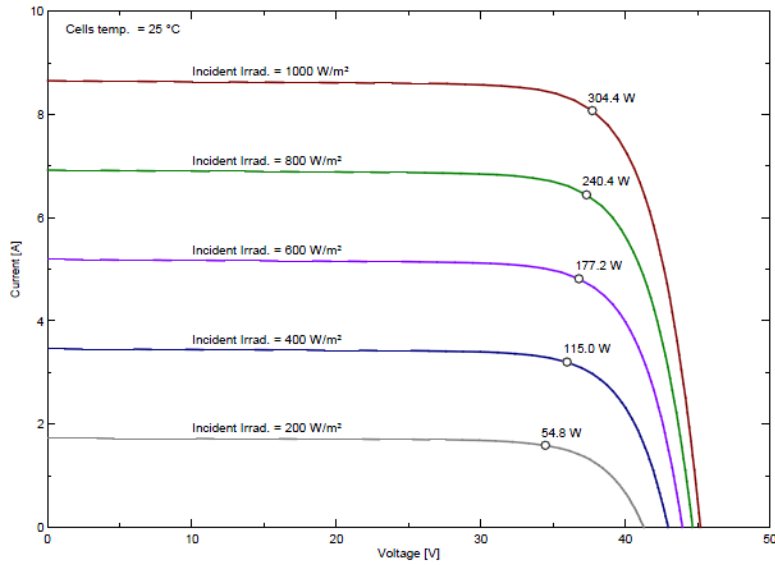


Σχήμα 7.4.1: Το φωτοβολταϊκό πάνελ και η πίσω όψη του με τις διαστάσεις

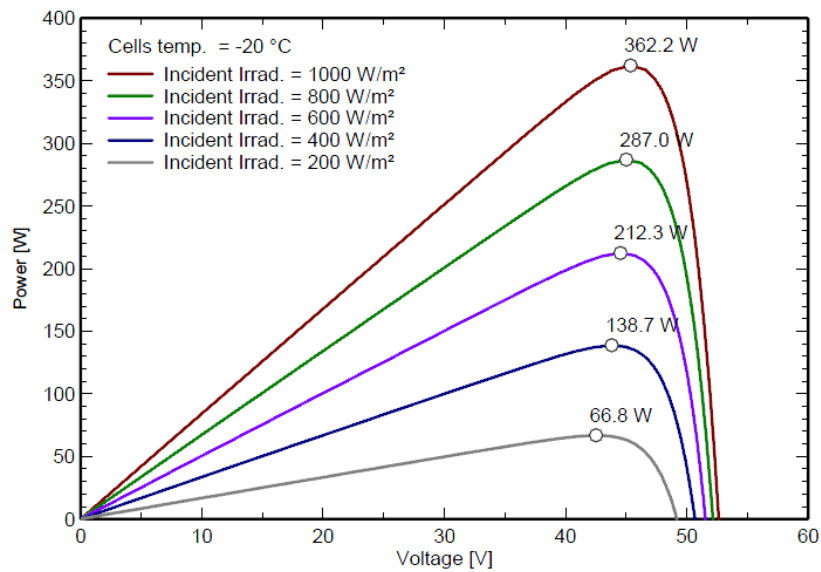
Κατασκευαστής, Μοντέλο:			Suntech, STP 300-24/Vd		
Ισχύς (STC)	Pnom	300Wp	Τεχνολογία	Si-poly	
Διαστάσεις Μονάδας	0.992 x 1.956m ²		Εμβαδό μονάδας	Amodule	1.94m ²
Αριθμός στοιχείων	1 x 72		Ευαίσθητη περιοχή στοιχείων	Acells	N/A m ²
Χαρακτηριστικά μοντέλου (κατασκευαστής/στοιχεία μέτρησης)					
Θερμοκρασία αναφοράς	TRef	25C°	Ακτινοβολία Αναφοράς	GRef	1000W/m ²
Τάση ανοικτού κυκλώματος	Voc	45.2V	Ρεύμα βραχυκύκλωσης	Isc	8.65A
Τάση MPP	Vmpp	36.1V	Ρεύμα MPP	Impp	8.32A
Ισχύς MPP	Pmpp	300.4W	Θερμοκρασιακός συντελεστής ρεύματος βραχυκύκλωσης	mulsc	4.8mA/C°
Παράμετροι					
Παράλληλη αντίσταση	Rshunt	550ohm	Ρεύμα κορεσμού διόδου	IoRef	66nA
Αντίσταση σειράς	Rserie	0.08ohm	Θερμοκρασιακός συντελεστής τάσης ανοικτού κυκλώματος	muVoc	-142mV/C°
Συντελεστής ποιότητας διόδου				Gamma	1.31
Θερμοκρασιακός συντελεστής ισχύος	muPMaxR	-0.04%/C°	Θερμοκρασιακός συντελεστής διόδου	muGamma	-0.001 1/C°
Αντίστροφα χαρακτηριστικά		BRev		3.20 mA/V ²	
Αριθμός διόδων παράκαμψης ανά μονάδα		4	Άμεση τάση διόδου παράκαμψης	-0.7V	
Αποτελέσματα μοντέλου (STC: T=25C°, G=1000W/m², AM=1.5)					
Ισχύς MPP	Vmpp	37.7V	Ρεύμα MPP	Impp	8.07A
Μέγιστη ισχύς	Pmpp	304.4Wc	Θερμοκρασιακός συντελεστής ισχύος	muPmpp	-0.44%/C°
Ικανότητα	Eff_mod	15.7 %			

Πίνακας 7.4.1: Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των πάνελ

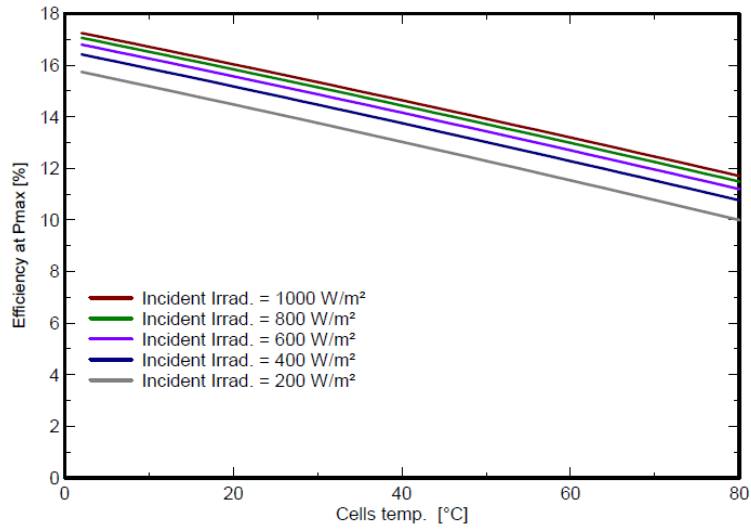
Ακολουθούν γραφικές παραστάσεις που περιγράφουν την συμπεριφορά του φωτοβολταϊκού πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του πάρκου.



Σχήμα 7.4.2: Σημείο μέγιστης παραγωγής για διαφορετικές τιμές ακτινοβολίας_ ακτινοβολίας και για κοινή θερμοκρασία $25C^{\circ}$



Σχήμα 7.4.3: Σημείο μέγιστης παραγωγής για διαφορετικές τιμές ακτινοβολίας και για κοινή θερμοκρασία $-20C^{\circ}$



Σχήμα 7.4.4: Απόδοση πάνελ συναρτήσει της θερμοκρασίας για διάφορες τιμές ακτινοβολίας.

7.5 Χαρακτηριστικά του αντιστροφέα που επιλέχθηκε

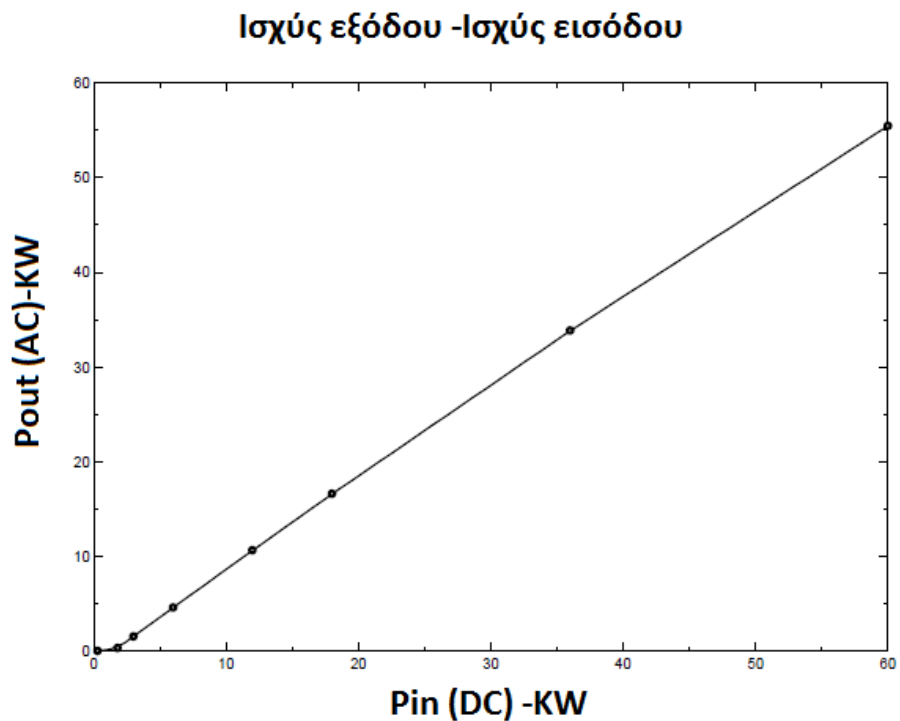
Κατασκευαστής, Μοντέλο:		SMA, Sunny Central 60 LV			
Χαρακτηριστικά εισόδου (έξοδος φωτοβολταϊκών)					
Λειτουργία:	MPP				
Ελάχιστη τάση MPP:	V _{min}	300 V	Ονομαστική ισχύ φωτοβολταϊκών:	P _{nomDC}	65 kW
Μέγιστη τάση MPP:	V _{max}	600 V	Μέγιστη ισχύ Φωτοβολταϊκών:	P _{max DC}	75 kW
Μέγιστη απόλυτη τάση Φωτοβολταϊκών:	V _{max} σειρά	650 V	Μέγιστο ρεύμα Φωτοβολταϊκών:	I _{max DC}	N/A A
Ελάχιστη τάση για ονομαστική ισχύ:	V _{min P_{nom}}	N/A V	Κατώφλι ισχύος:	P _{thresh.}	300 W
Συμπεριφορά ελάχιστης/μέγιστης τάσης:	Περιορισμένη		Συμπεριφορά ονομαστικής ισχύος:	Περιορισμένη	
Χαρακτηριστικά εξόδου (πλευρά δικτύου AC)					
Τάση δικτύου:	U _{nom}	400 W	Ονομαστική AC ισχύς:	P _{nom AC}	60kW _{ac}
Συχνότητα δικτύου:	Freq	50/60 Hz	Μέγιστη AC ισχύς:	P _{max AC}	60kW _{ac}
Τριφασικό			Ονομαστικό AC ρεύμα:	I _{nom AC}	87 A
Μέγιστη ικανότητα:	Max Eff.	94.0%	Μέγιστο AC ρεύμα:	I _{max AC}	96A
Τεχνικά Χαρακτηριστικά:					
Διαστάσεις:		Πλάτος:	1200mm	Βάθος:	800mm
		Ύψος:	2100mm	Βάρος:	1000Kg

Πίνακας 7.5.1: Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά αντιστροφέων



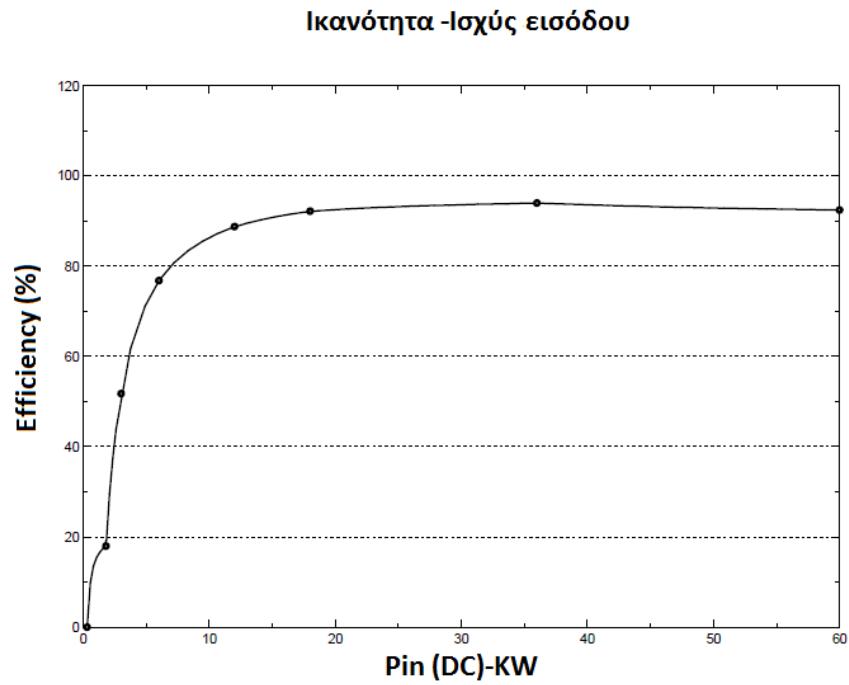
Σχήμα 7.5.1: Sunny Central 60 LV

Όπως φαίνεται και από την επόμενη γραφική παράσταση η ισχύς εισόδου, που αντιστοιχεί στην συνεχή τάση που παρέχουν τα φωτοβολταϊκά στην έξοδο τους, αντιστοιχεί σε χαμηλότερη τιμή ισχύος (εναλλασσόμενη τάση εξόδου αντιστροφέα) και αυτό είναι προφανές αφού ο αντιστροφέας παρουσιάζει κάποιες απώλειες κατά την λειτουργία του.

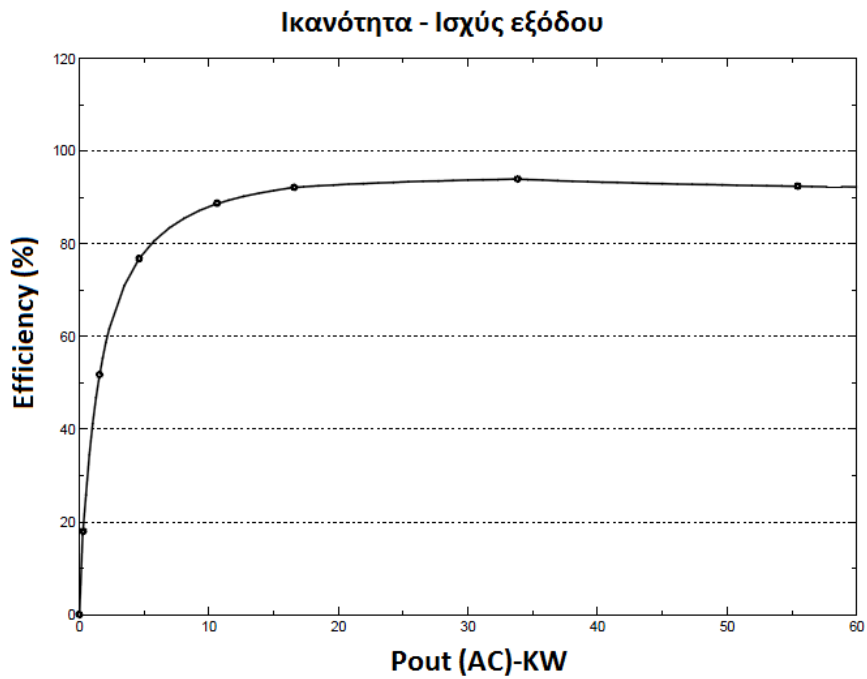


Σχήμα 7.5.2: Χαρακτηριστική ισχύος εξόδου συναρτήσεως ισχύος εισόδου αντιστροφέα

Οι ακόλουθες δύο χαρακτηριστικές παρουσιάζουν την ικανότητα του αντιστροφέα συναρτήσει της ισχύος εισόδου και εξόδου αντίστοιχα κατά την ονομαστική του λειτουργία του.



Σχήμα 7.5.3: Χαρακτηριστική ικανότητας αντιστροφέα συναρτήσει ισχύος εισόδου



Σχήμα 7.5.4: Χαρακτηριστική ικανότητας αντιστροφέα συναρτήσει ισχύος εξόδου

7.6 Συνολικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πάρκου

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει με λεπτομέρεια τα συνολικά χαρακτηριστικά του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής .Παρουσιάζονται τα τρία διαθέσιμα τμήματα γης για τα οποία γίνεται ξεχωριστός υπολογισμός της ισχύος που παράγουν, ο τρόπος σύνδεσης των πάνελ και το μέγεθος της τάσης που παράγεται στην έξοδο τους.Τέλος αναφέρονται οι συνολικές σταθερές ανάγκες ισχύος και ενέργειας του οικισμού και η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια του φωτοβολταϊκού πάρκου.

Κίνηση /Κλίση Ιχνηλάτη	Δύο άξονες	Ελάχιστη κλίση	0°	Μέγιστη κλίση	58°
Περιορισμοί περιστροφής		Ελάχιστο αζιμούθιο	-130°	Μέγιστο αζιμούθιο	130°
Μονάδα φωτοβολταϊκού					
Κατασκευαστής	Suntech				
Υλικό	Si-poly	Μοντέλο		STP 300-24/Vd	
Χαρακτηριστικά των τριών κυκλωμάτων για κάθε διαθέσιμο τμήμα γης					
Τμήμα γης 1					
Αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	Σε σειρά	10 μονάδες	Παράλληλα	40 συστοιχίες	
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	400		Ονομαστική ισχύ μονάδας	300Wp	
Συνολική ισχύς τμήματος	Ονομαστική (STC)	120 kWp	Σε κατάσταση λειτουργίας (50C°)	108 kWp	
Χαρακτηριστικά λειτουργίας φωτοβολταϊκού (50C°)	U mpp	334 V	I mpp	324 A	
Τμήμα γης 2					
Αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	Σε σειρά	10 μονάδες	Παράλληλα	112 συστοιχίες	
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	1120		Ονομαστική ισχύ μονάδας	300Wp	
Συνολική ισχύς τμήματος	Ονομαστική (STC)	336 kWp	Σε κατάσταση λειτουργίας (50C°)	302 kWp	
Χαρακτηριστικά λειτουργίας φωτοβολταϊκού (50C°)	U mpp	334 V	I mpp	906 A	

Τμήμα γης 3				
Αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	Σε σειρά	10 μονάδες	Παράλληλα	144 συστοιχίες
Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	1440		Ονομαστική ισχύ μονάδας	300Wp
Συνολική ισχύς τμήματος	Ονομαστική (STC)	432 kWp	Σε κατάσταση λειτουργίας (50C°)	389 kWp (50°)
Χαρακτηριστικά λειτουργίας φωτοβολταϊκού (50C°)	U mpp	334 V	I mpp	1165 A
Συνολική ισχύς φωτοβολταϊκής γεννήτριας	Ονομαστική (STC)	888 kWp	Συνολικός Αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων	2960 μονάδες
Εμβαδόν εγκατεστημένης γής	5743 m ²			
Αντιστροφέας				
Κατασκευαστής			SMA	
Μοντέλο	Sunny Central 60 LV			
Τάση Λειτουργίας (εισόδου)		300-600 V	Ονομαστική ισχύς μονάδας	60 kW AC
Τμήμα γης 1	Αριθμός Αντριστροφέων	2	Συνολική ισχύς	120 kW AC
Τμήμα γης 2		5		300 kW AC
Τμήμα γης 3		7		420 kW AC
Συνολικός Αριθμός Αντριστροφέων		14		840 kW AC
Συντελεστές απώλειας φωτοβολταϊκών				
Ωμικές απώλειες καλωδίωσης	Τμήμα γης 1	18 Ohm	Λόγος Απώλειας	1.5 % at STC
	Τμήμα γης 2	6.3 Ohm		1.5 % at STC
	Τμήμα γης 3	4.9 Ohm		1.5 % at STC
	Συνολικά			1.5 % at STC
Απώλειες ποιότητας μονάδας	0			
Απώλειες ασυμβατότητας μονάδων				0.2 % at MPPT
Ζήτηση συστήματος				
Σταθερό φορτίο	9.93 kW	Σταθερή ετήσια ενέργεια		87.2 MWh/Year
Συνολική παραγωγή συστήματος				
Ετήσια Παραγόμενη ενέργεια		1820 MWh/year		
Λόγος απόδοσης	76.6%	Λόγος ηλιακής ακτινοβολίας		48.2%
NOCT	Ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας συλλέκτη			56 °C

STC	Τυπικές συνθήκες δοκιμής	Ακτινοβολία	1000W/m ²
		Θερμοκρασία μονάδας	25C°
		Πυκνότητα αέρα	AM 1.5

Πίνακας 7.6.1: Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά πάρκου

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τις μηνιαίες τιμές ενέργειας, η οποία παράγεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια, τις ανάγκες ενέργειας του οικισμού, την παρεχόμενη στον οικισμό ενέργεια και τέλος την ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο

	GlobHor	T Amb	GlobInc	Earray	Eload	Egrid
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh
Ιανουάριος	86.0	11.90	163.7	126062	7387	113620
Φεβρουάριος	96.0	12.30	167.4	128248	6672	116133
Μάρτιος	141.0	13.50	214.2	163597	7387	148062
Απρίλιος	166.0	16.80	226.8	168382	7149	152221
Μάιος	203.0	20.20	266.6	195013	7387	176907
Ιούνιος	216.0	23.80	290.0	207120	7149	188445
Ιούλιος	216.0	26.40	295.2	207297	7387	188448
Αύγουστος	194.0	26.40	264.4	186375	7387	169158
Σεπτέμβριος	153.0	24.40	219.8	157603	7149	142840
Οκτώβριος	130.0	21.20	217.9	158904	7387	144202
Νοέμβριος	99.0	16.90	196.4	145483	7149	131889
Δεκέμβριος	77.0	13.50	154.2	117891	7387	106316
Ετήσιο Σύνολο	1777.0	18.98	2676.7	1961976	86980	1778242

Πίνακας 7.6.2: Ενέργεια συστήματος

όπου: **GlobHor**:Συνολική οριζόντια ακτινοβολία
T Amb:Θερμοκρασία περιβάλλοντος
GlobInc:Συνολική διαχέουσα ακτινοβολία
Earray:Παρεχόμενη ενέργεια από φωτοβολταϊκά
Eload : Ενεργειακή ανάγκη χρήστη (φορτίο)
Egrid :Εγγεόμενη ενέργεια στο δίκτυο

Οι μηνιαίες απώλειες ενέργειας στο σύστημα λόγω ποιότητας και ασυμβατότητας των πάνελ καθώς και οι ωμικές απώλειες της καλωδίωσης παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα. Επιπλέον παρουσιάζεται και η παραγόμενη ενέργεια των πάνελ στο σημείο μέγιστης λειτουργίας MPP.

	ModQual	MisLoss	OhmLoss	EArrMPPT
	kWh	kWh	kWh	kWh
Ιανουάριος	69.6	2783	1453	126063
Φεβρουάριος	70.9	2833	1573	128248
Μάρτιος	90.5	3614	1966	163597
Απρίλιος	93.3	3730	2223	168383
Μάιος	108.3	4327	2576	195031
Ιούνιος	115.4	4611	2918	207322
Ιούλιος	115.8	4628	2895	207771
Αύγουστος	104.0	4157	2494	186733
Σεπτέμβριος	87.7	3505	2070	157678
Οκτώβριος	88.3	3527	2129	158930
Νοέμβριος	80.7	3224	2026	145484
Δεκέμβριος	65.2	2604	1411	117891
Ετήσιο Σύνολο	1089.7	43543	25735	1963130

Πίνακας 7.6.3: Απώλειες συστήματος

Όπου: **ModQual**:Απώλειες λόγω ποιότητας πάνελ

MisLoss:Απώλειες ασυμβατότητας πάνελ

OhmLoss:Ωμικές απώλειες καλωδίωσης

EArrMPP:Πραγματική ενέργεια πάνελ σε λειτουργία MPPT

Ο πίνακας που ακολουθεί αναλύει μηνιαίως τις συνολικές απώλειες του αντιστροφέα στις επιμέρους απώλειες που τον απαρτίζουν. Επιπλέον παρουσιάζεται η διαθέσιμη ενέργεια στην έξοδο του αντιστροφέα καθώς και η απόδοση του.

	EoutInv (kWh)	EffInv %	InvLoss (kWh)	ILOper (kWh)	ILPmin (kWh)	ILPmax (kWh)	ILVmin (kWh)	ILVmax (kWh)
Ιανουάριος	116583	92.5	9479	9479	0.000	0.000	0.2	0.000
Φεβρουάριος	118868	92.7	9380	9380	0.000	0.000	0.0	0.000
Μάρτιος	151660	92.7	11937	11937	0.000	0.000	0.1	0.000
Απρίλιος	155879	92.6	12504	12503	0.000	0.000	0.9	0.000
Μάιος	181035	92.8	13996	13978	0.000	0.000	17.7	0.000
Ιούνιος	192564	93.0	14757	14556	0.000	0.000	201.4	0.000
Ιούλιος	192708	93.0	15063	14589	0.000	0.000	473.9	0.000
Αύγουστος	173208	92.9	13525	13167	0.000	0.000	357.9	0.000
Σεπτέμβριος	146311	92.8	11367	11291	0.000	0.000	75.8	0.000
Οκτώβριος	147539	92.8	11390	11365	0.000	0.000	25.5	0.000
Νοέμβριος	134817	92.7	10667	10666	0.000	0.000	1.0	0.000
Δεκέμβριος	109029	92.5	8863	8863	0.000	0.000	0.0	0.000
Ετήσιο Σύνολο	1820202	92.8	142928	141773	0.000	0.000	1154.4	0.000

Πίνακας 7.6.4: Απώλειες αντιστροφέα

όπου: **EoutInv**: Διαθέσιμη ενέργεια στην έξοδο του αντιστροφέα

EffInvR: Απόδοση αντιστροφέα

InvLoss: Συνολικές απώλειες αντιστροφέα

IL Oper: Απώλεια αντιστροφέα κατά τη λειτουργία

IL Pmin: Απώλεια αντιστροφέα λόγω ισχύς κατωφλίου

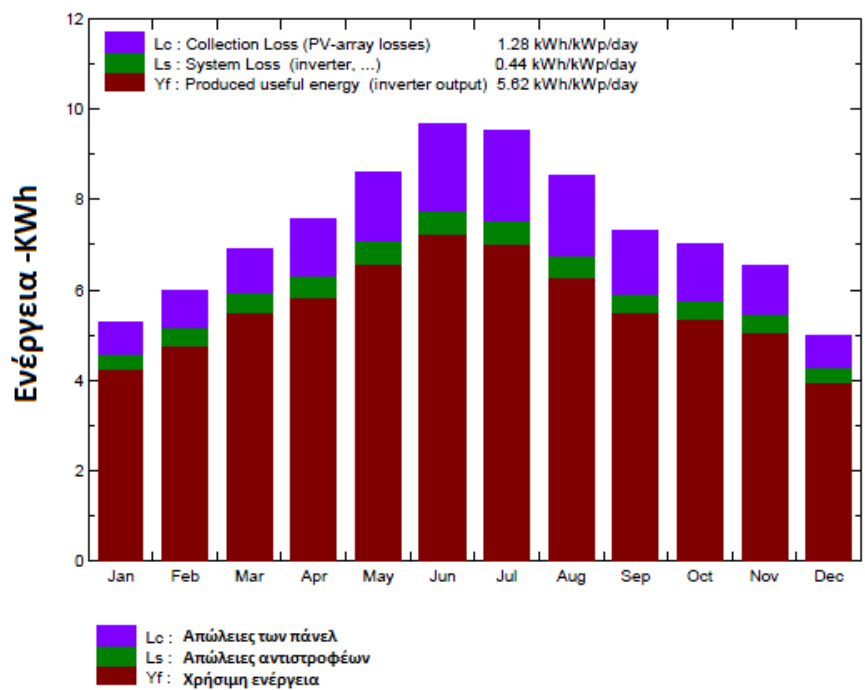
IL Pmax: Απώλεια αντιστροφέα για λειτουργία πάνω από την ονομαστική

IL Vmin: Απώλεια αντιστροφέα λόγω τάσης κατωφλίου

IL Vmax: Απώλεια αντιστροφέα για λειτουργία πάνω από την ονομαστική του τάση

Η επόμενη γραφική παράσταση παρουσιάζει τις απώλειες και την ενέργεια του φωτοβολταϊκού πάρκου.

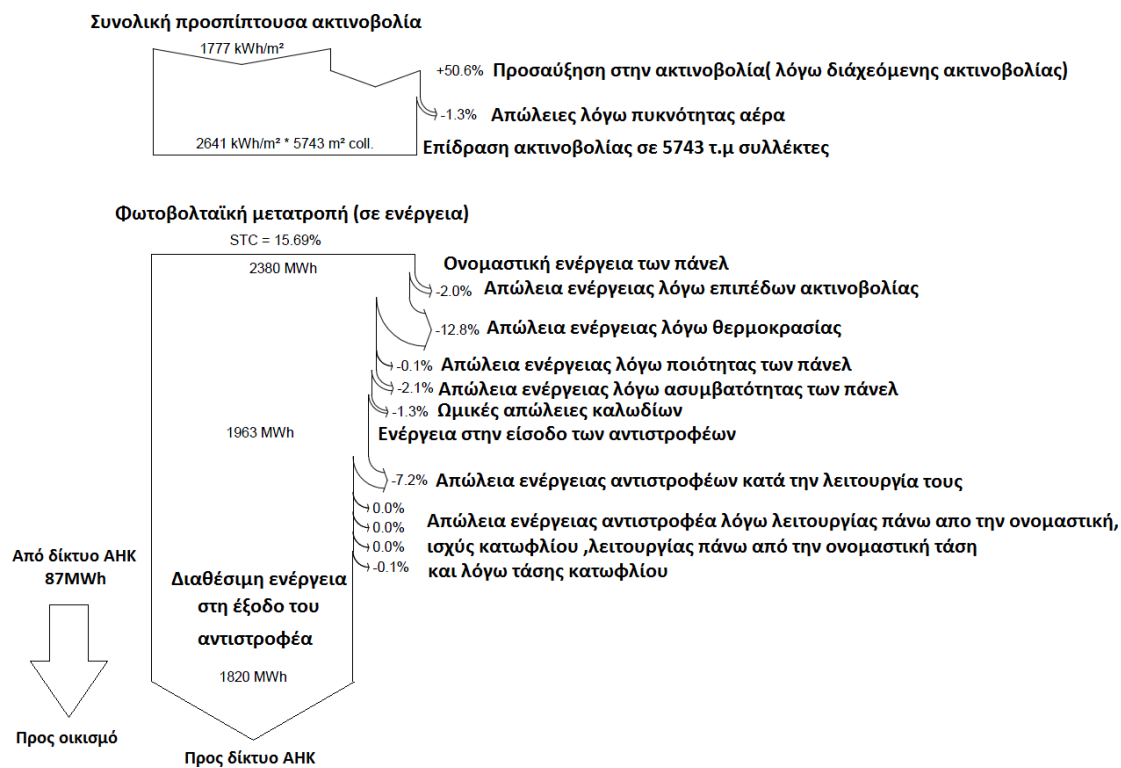
Παραγόμενη ενέργεια για εγκατεστημένη ισχύ 888KWp



Σχήμα 7.6.1:Γραφική παράσταση παραγόμενης ενέργειας

7.7 Διάγραμμα Ροής Ενέργειας

Στο διάγραμμα ροής ενέργειας που ακολουθεί φαίνεται η προσπίπτουσα ακτινοβολία που δέχονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ και η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην έξοδο αυτών. Πριν φτάσουμε στην έξοδο των αντιστροφέων δηλαδή στην καθαρή ενέργεια, διαχωρίζονται οι απώλειες που οφείλονται στα πάνελ και οι απώλειες που οφείλονται στους αντιστροφείς. Ακολουθώς γίνεται έγχυση της καθαρής ενέργειας στο δίκτυο. Ο οικισμός τροφοδοτείται με ενέργεια από το δίκτυο για να συμπληρώνει την ετήσια ανάγκη ενέργειας που απαιτείται.



Σχήμα 7.7.1: Διάγραμμα ροής ετήσιας ενέργειας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:Οικονομική μελέτη

8.1 Κοστολόγηση της κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάρκου

Στο σημείο αυτό παρουσιάζω την κοστολόγηση της κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάρκου όπως φαίνεται στο πίνακα που ακολουθεί.Στον πρώτο πίνακα αναγράφονται οι τιμές της αγοράς τις οποίες πληροφορήθηκα απο την ERGO ENERGY εταιρία μελέτης και κατασκευής φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων.

Τρέχουσες Τιμές Αγοράς			
Κόστος/Βαττ (€/W)	Κόστος ιχνηλάτη για 7KW (€)	Κόστος βάσεων στήριξης για 7KW (€)	Κόστος αντιστροφέα (€)
0.62	6000	1000	4000

Πίνακας 8.1.1: Τρέχουσες τιμές αγοράς

Συσκευή	Μοντέλο	Ποσότητα	Ισχύς (W)	Κόστος/Βαττ (€/W)	Συνολικό κόστος είδους (€)
Φωτοβολταϊκό πάνελ	STP 300-24/Vd	2960	888000	0.62	550560
Ιχνηλάτης	AtlasT150	37	888000/7KW	6000	761142.86
				Κόστος βάσεων στήριξης για 7KW (€)	
Βάσεις στήριξης			888000/7KW	1000	126857.14
				Κόστος αντιστροφέα (€)	
Αντιστροφέας	Sunny Central 60 LV	14	4000		56000
					1494560
				Συνολικό Κόστος πάρκου ≈	1500000€

Πίνακας 8.1.2: Κοστολόγηση φωτοβολταϊκού πάρκου

8.2 Έσοδα και έξοδα από την αγοραπωλησία ηλεκτρικής ενέργειας με το δίκτυο της ΑΗΚ

Σύμφωνα με τη νομοθεσία που ισχύει στη Κύπρο οι ιδιοκτήτες διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορούν να πωλούν όλη την παραγόμενη ενέργεια στην Αρχή Ηλεκτρισμού, ή να χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν για κάλυψη των δικών τους αναγκών και να πωλούν τυχόν πλεόνασμα. Επιδότηση καταβάλλεται μόνο για τις κιλοβατώρες που θα πωλούνται στο δίκτυο. Συνεπώς η πιο συμφέρουσα οικονομικά επιλογή είναι η πώληση όλης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα στην ΑΗΚ και η αγορά όλης της καταναλισκόμενης ενέργειας από αυτήν, καθώς στα πλαίσια του σχεδίου χορηγιών ο κάθε ιδιοκτήτης φωτοβολταϊκού συστήματος πωλεί στην ΑΗΚ το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα σε μια πιο ψηλή τιμή από αυτή που το αγοράζει.

Μετά το πέρας της κατασκευής του φωτοβολταϊκού πάρκου, η παραγόμενη ενέργεια θα διοχετεύεται στο δίκτυο της ΑΗΚ η οποία θα καταμετρείται. Με βάση την τιμή πώλησης της ενέργειας ένα μηνιαίο ποσό θα καταβάλλεται από την ΑΗΚ (Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου) στους ιδιοκτήτες, οι οποίοι είναι και οι κάτοχοι των πέντε κατοικιών και της μικρής βιοτεχνίας επίπλου στον οικισμό. Η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο είναι πολλαπλάσια της τιμής που αγοράζουμε από τη ΑΗΚ και σήμερα ανέρχεται στα 0,25 €/KWh.

Υπάρχει ακόμα ένα σχέδιο που ισχύει στη Κύπρο το οποίο ονομάζεται **κόστος αποφυγής** και λειτουργεί ως εξής :

Η ΑΗΚ δεν χορηγεί την ετήσια παραγόμενη ενέργεια στην πολλαπλάσια τιμή που ανάφερα πιο πάνω αλλά την αγοράζει στην ίδια ακριβώς τιμή που την χρεώνει στον καταναλωτή. Η τιμή αυτή είναι 0,16 €/KWh. Η τιμή αυτή είναι το κόστος που στοιχίζει στην ΑΗΚ ώστε να παράξει την ενέργεια και να την στείλει στον καταναλωτή.

Στο σημείο αυτό θα παρουσιάσω τον υπολογισμό της απόσβεσης και για τα δύο σχέδια που αναφέρει η νομοθεσία στην Κύπρο θεωρώντας ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια είναι σταθερή και αμετάβλητη. Στην πραγματικότητα η παραγωγή των φωτοβολταϊκών παρουσιάζει μείωση 1% κατά έτος.

8.2.1 1^ο Σχέδιο (χορηγία 0,25 €/KWh)

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: **1820MWh/year**

Εγκατεστημένη ισχύς πάρκου: **888KW**

Κόστος κατασκευής πάρκου: **1500000€**

Κόστος κιλοβατόρας: **0,25 €/KWh**

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένο κιλοβάττ:

$$\frac{1820\text{MWh/year}}{888\text{KW}} = 2050\text{KWh/KW/year}$$

Έσοδα από την παραγόμενη ενέργεια ανά έτος:

$$(2050\text{KWh/KW/year}) * (888\text{KW}) * (0,25 \text{ €/KWh}) = 455100\text{€/year}$$

Υπολογισμός απόσβεσης πάρκου:

$$\frac{1500000\text{€}}{455100\text{€/year}} \approx 3,5\text{year}$$

8.2.3 2^ο Σχέδιο (κόστος αποφυγής 0,16 €/KWh)

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια: **1820MWh/year**

Εγκατεστημένη ισχύς πάρκου: **888KW**

Κόστος κατασκευής πάρκου: **1500000€**

Κόστος κιλοβατόρας: **0,16 €/KWh**

Ετήσια παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένο κιλοβάττ:

$$\frac{1820\text{MWh/year}}{888\text{KW}} = 2050\text{KWh/KW/year}$$

Έσοδα από την παραγόμενη ενέργεια ανά έτος:

$$(2050\text{KWh/KW/year}) * (888\text{KW}) * (0,16 \text{ €/KWh}) = 291264\text{€/year}$$

Υπολογισμός απόσβεσης πάρκου:

$$\frac{1500000\text{€}}{291264\text{€/year}} \approx 5\text{year}$$

Στους πιο πάνω υπολογισμούς δεν έχω λάβει υπόψιν τα ετήσια έξοδα του οικισμού για την αγορά των 87MWh.Εαν τα λάβω υπόψιν τότε δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση στην απόσβεση .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη διπλωματική αυτή μελέτη, παρουσίασα την τεχνοϊκονομική μελέτη για την κατασκευή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού πάρκου από κινούμενες φωτοβολταϊκές γεννήτριες για την τροφοδότηση ενός οικισμού.

Σημαντικό συμπέρασμα από την μελέτη αυτή είναι το γεγονός ότι παρά το μεγάλο μέγεθος του φωτοβολταϊκού πάρκου που συνεπάγεται μεγάλο κόστος κατασκευής , όπως έχει προκύψει,φαίνεται ότι δεν παίρνει μεγάλο χρονικό διάστημα η απόσβεση των εξόδων, εφαρμόζοντας ακόμα και το δεύτερο σχέδιο πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στην ΑΗΚ με 0,16 €/KWh.

Ένας πολύ βασικός παράγοντας είναι ότι τα διαθέσιμα τμήματα γης για τα οποία έγινε η μελέτη ανήκαν στους κατοίκους του οικισμού,πράγμα που βοήθησε στη μείωση των εξόδων κατασκευής του πάρκου.

Αυτό είναι πολύ θετικό στοιχείο διότι πιο πολλές επενδύσεις είναι δυνατόν να γίνονται σε φωτοβολταϊκά πάρκα αφού παρουσιάζουν μεγάλα έσοδα.Αυτός είναι σημαντικός παράγοντας στην προστασία του περιβάλλοντος μειώνοντας τους ρύπους και αυξάνοντας έτσι τη παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .

Οι χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης μέχρι το έτος 2020 θα πρέπει το 20% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν να είναι από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Systems, Joe-Air Jiang, Tsong-Liang Huang, Ying-Tung Hsiao and Chia-Hong Chen, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 8, No 2, pp. 147_153 (2005)
- [2] Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Edition, Duffie J. and Beckman W.
- [3] Φυσική, τεχνολογία και χρήσεις φωτοβολταϊκών, Κ.Θ Δέρβος Καθηγητής Ε.Μ.Π., Αθήνα 2006
- [4] Photovoltaic Solar Energy Generation, Adolf Goetzberger and Volker U. Hoffmann, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
- [5] Φραγκιαδάκης Ι.Ε., Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη 2006.
- [6] «Renewable and Efficient Electric Power Systems», Gilbert M. Masters
- [7] «Photovoltaic Systems», Klaus Preiser
- [8] «Stand Alone PV System Design»
- [9] «Batteries and charge control in stand - alone photovoltaic systems», James P. Dunlop, Florida energy center, 1997
- [10] «Planning and Installing Photovoltaic Systems- A guide for installers, architects and engineers», second edition, Earthscan
- [11] «Stand - Alone Photovoltaic Systems handbook of recommended design practices», Sandia National Laboratories, 1995
- [12] http://www.neonenergy.com.cy/index.php?option=com_content&view=article&id=59&Itemid=81&lang=el
- [13] http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/factsheets/2008_res_sheet_cyprus_el.pdf
- [14] http://ec.europa.eu/energy/renewables/index_en.htm
- [15] http://users.sch.gr/kpara/ape2009_10/index.html#1
- [16] http://www.europeangreencities.com/pdf/TrainingTools/65.%20SOLAR%20ENERGY_GR.pdf
- [17] http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4423/1/%CE%9C%CE%94%CE%95_DSSC_Tri_panagnostopoulou.pdf
- [18] <http://www.solar-systems.gr/solar-panel-pv-1.html>
- [19] <http://www.iqsolarpower.com/inverter.htm>
- [20] <http://www.supply-chain.gr/articles.php?artic=451>
- [21] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- [22] <http://sourceforge.net/projects/carnaval/files/latest/download>
- [23] <http://www.pvsyst.com/en/download>