

**ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΠΑΝΕΛ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ-ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ**

**ΚΥΡΙΑΚΟΓΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ**



**ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2012**

**ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ  
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

#### ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

<u>1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</u>	.....5
<u>1.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο</u>	.....7
<u>1.3 Φωτοβολταϊκά στοιχεία</u>	.....9
<u>1.4 Βαθμός απόδοσης ΦΒ στοιχείου</u>	.....10
<u>1.5 ΦΒ Συστήματα</u>	.....17
<u>1.5.1 Τύποι ΦΒ πλαισίων</u>	.....17
<u>1.5.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ΦΒ συστημάτων</u>	.....19
<u>1.5.3 Κατηγορίες ΦΒ συστημάτων</u>	.....20
<u>1.6 Ιστορική αναδρομή</u>	.....25

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>**

<b><u>2.1 Μελέτη της κατασκευής</u></b>	.....	29
<b><u>2.2 Εύρεση του μέγιστου της έντασης της ηλιακής ενέργειας</u></b>	.....	30
<b><u>2.3 Κατασκευή</u></b>	.....	31
<b><u>2.3.1 Φωτοβολταϊκά πάνελ</u></b>	.....	32
<b><u>2.3.2 Βάσεις και στηρίξεις</u></b>	.....	35
<b><u>2.3.3 Αισθητήρες και κινητήρες κλιμακωτής κίνησης</u></b>	.....	36
<b><u>2.3.5 Συνδέσεις</u></b>	.....	39
<b><u>2.3.6 Μετατροπέας (Inverter)</u></b>	.....	54
<b><u>2.3.7 Λειτουργία</u></b>	.....	57

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>**

<b><u>3.1 Τηλεμετρία</u></b>	<b>.....57</b>
------------------------------	----------------

<b><u>3.2 Έλεγχος από απόσταση και απεικόνιση δεδομένων(Monitoring)</u></b>	<b>.....62</b>
---	----------------

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

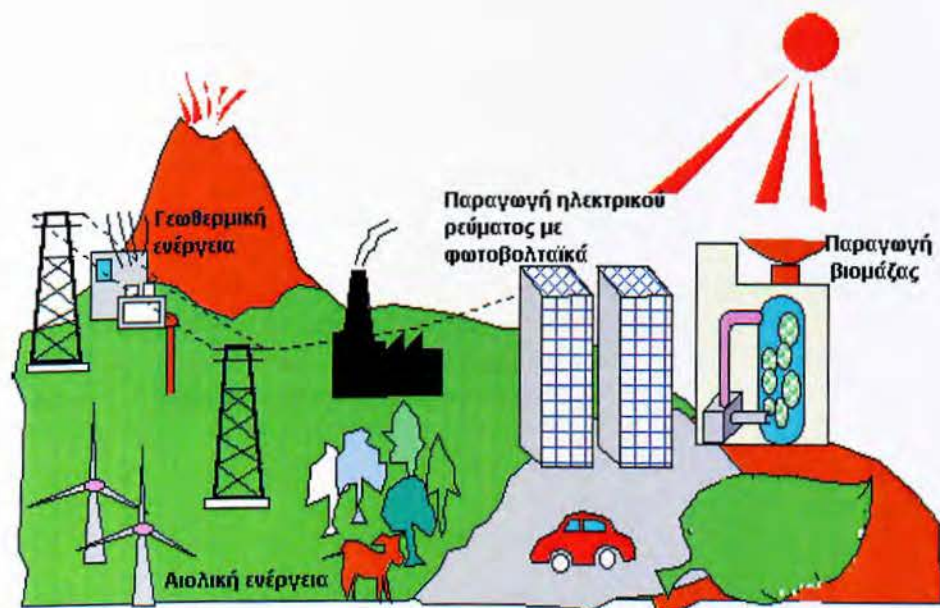
<b><u>4.1 Συμπεράσματα</u></b>	<b>.....66</b>
--------------------------------	----------------

<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>.....68</b>
---------------------	----------------

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εντατική χρήση των ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και της πυρηνικής ενέργειας τα τελευταία χρόνια, ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας και τα οποία έχουν άμεσο αντίκτυπο στις κλιματικές συνθήκες και γενικά στις συνθήκες ζωής πάνω στον πλανήτη. Είναι φανερό ότι οι ενεργειακές ανάγκες συνεχώς θα αυξάνονται, αφού ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς αλλά και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου πολλαπλασιάζει τις δραστηριότητές του, οι οποίες τελικά απαιτούν κατανάλωση ενέργειας. Η ανθρωπότητα καλείται να απαντήσει στο βασικό ερώτημα, αν θα συνεχίσει να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες κυρίως με τα ορυκτά καύσιμα (μέχρι αυτά να εξαντληθούν) με την επακόλουθη περιβαλλοντική επιβάρυνση ή θα αναζητήσει σύντομα άλλες λύσεις. Οι παγκόσμιες συνδιασκέψεις του Ρίο, του Κιότο και της Χάγης δυστυχώς δεν κατάφεραν να δώσουν ουσιαστική λύση στο πρόβλημα αυτό.

Η μόνη απάντηση που προς το παρόν διαφαίνεται ότι θα περιορίσει δραστικά τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε). Αν και η τεχνολογία έχει κάνει σημαντικά βήματα προς τον τομέα αυτό, η εφαρμογή των Α.Π.Ε βρίσκεται σε αρχικό ακόμη στάδιο. Η εκμετάλλευση του ήλιου, του ανέμου, του νερού, της γεωθερμίας και της βιομάζας, που αποτελούν πηγές ενέργειας φιλικές προς το περιβάλλον, μπορούν και πρέπει να γίνουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες ώστε να συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη, εφόσον είναι ανανεώσιμες και ρυπαίνουν ελάχιστα ή καθόλου. Στη χώρα μας υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης αυτών των πηγών ενέργειας, γιατί και σημαντική ηλιοφάνεια έχουμε και αιολικό δυναμικό υπάρχει, ιδιαίτερα στα νησιά, αλλά και υδάτινο δυναμικό στις ορεινές περιοχές (βλέπε [1]).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή, αιολική, γεωθερμική και ενέργεια βιομάζας έχουν τη μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι "φιλικές προς το περιβάλλον" πηγές ενέργειας δίνουν στον καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με τη χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων. Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Όμως αυτή η φτηνή μέθοδος προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή τοξικών αερίων. Αυτά τα τοξικά αέρια, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

**Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα πλεονεκτημάτων, όπως:**

- **Ανεξάντλητες πηγές ενέργειας:**

Οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας αποτελούν ανεξάντλητες ενεργειακές πηγές. Εντούτοις, υπάρχει μια διάκριση μεταξύ μερικών μορφών ΑΠΕ, καθώς μερικές μορφές, όπως η βιομάζα, μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανανεώσιμες πηγές δεδομένου ότι μπορεί να αναπληρωθεί ότι χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας σε σύντομο χρονικό διάστημα και άλλες ως ανεξάντλητοι πόροι, όπως, ο αέρας και ο ήλιος, που είναι αδύνατον να 'στερέψουν'.

- **Αποφυγή εκπομπών επικίνδυνων ρύπων:**

Η χρήση των ΑΠΕ δεν συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη καθώς δεν αυξάνει τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο είναι το κυρίαρχο αέριο του θερμοκηπίου, στην ατμόσφαιρα, αλλά και τις εκπομπές άλλων ρύπων, όπως τα οξείδια θείου και αζώτου, και σωματιδιακή ύλη (PM10).

- **Ενεργειακή ασφάλεια:**

Οι ΑΠΕ είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού ανεφοδιασμού, κάνοντας τα εθνικά ενεργειακά συστήματα λιγότερο τρωτά στις πολιτικές αστάθειες, εμπορικές διαφωνίες, κλπ.

- **Αποκεντρωμένα ενεργειακά συστήματα:**

Το ευρύ φάσμα των διαφόρων μορφών ΑΠΕ προσφέρει ποικίλες διεσπαρμένες, αποκεντρωμένες ενεργειακές επιλογές που προσφέρουν στους ανθρώπους την δυνατότητα αυτονομίας και ανεξαρτησίας από τους μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ενώ παράλληλα ανακουφίζουν τα συστήματα υποδομής και μειώνουν τις απώλειες από την μεταφορά ενέργειας.

- **Ορθολογική χρήση πηγών ενέργειας:**

Οι ΑΠΕ συμβάλλουν στην ορθολογική χρήση των πηγών ενέργειας δεδομένου ότι καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών.

- **Χαμηλά έξοδα λειτουργίας:**

Τα έργα ΑΠΕ έχουν συνήθως μεγάλο κόστος επένδυσης αλλά χαμηλές λειτουργικές δαπάνες. Εντούτοις, ο συνυπολογισμός του εξωτερικού κόστους σε σχέση με τις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις κρίνει σε πολλές περιπτώσεις τις επενδύσεις ΑΠΕ ιδιαίτερα επικερδής.

- **Ευκαιρίες εργασίας:**

Οι επενδύσεις ΑΠΕ συνεπάγονται τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

- **Τοπική ανάπτυξη:**

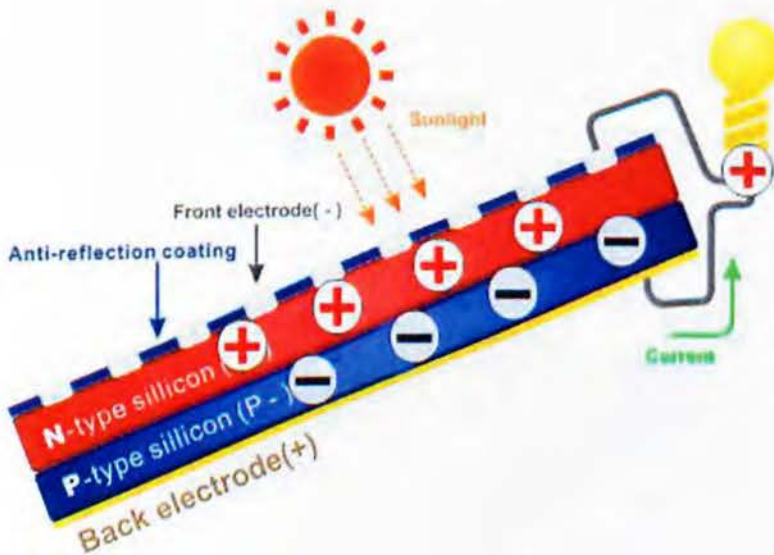
Ιδιαίτερα στις λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, η αξιοποίηση των ΑΠΕ μπορεί να δώσει ώθηση στην τοπική οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη. Γενικότερα, τα έργα εκμετάλλευσης ΑΠΕ μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου και να αποτελέσουν καταλύτη για την υλοποίηση και άλλων έργων σε τοπική κλίμακα (βλέπε [1]).



## 1.2 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Τα φωτοβολταϊκά (PV-Photo Voltaic) Ηλιακά Στοιχεία παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω του Φωτοβολταϊκού φαινομένου. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ανακαλύφθηκε το 1839 από τον 19χρονο Smith Becquerel και είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένα υλικά παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτίθενται στο φως.

Στην κλασικότερη περίπτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων, ένας ημιαγωγός με PV κατασκευάζεται με την ένωση δύο στρωμάτων από καθαρό κρυσταλλικό πυρίτιο σε κάθε ένα από τα οποία έχει γίνει πρόσμιξη με ένα διαφορετικό υλικό (π.χ. αρσενικό (As), γάλλιο (Ga), αλουμίνιο (Al), φώσφορος (P) κλπ). Καταυτόν τον τρόπο το ένα στρώμα πυριτίου έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων (p-type) (η αλλιώς περίσσια οπών) και το άλλο στρώμα περίσσια ηλεκτρονίων (n-type) (βλέπε [2]).



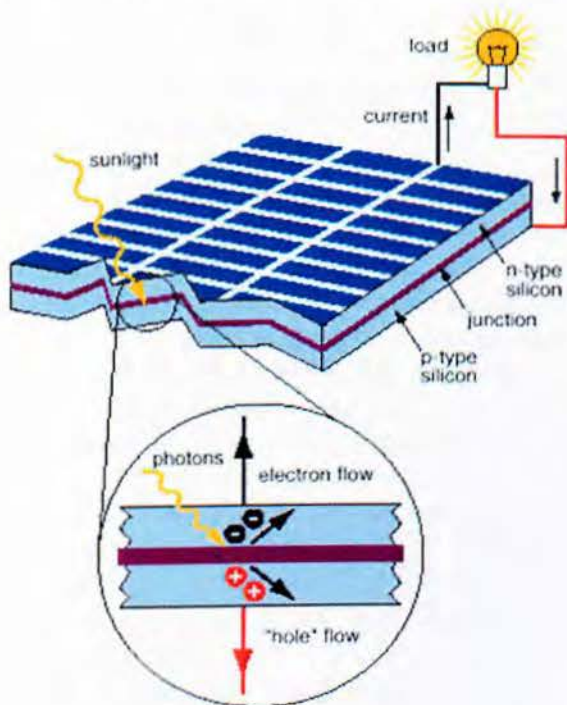
Σχήμα 1.1

Τα υλικά πρόσμιξης στο κρυσταλλικό πυρίτιο οδηγούν στην δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου ανάμεσα στα δύο στρώματα και έτσι τα ηλεκτρόνια κινούνται μονόδρομα από το στρώμα με περίσσια ηλεκτρονίων σε αυτό με έλλειψη ηλεκτρονίων. Εκεί όπου τα δύο στρώματα ενώνονται έχουμε μια «περιοχή κατάρρευσης» λόγω της απουσίας αντίθετα φορισμένων σωματιδίων (ηλεκτρόνια και οπές). Ηλεκτρόνια κινούνται από το n-type στρώμα (αρνητικά φορισμένο) προς το p-type στρώμα (θετικά φορισμένο) και ενώνονται με οπές. Κατά παρόμοιο τρόπο, οπές κινούνται από το p-type στρώμα στο n-type στρώμα. Εφόσον τα άτομα πυριτίου δεν κινούνται, όσες οπές παραμένουν αδέσμευτες στο n-type στρώμα το καθιστούν θετικά φορισμένο ενώ κατά παρόμοιο τρόπο, όσα ηλεκτρόνια μένουν αδέσμευτα στο p-type στρώμα το καθιστούν αρνητικά φορισμένο.



Έτσι, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό δυναμικό γύρω από την περιοχή ένωσης των δύο στρωμάτων της τάξης των 0,6-0,7 Volts. Το φράγμα δυναμικού ανάμεσα στο p-type στρώμα και στο n-type στρώμα εμποδίζει περισσότερα ηλεκτρόνια και οπές να κινηθούν διαπερνώντας την ένωση μέχρι το φως να φτάσει στο φωτοβολταϊκό στοιχείο μεταφέροντας ενέργεια στα ηλεκτρόνια με την οποία πλέον θα μπορέσουν να κινηθούν προς το αντίθετα φορτισμένο στρώμα. Η ενέργεια από τον ήλιο μεταδίδεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας με την μορφή «πακέτων ενέργειας» που ονομάζονται φωτόνια. Κάθε φωτόνιο αντιστοιχεί σε μία ποσότητα ενέργειας που έχει σχέση με το μήκος κύματός του. Όταν ένα φωτόνιο προσπίπτει στο φωτοβολταϊκό στοιχείο, τρία πράγματα μπορούν να συμβούν: να το διαπεράσει, να ανακλαστεί ή να απορροφηθεί.

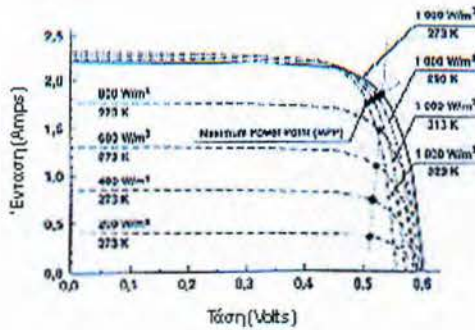
Στην τρίτη περίπτωση, η ενέργεια του απορροφάται από ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου του φωτοβολταϊκού στοιχείου προσφέροντας ουσιαστικά την απαραίτητη ενέργεια για να «δραπετεύσει» από την θέση του, να διαπεράσει την p-n ένωση και να ενωθεί με μία οπή. Με αυτόν τον τρόπο, τα κινούμενα ηλεκτρόνια μπορούν να διοχετευθούν σε ένα κλειστό κύκλωμα, να τροφοδοτήσουν με ρεύμα μία ηλεκτρική συσκευή και να καταλήξουν στο αντίθετο στρώμα επαναδεσμεύοντας τις οπές που έχουν μείνει ακάλυπτες. Με αυτόν τον τρόπο, εκμεταλλευόμαστε την ηλιακή ενέργεια με μία μέση απόδοση της τάξης των 5-15%. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναλαμβάνεται για πολλά χρόνια μέχρι το τέλος της ζωής του φωτοβολταϊκού στοιχείου (βλέπε [2]).



Σχήμα 1.2

### 1.3 Φωτοβολταϊκό στοιχείο

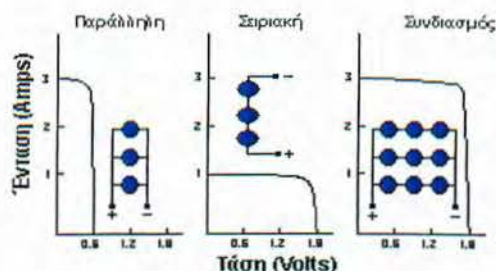
Η συμπεριφορά ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου για διάφορα εξωτερικά φορτία είναι μη-γραμμική. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η καμπύλη απόκρισης ενός τυπικού φωτοβολταϊκού στοιχείου για διάφορες εξωτερικούς παραμέτρους. Για σχεδόν μηδενικό εξωτερικό φορτίο (ανοιχτό κύκλωμα) και κατά συνέπεια μηδενικό ηλεκτρικό ρεύμα το φωτοβολταϊκό στοιχείο παρουσιάζει την μέγιστη τάση-τάση ανοιχτού κυκλώματος-  $V_{oc}$ .



Σχήμα 1.3

Αντίθετα για μηδενική τάση στοιχείου (βραχυκυκλωμένο στοιχείο) το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγει το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι μέγιστο-ρεύμα βραχυκυκλώματος  $-I_{sc}$ . Η μέγιστη λοιπόν παραγόμενη ισχύς είναι κάπου ενδιάμεσα και για την ακρίβεια στο γόνατο της καμπύλης απόκρισης. Είναι προφανές ότι με την κατάλληλη ρύθμιση του εξωτερικού φορτίου μπορεί να επιλεγεί ακριβώς αυτό το σημείο λειτουργίας ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Στο διάγραμμα επίσης φαίνεται, όπως αναμένεται άλλωστε, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου να αυξάνεται με την ένταση της γήινης ηλιακής ακτινοβολίας κατά κύριο λόγο και με την ελάττωση της θερμοκρασίας λειτουργίας του στοιχείου κατά δεύτερο. Τυπική απόδοση φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι της τάξης του 16%, απόδοση αρκετά χαμηλή συγκρινόμενη αυτής της μετατροπής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα. Δεδομένου ότι η τάση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου υπαγορεύεται από τις κατασκευαστικές (κβαντομηχανικές) σταθερές του σύμπαντός μας, η αύξηση του μεγέθους ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου δεν επιφέρει αύξηση της τάσης του αλλά μόνο αύξηση της έντασης του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος και μάλιστα γραμμικά. Αύξηση της τάσης επιβάλλει την συνδεσμολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε σειριακή διάταξη (βλέπε [3]).

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την απόκριση διαφόρων τέτοιων σχηματισμών.



Σχήμα 1.4

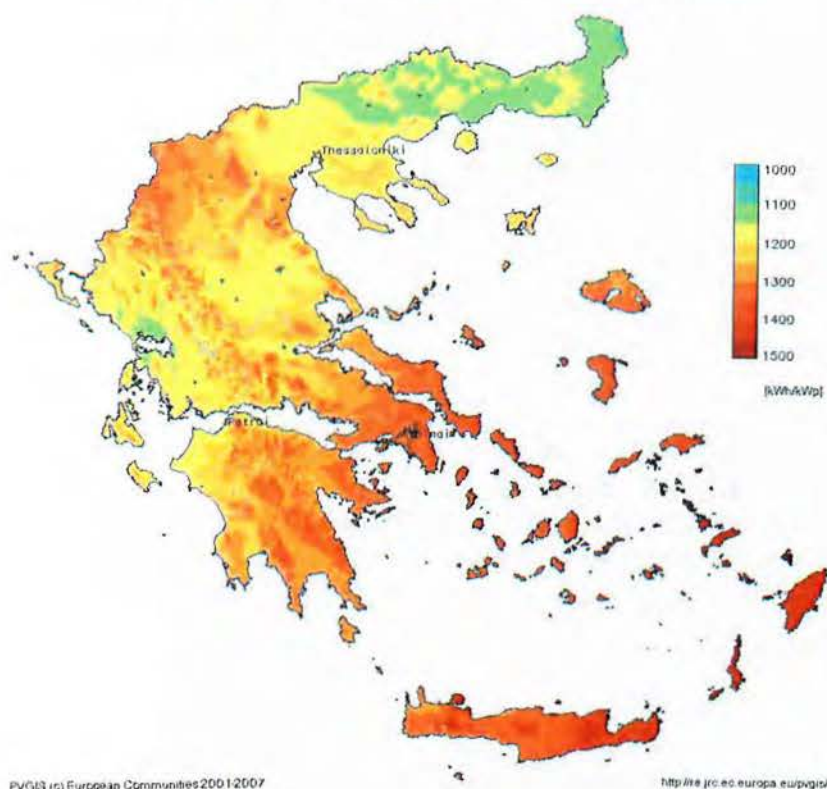
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ισχύος 1W) λοιπόν, συναρμολογούνται σε σειριακούς σχηματισμούς (χορδές) και αυτοί με τη σειρά τους με παράλληλη σύνδεση σχηματίζουν ένα πλαίσιο (panel) (εμπορικό προϊόν) με επιθυμητά χαρακτηριστικά τάσης και έντασης (ισχύος 50-300W). Συνδυασμός πλαισίων σε σειριακή και παράλληλη διάταξη σχηματίζουν μια συστοιχία (array)(ισχύος ~kW) ενώ μια σύνθεση από συστοιχίες δημιουργεί ένα πεδίο (field) φωτοβολταϊκών (ισχύος ~MW) βλέπε [3].

#### 1.4 Βαθμός απόδοσης Φ/Β στοιχείου

Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σχετίζεται άμεσα με την ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει επάνω στην επιφάνεια μετατροπής, επομένως στους υπολογισμούς των διαφόρων φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι απαραίτητη η γνώση της ηλιακής ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας στην περιοχή, που θα γίνει η εγκατάσταση. Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο διαθέσιμος ηλιακός πόρος, τόσο μεγαλύτερο είναι το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής (βλέπε [4]).

Στην Ελλάδα, από μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας και από τα λοιπά περιβαλλοντικά δεδομένα, προκύπτει η μέση ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά εγκατεστημένο kWp όπως φαίνεται στην εικόνα .

Ετήσια παραγωγή ενέργειας (κιλοβατώρες ανά κιλοβάτ)  
από φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου στη βέλτιστη κλίση



Εικόνα 1.1

### Εσωτερικός βαθμός απόδοσης

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ορίζεται από τη γενική σχέση:

Εσωτερικός βαθμός απόδοσης = Ισχύς εξόδου / Ισχύς εισόδου

Ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος  $P_{mp}$  προς το γινόμενο της επιφάνειας  $A$  του φωτοβολταϊκού στοιχείου και της έντασης ακτινοβολίας  $G$  μας δίνει το βαθμό απόδοσης (βλέπε [3]).

$$\eta = \frac{P_{mp}}{AG} = \frac{I_{mp} V_{mp}}{AG} = \frac{FFI_{sc} V_{oc}}{AG}$$

## Παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου μπορεί να είναι είτε εσωτερικοί είτε εξωτερικοί. Εσωτερικοί είναι τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού στοιχείου  $R_s$ , οι οπτικές απώλειες, η γήρανση, η χωροταξική τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο και η δίοδος αντεπιστροφής ενώ εξωτερικοί είναι η ακτινοβολία, η σκίαση, η θερμοκρασία, ο άνεμος, η ρύπανση και οι ηλεκτρικές απώλειες.

- **Η αντίσταση  $R_s$**

Η αντίσταση  $R_s$  είναι ένας σημαντικός παράγοντας που παίζει ρόλο στο βαθμό απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ της όψης του στοιχείου και της ένωσης p-n τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντίσταση άρα και οι απώλειες ισχύος. Οπότε για να έχουμε καλύτερο βαθμό απόδοσης πρέπει να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερη  $R_s$ .

- **Η γήρανση**

Λόγω της φθοράς των φωτοβολταϊκών πλαισίων καθώς και των υπόλοιπων μερών που απαρτίζουν το φωτοβολταϊκό σύστημα αναμένεται ότι με την πάροδο του χρόνου θα παρουσιάζεται μία μικρή βαθμιαία πτώση στην ποσότητα παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος, που συνήθως υπολογίζεται από 1% ως 2% για κάθε έτος.

- **Οι οπτικές απώλειες**

Με τον όρο οπτικές απώλειες εννοούμε τη διαφοροποίηση της ανακλαστικότητας του φωτοβολταϊκού πλαισίου (υαλοπίνακας, αντανακλαστικό επίστρωμα, υλικό φωτοβολταϊκών στοιχείων) σε σχέση με την αντίστοιχη σε STC (Standard Testing Conditions). Η ανακλαστικότητα του οπτικού συστήματος όψεως του φωτοβολταϊκού πλαισίου, σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή σε Πρότυπες Συνθήκες Αναφοράς, αυξάνει καθώς αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων στην επιφάνειά του, ιδιαίτερα σε γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες των 60°. Επίσης, οπτικές απώλειες έχουμε και με τη διαφοροποίηση του φάσματος της ακτινοβολίας. Καθώς το  $A.M=1.5$  ηλιακό φάσμα που καθορίζεται από τις STC, χρησιμοποιείται ως αναφορά για τις προδιαγραφές απόδοσης των πλαισίων, η ετήσια παραγωγή του πλαισίου θεωρείται σχετικά ανεξάρτητη από τις μεταβολές του ηλιακού φάσματος γιατί οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στην απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων κατά τη διάρκεια της ημέρας, εξαλείφονται κατά μέσο όρο σε ετήσια βάση.

Αυτά όσον αφορά φωτοβολταϊκά ευρείας φασματικής περιοχής. Για φωτοβολταϊκά στενής φασματικής περιοχής οι ετήσιες απώλειες είναι σημαντικότερες. Επιπλέον, υπάρχουν απώλειες λόγω διαφοροποίησης της πόλωσης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μέση ετήσια επίδραση του παράγοντα αυτού προσδιορίζεται γύρω στο 2%. Τέλος, οπτικές απώλειες παρατηρούνται και λόγω χαμηλών τιμών της πυκνότητας ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας (βλέπε [4]).

Η απόδοση του ηλιακού στοιχείου μειώνεται στις χαμηλές τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κάτω από την τιμή των 200 W/m<sup>2</sup>. Οι οπτικές απώλειες, αποδεικνύονται μικρής σημασίας για εμπορικά πλαίσια καλής ποιότητας. Σε άλλες όμως περιπτώσεις οι ενεργειακές αυτές απώλειες αποδεικνύονται σχετικά σημαντικές και γενικά υπολογίζονται σε 3%, κατά μέσο όρο στο έτος .

- **Η χωροταξική τοποθέτηση**

Η χωροταξική τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων μεταξύ τους έχει σημασία αφού όσο πιο πυκνά είναι τοποθετημένα μεταξύ τους τόσο μεγαλύτερος είναι και ο συντελεστής κάλυψης σκ του πλαισίου, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής ενεργού επιφάνειας των ηλιακών στοιχείων, δηλαδή της επιφάνειας του ημιαγωγού όπου γίνεται η απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, προς τη συνολική επιφάνεια του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Η τιμή του κυμαίνεται από 0,78 για κυκλικά στοιχεία σε παράλληλα στοιχισμένες σειρές, 0,88 για κυκλικά στοιχεία συγχωνευμένα μεταξύ τους και φτάνει μέχρι 0,98 για τα μεγαλύτερου κόστους τετραγωνικά ή εξαγωνικά ηλιακά στοιχεία .

- **Η δίοδος αντεπιστροφής**

Η δίοδος αντεπιστροφής εμποδίζει την εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή διαμέσου του φωτοβολταϊκού πλαισίου, όταν αυτό δε φωτίζεται και προκαλεί απώλειες ενέργειας της τάξης του 1%. Ο συντελεστής απωλειών της διόδου αντεπιστροφής είναι  $s_d=0,99$  .

- **Η ακτινοβολία**

Η ενέργεια που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο σε ετήσια βάση, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία και ως εκ τούτου, εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση εγκατάστασης του συστήματος. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός συλλέκτη είναι με τη σειρά της άμεσα εξαρτώμενη από τον προσανατολισμό του πλαισίου ως προς τον ήλιο. Για μεγαλύτερα λαμβανόμενα ποσά της ηλιακής ενέργειας, τα πλαίσια πρέπει να προσανατολίζονται κατάλληλα και να είναι τοποθετημένα στη βέλτιστη γωνία κλίσης εφόσον δεν χρησιμοποιούνται στρεφόμενες βάσεις ενός ή δύο αξόνων. Η αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και ως εκ τούτου, μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ (βλέπε [4]).

## • Η σκίαση

Ένας άλλος παράγοντας επίδρασης της DC ενεργειακής απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων είναι η σκίαση. Το φαινόμενο της σκίασης εμφανίζεται είτε σε περιπτώσεις που συναντώνται εμπόδια στον ορίζοντα των πλαισίων όπως παρακείμενα κτήρια, βλάστηση κλπ, είτε σε περιπτώσεις με περιορισμένη έκταση εγκατάστασης όπως για παράδειγμα στις στέγες κτηρίων όπου προκαλείται σκίαση από τη μία σειρά στην επόμενη. Ιδιαίτερα στη δεύτερη περίπτωση, οι επιπτώσεις της σκίασης μπορεί να είναι σημαντικές και για το λόγο αυτό είναι αναγκαίος ο λεπτομερής προσδιορισμός των απωλειών που το προκαλούν.

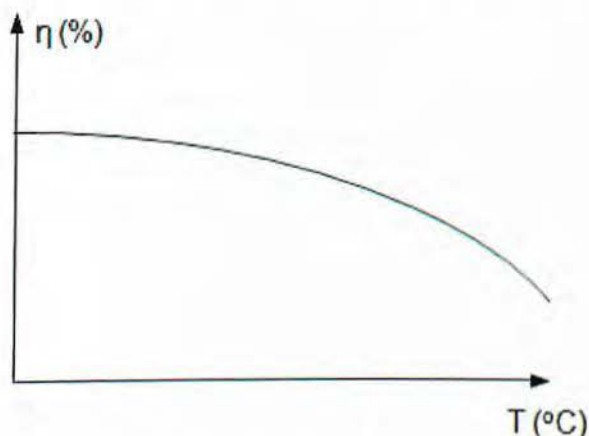
Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό πλαίσιο, αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία ίδιων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών συνδεδεμένων σε σειρά. Συνεπώς, η σκίαση ή η βλάβη ενός και μόνο φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα μπορούσε να επιφέρει ολική αχρήστευση του πλαισίου. Ένα σκιασμένο στοιχείο, συμπεριφέρεται κατά βάση όπως η απλή δίοδος p-n, η οποία, όταν το κύκλωμα είναι κλειστό, δέχεται από τα υπόλοιπα υγιή φωτοβολταϊκά στοιχεία μία υψηλή ανάστροφη τάση. Αν τα υπόλοιπα φωτιζόμενα στοιχεία του πλαισίου είναι μεγάλου αριθμού, αυτή η τάση μπορεί να φτάσει την τάση διάσπασης της σκιασμένης διόδου, προκαλώντας την καταστροφή της. Στην πράξη, για τα τυπικά φωτοβολταϊκά πλαίσια, το σκιασμένο στοιχείο λειτουργεί ως μία μεγάλη αντίσταση, όπου αποδίδεται η ενέργεια που προσφέρουν τα υπόλοιπα. Παρατεταμένος σκιασμός ενός στοιχείου σε συνδυασμό με έντονο φωτισμό των υπολοίπων μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του πλαισίου, επειδή δεν υπάρχει δυνατότητα αντικατάστασης ενός κατεστραμμένου στοιχείου. Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ως

φαινόμενο Hot Spot (κατάσταση “θερμής κηλίδας”). Για να αποτραπεί μία τέτοια εξέλιξη, το φωτοβολταϊκό πλαίσιο εφοδιάζεται με διόδους (δίοδοι παράκαμψης), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σε τμήματα των κυττάρων που είναι συνδεδεμένα σε σειρά, επιτρέποντας έτσι την χρησιμοποίηση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, ακόμα και αν κάποιο φωτοβολταϊκό στοιχείο του υστερεί ή καταστραφεί. Ο συγκεκριμένος παράγοντας θα αναλυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο .

## • Η θερμοκρασία

Συγκεκριμένα με την αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται αντίστοιχη αύξηση της ενδογενούς συγκέντρωσης των φορέων του ημιαγωγού, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται περισσότερες επανασυνδέσεις φορέων. Έτσι, εκδηλώνεται ισχυρό ρεύμα διαρροής διαμέσου της διόδου, που συνεπάγεται μείωση της Voc και του FF. Παράλληλα μειώνεται και η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου (βλέπε [4]).

Χαρακτηριστική  $\eta$ -T 1 : Τυπική καμπύλη της μεταβολής της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία τους



Σχήμα 1.5

- **Ο άνεμος**

Η ταχύτητα του ανέμου, μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της θερμοκρασίας του στοιχείου καθότι μεγάλες ταχύτητες, έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Όταν οι άνεμοι είναι βόρειοι είναι συνήθως κρύοι, με αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά να λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αυτές που θα λειτουργούσαν εάν υπήρχε άπνοια, υπό τα ίδια ποσοστά της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Αντίθετα συμβαίνει για θερμούς ανέμους .

- **Η ρύπανση**

Η ηλεκτροπαραγωγή των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί να μειωθεί από ρύπανση της επιφάνειάς τους, από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού, αλατιού από τη θάλασσα, εντόμων και άλλων ακαθαρσιών. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στη γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή να την ξεπλύνει αρκετά. Στις περιπτώσεις αυτές χρειάζεται να γίνεται περιοδικός καθαρισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων με απορρυπαντικό. Πάντως, σε περιοχές με συχνές χιονοπτώσεις ή ανεμοθύελλες, οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως με κλίση 90ο (κάθετοι) για την αποφυγή συσσώρευσης χιονιού, ή τουλάχιστον 45ο για να μην συγκρατείται η σκόνη. Όταν η φωτοβολταϊκή γεννήτρια βρίσκεται σε μία περιοχή που εκτιμάμε ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι σημαντικός, είναι σκόπιμο να προβλέπεται στους υπολογισμούς μας η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας  $s_r$ , ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνειά του είναι εντελώς καθαρή. Η τιμή του  $s_r$  είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, όσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ. .

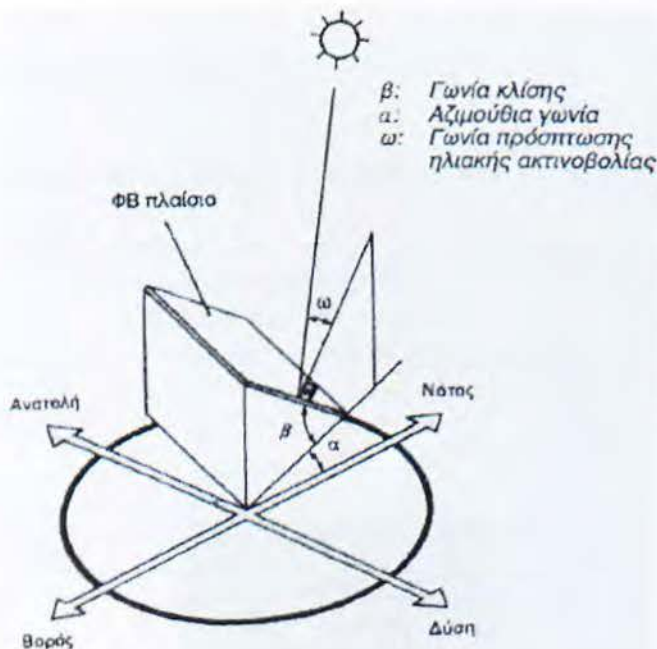


- **Οι ηλεκτρικές απώλειες**

Πέρα από τους παραπάνω παράγοντες , πρέπει κατά το σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, να προνοήσουμε για τις ηλεκτρικές απώλειες στους αγωγούς που συνδέουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια στις συστοιχίες, καθώς και τις συνδέσεις τους με άλλα μέρη του συστήματος, όπως διατάξεις ρύθμισης, προστασίας και ελέγχου, συσσωρευτές, μετατροπείς κλπ. Επομένως, κατά τον υπολογισμό της απαιτούμενης επιφάνειας των φωτοβολταϊκών ενός συστήματος, πρέπει να γίνεται πρόβλεψη, ανάλογα με την περίπτωση και για την κάλυψη όλων αυτών των απωλειών, που μπορεί να είναι της τάξης περίπου του 30% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ή και περισσότερο .

- **Προσανατολισμός του συλλέκτη**

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία κάθε συστήματος που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια είναι ο προσανατολισμός του ηλιακού συλλέκτη σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως η θέση του ήλιου στον ουρανό, έτσι και ο προσανατολισμός ενός επίπεδου στην επιφάνεια της γης περιγράφεται από δύο γωνίες : την κλίση και την αζιμούθια γωνία. Η κλίση του συλλέκτη ( $\beta$ ) είναι η διέδρη γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο του συλλέκτη και στον ορίζοντα και μπορεί να πάρει τιμές από 0ο μέχρι 180ο. Προφανώς, η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας, πάνω σε ένα επίπεδο συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς τη κατεύθυνση της ακτινοβολίας, δηλαδή όταν η γωνία πρόσπτωσης ( $\theta$ ) είναι 0 (βλέπε [4]).



Σχήμα 1.6

## 1.5 Φωτοβολταϊκά συστήματα

### 1.5.1 Τύποι φωτοβολταϊκών πλαϊσίων

#### **Μονοκρυσταλλικού Πυριτίου πλαίσινα**

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.



**Εικόνα 1.2**

#### **Πολυκρυσταλλικού Πυριτίου πλαίσινα**

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%.



**Εικόνα 1.3**

## **Αμορφου Πυριτίου πλαίσια**

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.



**Εικόνα 1.4**

## **Υβριδικά φωτοβολταϊκά πλαίσια**

Τα υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι η υψηλή απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες, η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία και το χαμηλό κόστος (βλέπε [5]).

### 1.5.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ΦΒ συστημάτων

**Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:**

1. Τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον: δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Η ηλιακή ενέργεια είναι ανεξάντλητη ενεργειακή πηγή, διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα
3. Με την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή, κοντά στους αντίστοιχους καταναλωτές ενέργειας, τα Φ/Β συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς να απαιτείται ενίσχυση του δικτύου διανομής
4. Η λειτουργία του συστήματος είναι ολοσχερώς αθόρυβη
5. Έχουν σχεδόν μηδενικές απαιτήσεις συντήρησης
6. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα «κρύσταλλα» για 20-30 χρόνια λειτουργίας
7. Υπάρχει πάντα η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
8. Μπορούν να εγκατασταθούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευές, όπως είναι π.χ. η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου,
9. Διαθέτουν ευελιξία στις εφαρμογές: τα Φ/Β συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, ένα μεγάλο πλεονέκτημα του Φ/Β συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον τη δυνατότητα στον χρήστη να πωλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου, όπως ήδη γίνεται στο Φράμπουργκ της Γερμανίας.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το κόστος τους, το οποίο, παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 4000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (kW) ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 έως 3,5 κιλοβάτ, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό, ωστόσο, μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα είναι πολλά, και το ευρύ κοινό έχει αρχίσει να στρέφεται όλο και πιο πολύ στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στα φωτοβολταϊκά ειδικότερα, για την κάλυψη ή την συμπλήρωση των ενεργειακών του αναγκών (βλέπε[5]).

### 1.5.3 Κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα ΦΒ συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλο εύρος εφαρμογών με κριτήριο την απαίτηση ισχύος (βλέπε [5]). Το εύρος αυτό αναφέρεται στην κάλυψη ηλεκτρικής ισχύος καταναλωτικών προϊόντων χαμηλής ισχύος, όπως αριθμομηχανές και ωρολόγια, έως συστήματα μεγάλης ισχύος όπως της τροφοδοσίας απομακρυσμένων ή όχι από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα κτιριακών συγκροτημάτων ή νησιών. Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των ΦΒ συστημάτων σε δύο βασικές κατηγορίες οι οποίες είναι:

1. Απομονωμένα ή εκτός δικτύου ΦΒ συστήματα (Stand-alone - Off grid).
2. Συστήματα συνδεδεμένα σε δίκτυο (On-grid).

#### **Απομονωμένα ΦΒ συστήματα**

Τα απομονωμένα συστήματα δεν είναι συνδεδεμένα σε κάποιο εθνικό ή τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γι' αυτό ονομάζονται επίσης και ΦΒ συστήματα εκτός δικτύου (off-grid). Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που χρειάζεται ηλεκτρική ισχύς σε κάποιο σημείο όπου είναι αδύνατη η μεταφορά ενέργειας ή αν υπάρχει η επιθυμία πλήρους αυτονομίας ηλεκτρικής ενέργειας από κάποιο δίκτυο και έχουν τυπικές τιμές ισχύος 100 Wp έως 200 kWp.

Διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

1. Αυτόνομα ΦΒ συστήματα
2. Υβριδικά ΦΒ συστήματα

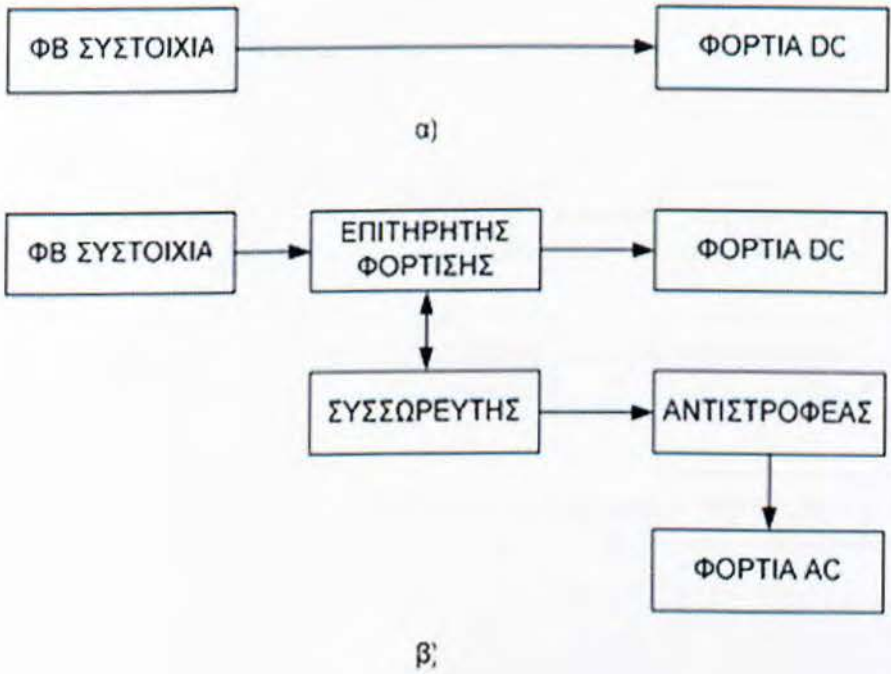
#### **Αυτόνομα ΦΒ συστήματα**

Στα αυτόνομα ΦΒ συστήματα η αναγκαία ηλεκτρική ενέργεια παράγεται αποκλειστικά από ΦΒ συστοιχίες. Η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι άμεση στους καταναλωτές ή μέσω συσσωρευτών. Επίσης, η αποδομένη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να είναι συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενης τάσης (AC). Σύμφωνα με τα παραπάνω υπάρχει διάκριση των αυτόνομων συστημάτων ως εξής:

- Άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου (Direct-coupled). Στα συγκεκριμένα συστήματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται απευθείας στο φορτίο και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές στις οποίες δεν απαιτείται τακτική λειτουργία του συστήματος καθώς και σε φορτία συνεχούς ρεύματος (σχ. 1.7.α.).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα συστήματα άντλησης νερού.

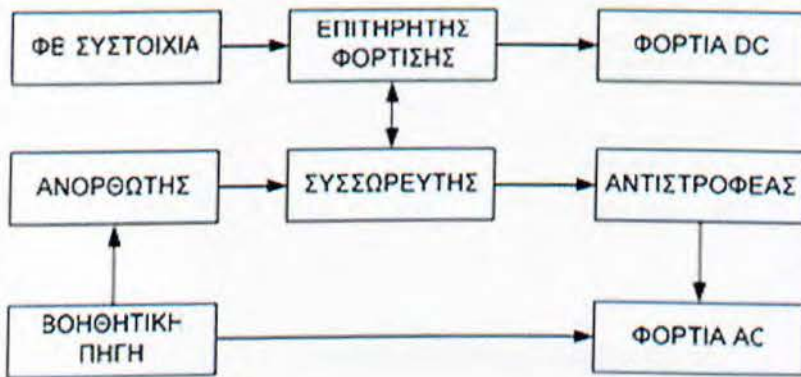
- Με αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Σχεδιάζονται σύμφωνα με τις επιθυμητές μέρες αυτονομίας πράγμα το οποίο καθορίζει το μέγεθος των συσσωρευτών (σχ. 1.7.β). Χαρακτηριστικές εφαρμογές αποτελούν τα ΦΒ συστήματα τροφοδοσίας φωτισμού οδών, διατάξεων πυρανίχνευσης δασικών εκτάσεων, τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού σε δύσβατες περιοχές, τροχόσπιτων και φάρων σε θαλάσσιες περιοχές.



Σχήμα 1.7 Αυτόνομο ΦΒ σύστημα α) άμεσης τροφοδοσίας του φορτίου και β) με αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

## Υβριδικά ΦΒ συστήματα

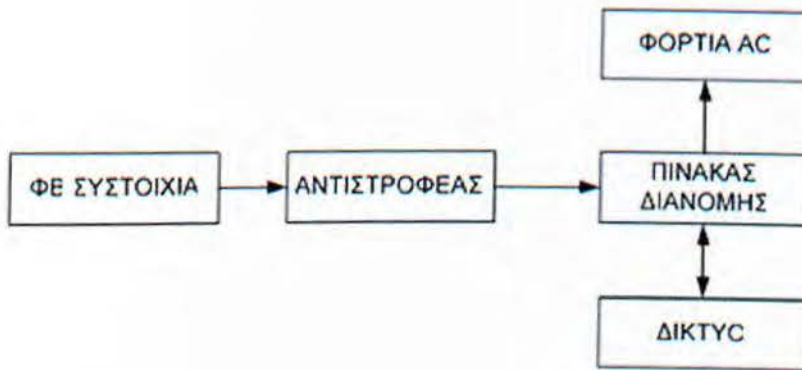
Όταν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια δεν καλύπτεται από την ΦΒ συστοιχία σε αυτόνομα ΦΒ συστήματα τότε χρησιμοποιείται ο συνδυασμός της με κάποια άλλη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι πηγές μπορεί να είναι συμβατικών καυσίμων ή από Α.Π.Ε. Κυρίως χρησιμοποιούνται ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος ή ανεμογεννήτριες αντίστοιχα. Συχνά στα συστήματα αυτά προβλέπεται αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν εφαρμογές στις οποίες υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας σε σχέση με αυτά που προαναφέρθηκαν παραπάνω όπως Ιερές Μονές και εξοχικές κατοικίες.



Σχήμα 1.8 Υβριδικό ΦΒ σύστημα.

## ΦΒ συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο

Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο ΦΒ συστήματα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ισχύος των εγκατεστημένων ΦΒ συστημάτων. Τα συγκεκριμένα ΦΒ συστήματα είναι συνδεδεμένα σε κάποιο δίκτυο ηλεκτρικής παροχής αντλώντας από αυτό την ηλεκτρική ισχύ την οποία δεν μπορούν να καλύψουν καθιστώντας μη απαραίτητη την αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (σχ. 1.9). Επίσης, μπορούν να συνιστούν μεγάλης ισχύος κεντρικούς ΦΒ σταθμούς με ισχύ μεγαλύτερη των 50kWp, η οποία διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο (Centralized systems), ή να είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο ως καταναμημένα συστήματα (Distributed).

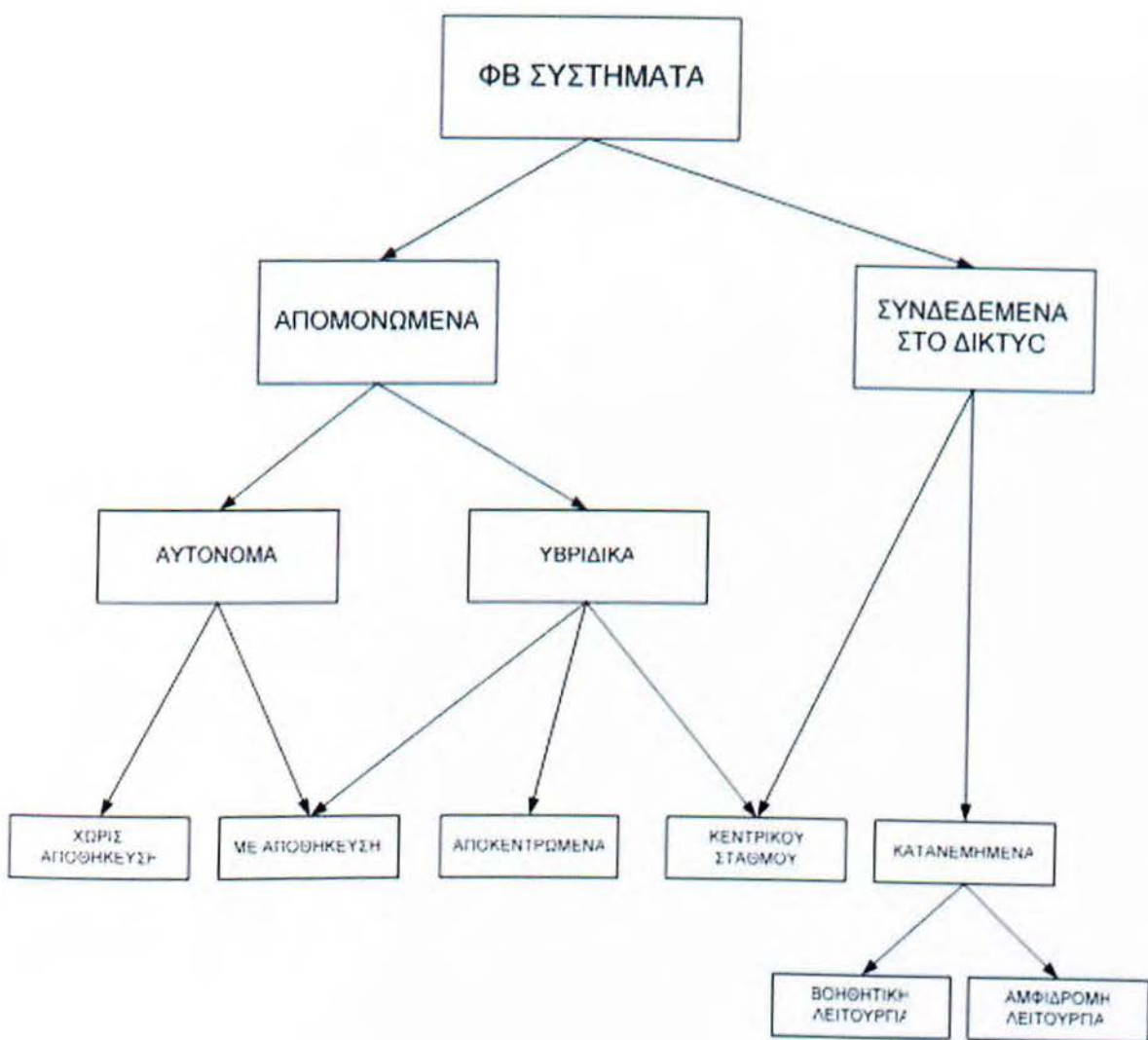


Σχήμα 1.9 ΦΒ σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο

Τα καταναμημένα συστήματα αποτελούν τα μεγαλύτερα ποσοστά των παγκοσμίως συνδεδεμένων στο δίκτυο ΦΒ συστημάτων με τυπικό μέγεθος 1,5 kWp έως 20 kW. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης τους με το δίκτυο:

- ΦΒ συστήματα που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας. Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει τις μέσες μηνιαίες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Στις περιπτώσεις έκτακτης ενεργειακής ζήτησης ή αστοχίας του ΦΒ συστήματος το δίκτυο καλύπτει την ζήτηση ισχύος.
- ΦΒ συστήματα τα οποία λειτουργούν με συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο. Το σύστημα σχεδιάζεται έτσι ώστε να καλύπτει τις ετήσιες ενεργειακές απαιτήσεις της εφαρμογής. Σύμφωνα με το παραπάνω, στην ιδανική περίπτωση, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση ή μεγαλύτερη με την ενέργεια του δικτύου προς την εφαρμογή. Χαρακτηριστική εφαρμογή αποτελεί η ενσωμάτωση ΦΒ συστημάτων σε κατοικίες και κτίρια η μελέτη της οποίας αποτελεί το αντικείμενο της παρούσας εργασίας (βλέπε [5]).





**Σχήμα 1.10 Κατηγορίες ΦΒ Συστημάτων.**

## 1.6 Ιστορική αναδρομή

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 (βλέπε [W4]).



**Edmond Becquerel**

Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1876 όταν οι Adams (1836 - 1915) και ο φοιτητής του Day παρατήρησαν ότι μια ποσότητα ηλεκτρικού ρεύματος παραγόταν από το σελήνιο (Se) όταν αυτό ήταν εκτεθειμένο στο φως.



W. G. & Co. Boston, U.S.A.

**Adams**

Το 1918 ο Πολωνός Czochralski (1885 - 1953) πρόσθεσε την μέθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Si) με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα



**Czochralski**

Μια σημαντική ανακάλυψη έγινε επίσης το 1949 όταν οι Mott και Schottky ανέπτυξαν την θεωρία της διόδου σταθερής κατάστασης. Στο μεταξύ η κβαντική θεωρία είχε ξεδιπλωθεί. Ο δρόμος πλέον για τις πρώτες πρακτικές εφαρμογές είχε ανοίξει. Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα πρώτα σημαντικά φωτοβολταϊκά συστήματα, Εξέλιξη στις τιμές και κόστος Τέσσερα χρόνια μετά, το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I.



**Εικόνα 1.5**

### **Δορυφόρος Vanguard**

Το σύστημα αυτό λειτούργησε επιτυχώς για 8 ολόκληρα χρόνια και ήταν ένα από τα πρώτα φωτοβολταϊκά συστήματα.

Από το χρονικό αυτό σημείο και μετά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα άρχισαν να ενσωματώνονται σταδιακά σε διάφορες εφαρμογές και η τεχνολογία να βελτιώνεται συνεχώς.

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

Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν λοιπόν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των ΦΒ συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA.

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. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα 50\$/Watt.

Η πρώτη εγκατάσταση PV 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\$.

Το 1999 η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το NREL αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32,3%!!!. Το στοιχείο αυτό είναι συνδυασμός τριών υλικών (στρώσεων) και ειδικό για εφαρμογές σε συγκεντρωτικά συστήματα CPV. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των ΦΒ πάνελ φτάνει συνολικά τα 200 MegaWatt.

2004: Η πορεία πια είναι ασταμάτητη. Η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των ΦΒ φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6,5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή ΦΒ πάνελ και πλέον σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή ΦΒ εγκαταστάσεων), να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MegaWatt ΦΒ στοιχείων ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα 6.500.000.000\$.

Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Ήδη βέβαια οι χώρες αυτές έχουν αρχίσει και απολαμβάνουν τους καρπούς της εξελιγμένης τεχνολογίας τους.

### **Τα φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα**

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 ιδιαίτερα ελκυστικά για τους υποψήφιους επενδυτές.

Επίσης, πέρα από τις επενδύσεις σε διασυνδεδεμένα συστήματα μια άλλη αγορά ΦΒ που αναπτύσσεται είναι αυτή των αυτόνομων συστημάτων, αφού η τιμή της φωτοβολταϊκής κιλοβατώρας πλέον ανταγωνίζεται με αξιώσεις αυτήν του πετρελαίου και μάλιστα παρουσιάζει και αρκετά πλεονεκτήματα έναντι αυτής. Τα περισσότερα αυτόνομα συστήματα προς το παρόν βρίσκονται στο Άγιο Όρος, αλλά πλέον υπάρχουν πολλές ΦΒ εγκαταστάσεις σε εξοχικές κατοικίες, απομακρυσμένους τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, φάρους, κτηνοτροφικές μονάδες κλπ.

## Το μέλλον των φωτοβολταϊκών

Πολλοί παρόλα αυτά κρίνουν ότι η διείσδυση των φωτοβολταϊκών έγινε με πολύ αργό ρυθμό παίρνοντας μάλιστα αφορμή από τον εκρηκτικό τρόπο που εξελίχθηκε μια άλλη βιομηχανία ημιαγωγών υλικών, αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Αυτή η καθυστέρηση οφείλεται κυρίως στις τεχνικές (και οικονομικές) δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι κατασκευαστές στην παραγωγική διαδικασία κατά την προσπάθεια τους να δημιουργήσουν καθαρά ημιαγωγά υλικά (κρυσταλλικό πυρίτιο).

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα ο όγκος του απαιτούμενου υλικού (κρυσταλλικού πυριτίου) είναι πολύ μεγάλος και η παραγωγή του είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος. Επίσης απαιτούνται υπέρογκα κεφάλαια για το κόστος του εξοπλισμού αλλά και της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την παραγωγική διαδικασία.

Για τον λόγο αυτό άλλωστε η τάση που φαίνεται ότι θα καταλάβει ένα μεγάλο μερίδιο στην αγορά των φωτοβολταϊκών μετά από κάποια χρόνια (σε σχέση με αυτό που έχει σήμερα) είναι οι τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film) στις οποίες επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του απαιτούμενου όγκου πυριτίου (ή των άλλων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται) και συνεπώς μείωση στις τιμές των φωτοβολταϊκών.

Σε καμία περίπτωση πάντως δεν πρόκειται να αμφισβητηθούν τα πρωτεία των τεχνολογιών κρυσταλλικού πυριτίου. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ - δολάρια - γεν και γιουάν, που έχουν επενδυθεί παγκοσμίως για την κατασκευή εργοστασίων παραγωγής:

Πολυπυριτίου (polysilicon)

Ράβδων (μονοκρυσταλλικού και πολυκρυσταλλικού πυριτίου (solar ingot)

Φωτοβολταϊκών στοιχείων (solar wafers)

Φωτοβολταϊκών κυψελών (solar cells) και φωτοβολταϊκών πλαισίων (solar panels - modules) ή αλλιώς (πανέλων - τζαμιών - καθρεπτών κλπ) (βλέπε [W6]).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2.1 Μελέτη της κατασκευής Solar trackers



**Εικόνα 2.1**

Ολοένα και πιο ανταγωνιστικό τείνει να γίνει το επενδυτικό περιβάλλον στον τομέα των φωτοβολταϊκών λόγω της αναμενόμενης μείωσης των τιμών απορρόφησης του «πράσινου» ρεύματος, γεγονός που καθιστά επιτακτικότερη την ανάγκη αναζήτησης της βέλτιστης λύσης από τους επενδυτές, η οποία θα αποφέρει τη μέγιστη δυνατή ενεργειακή και, κατ' επέκταση, οικονομική απόδοση. Επιλέγοντας σύγχρονους τρόπους εγκατάστασης ο επενδυτής φωτοβολταϊκών μπορεί να έχει μέχρι και 40% παραπάνω απόδοση.

Τα συστήματα «ιχνηλάτησης του ήλιου» είναι γνωστά στην αγορά ως “solar trackers” και παρακολουθούν την τροχιά του ήλιου, έτσι ώστε κάθε στιγμή η θέση του Φ/Β να οδηγεί σε μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.

Ένας ηλιοστάτης αποτελεί μια μηχανολογική διάταξη που παρακολουθεί την πορεία του ήλιου στον ουρανό. Η θέση του ήλιου στον ουρανό ποικίλει ανάλογα με την ώρα της ημέρας, όπως επίσης και με τις εποχές. Η παρακολούθηση της τροχιάς του μπορεί να βελτιώσει σημαντικά το ποσό της συνολικά παραγόμενης ηλιακής ενέργειας, καθώς και το ποσό της ενέργειας που παράγεται κατά τις κρίσιμες περιόδους ζήτησης του συστήματος. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, η παραγωγή ηλιακής ενέργειας από σταθερές εγκαταστάσεις είναι πολύ μικρότερη έναντι των ηλιοστατών λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας της μέρας.

Συγκριτικά με τις σταθερές βάσεις, τα συστήματα ιχνηλάτησης παρουσιάζουν μέχρι και 40% μεγαλύτερη απόδοση, κάτι το οποίο καθιστά πλεονεκτική μια τέτοια επένδυση όσον αφορά την οικονομική απόδοση σε βάθος χρόνου. Το παραπάνω ποσοστό βασίζεται σε μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε λειτουργία για διάστημα μεγαλύτερο του ενός έτους.

Οι συσκευές που αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια αποδίδουν καλύτερα όταν είναι κατάλληλα προσανατολισμένες προς τον ήλιο, και συνεπώς οι ηλιοστάτες μπορούν να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα και την παραγωγικότητα αυτών των συσκευών έναντι οποιασδήποτε σταθερής εγκατάστασης. Η πολυπλοκότητα του συστήματος βέβαια, ανεβάζει το κόστος της εγκατάστασης, ωστόσο αυτό αντισταθμίζεται από την επιπλέον παραγωγή ηλιακής ενέργειας.

Συνυπολογίζοντας δε ,το κόστος κτήσης, το κόστος συντήρησης, και το κόστος λειτουργίας με την ενεργειακή απόδοση, η εγκατάσταση ενός πραγματικά σύγχρονου συστήματος solar tracker είναι κατά πολύ επικερδέστερη της εγκατάστασης ενός συστήματος «παλαιού τύπου», δηλαδή με σταθερή βάση.

## 2.2 Η εύρεση του μεγίστου της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας

Η λειτουργία του αλγορίθμου εύρεσης του μεγίστου της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στον ουρανό βασίζεται σε μια τεχνική μερικής σάρωσης του ουρανού σε δύο άξονες, τους άξονες κίνησης των μοτέρ του solar tracker. Πρόκειται για την οριζόντια αζιμουθιακή κίνηση (θα αναφέρεται στο εξής ως κίνηση West/East δηλαδή Δύση/Ανατολή) και την ζενιθιακή κίνηση, γνωστή και ως ανύψωση (θα αναφερόμαι στο εξής σε αυτήν ως κίνηση Up/Down, δηλαδή Πάνω/Κάτω). Αυτό το πρόβλημα εύρεσης του μεγίστου είναι κυρτό, δυο μεταβλητών. Η κυρτότητα είναι προφανής λόγω της φύσης του γεωμετρικού προβλήματος και συνεπώς η εύρεση του μεγίστου ταυτίζεται με το πρόβλημα εύρεσης τοπικού μεγίστου (στα κυρτά προβλήματα το τοπικό ακρότατο είναι και ολικό). Επίσης λόγω της κυρτότητας μπορούμε να αναλύσουμε την αναζήτηση μεγίστου σε δυο βήματα :

- 1) Αναζήτηση και εύρεση του μεγίστου στον άξονα West/East (ορίζεται ως max\_we)
- 2) Αναζήτηση και εύρεση του μεγίστου του max\_we στον άξονα Up/Down (ορίζεται ως max\_ud)

Η θεωρία των κυρτών προβλημάτων αναζήτησης ακρότατων μας εξασφαλίζει ότι (βλέπε [3]) :

$$\max_{\text{total}} = \max_{\text{ud}} = \max(\max_{\text{we}})$$

Δηλαδή ότι ο προσανατολισμός της μέγιστης ακτινοβολίας μπορεί να βρεθεί αν κινούμενοι αζιμουθιακά (με σταθερή ανύψωση) για κάποια γωνία ανύψωσης εντοπίσουμε το αρχικό μέγιστο, σταματήσουμε σε αυτό και κατόπιν κινηθούμε ζενιθιακά (πάνω-κάτω) μέχρι να βρούμε το μέγιστο του μεγίστου. Έτσι λοιπόν έχει λυθεί από μαθηματικής σκοπιάς η εύρεση του βέλτιστου προσανατολισμού του πάνελ και αρκεί να υλοποιηθεί ο βασικός αλγόριθμος που να συγκλίνει σε αυτόν.

### 2.3 Κατασκευή

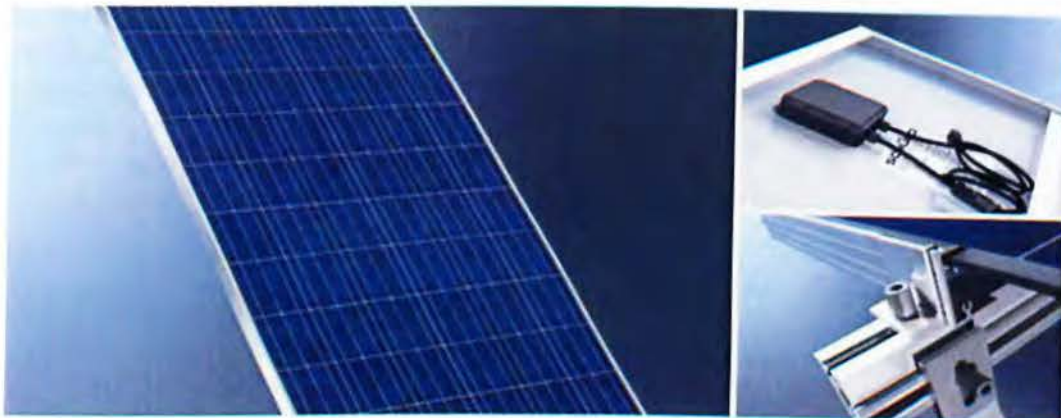
Μέχρι στιγμής έχουμε δει τα βασικά θεωρητικά στοιχεία που χρειάζονται για την κατασκευή του solar tracker. Το πρόβλημα από την ένταση της ακτινοβολίας ανήχθη στον έλεγχο της τάσης του φορτίου, η κατάλληλη τιμή του οποίου και υπολογίστηκε. Ήρθε η ώρα λοιπόν να προχωρήσουμε στην ανάλυση του υπό σχεδίαση συστήματος που υλοποιεί την τεχνική solar tracking και να δούμε τις προδιαγραφές που πληρεί η λειτουργία του.

**Η κατασκευή αποτελείται από τα εξής μέρη :**

- Αισθητήρες μέτρησης ηλιοφάνειας, ανέμου και αφάλειας solar tracker
- Τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- Την κατασκευή των μηχανικών συνδέσεων και στηρίξεων
- Τους ηλεκτρικούς συνδετήρες (φίς , κροκοδείλους) και τα καλώδια συνδέσεων των διαφόρων υποσυστημάτων και τα μοτέρ κίνησης (σε μια κατασκευή με δυο μοτέρ).
- Τον μετατροπέα (inverter ).
- Σύστημα τηλεμετρίας και επικοινωνίας.



### 2.3.1 ΦΒ πάνελ



**Εικόνα 2.2**

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πάνελ είναι μια δύσκολη περίπτωση καθώς στην αγορά υπάρχουν πάρα πολλές κατασκευάστριες εταιρίες. Οι εταιρίες αυτές διαφέρουν στην ποιότητα κατασκευής, στον τύπο πάνελ και σε μέγεθος ισχύος. Αυτές οι παράμετροι παίζουν σημαντικό ρόλο για την επένδυση γιατί είναι η πιο σημαντική μονάδα καθώς είναι η "γεννήτρια" από την οποία παράγουμε ρεύμα.

Η Schüco είναι μια από τις ηγετικές εταιρείες παραγωγής φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στην Ευρώπη. Η τεχνογνωσία μας στην κατασκευή ενοποιημένων φωτοβολταϊκών είναι μοναδική παγκοσμίως (βλέπε [W3]).

#### **Φ/Β πλαίσια υψηλής ποιότητας**

Τα Schüco Φ/Β πλαίσια MPE της σειράς PS 04 χαρακτηρίζονται από πολυκρυσταλλικές κυψέλες με υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Με τρεις αγωγούς σύνδεσης ανεβαίνει ο βαθμός απόδοσης ακόμα περισσότερο, έτσι ώστε να επιτυγχάνονται οι μεγαλύτερες δυνατές αποδόσεις. Λόγω της αποκλειστικά θετικής απόκλισης ισχύος +5/-0%, η ονομαστική ισχύς μετά την κατασκευή εξασφαλίζεται ή υπερκαλύπτεται.

#### **Εκτενής εγγύηση**

Η εκτενής εγγύηση προϊόντος ανέρχεται σε δέκα χρόνια. Η εγγύηση ισχύος είναι ακόμη πιο διευρυμένη - η Schüco εγγυάται ότι τα Φ/Β πλαίσια MPE της σειράς PS 04 θα διατηρήσουν, κάτω από τις Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών, τουλάχιστον το 80% της ονομαστικής ισχύος τους εντός 25 ετών. Κάθε πλαίσιο κατασκευάζεται με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς ποιότητας.

#### **Βέλτιστη σήμανση**

Μετά την κατασκευή, κάθε πλαίσιο υπόκειται σε οπτικό και ηλεκτρικό έλεγχο ποιότητας. Τα χαρακτηριστικά που μετρήθηκαν αναγράφονται στην πίσω πλευρά του πλαισίου και στη συσκευασία. Έτσι, κατά την τοποθέτηση, μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα και αποτελεσματικά ομοιογενή πεδία πλαισίων.

## Υψηλή ασφάλεια λειτουργίας

Τα Schüco Φ/Β πλαίσια MPE της σειράς PS 04 φέρουν στην πίσω πλευρά ένα κιβώτιο σύνδεσης, το οποίο είναι εξοπλισμένο με τρεις διόδους bypass. Αυτές αποτρέπουν την υπερθέρμανση μεμονωμένων Φ/Β κυψελών (Hot-Spot-Effect). Έτσι εξασφαλίζεται συνολικά η αξιόπιστη λειτουργία του Φ/Β πεδίου και των αντιστροφών. Το κιβώτιο σύνδεσης, τα ηλιακά καλώδια και οι σύνδεσμοι είναι υψηλής ποιότητας και πιστοποιημένα και ως μεμονωμένα εξαρτήματα (βλέπε [W3]).

Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	
Στοιχεία ισχύος (εκτός NOCT) κάτω από Πρότυπες Συνθήκες Δοκιμών (STC) <sup>1)</sup> :	MPE 240 PS 04
Ονομαστική ισχύς ( $P_{mpo}$ )	240 W <sub>p</sub>
Απόκλιση ονομαστικής ισχύος ( $\Delta P_{mpo}$ )	+5%/-0 %
Εγγυημένη ελάχιστη ισχύς ( $P_{mpo\ min}$ )	240 W <sub>o</sub>
Ονομαστική τάση ( $U_{mpo}$ )	30,40 V
Ονομαστικό ρεύμα ( $I_{mpo}$ )	7,91 A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος ( $U_{oc}$ )	37,00 V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης ( $I_{sc}$ )	8,61 A
Βαθμός απόδοσης κυψέλης	17,1 %
Βαθμός απόδοσης πλαισίου	14,9 %
Συντελεστής θερμοκρασίας $\alpha$ ( $P_{mpo}$ )	-0,45 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας $\beta$ ( $I_{sc}$ )	+0,06 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας $\chi$ ( $U_{oc}$ )	-0,35 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας $\delta$ ( $I_{mpo}$ )	+0,06 %/°C
Συντελεστής θερμοκρασίας $\epsilon$ ( $U_{mpo}$ )	-0,35 %/°C
Normal Operating Cell Temperature (NOCT) <sup>2)</sup>	45 °C ( $\pm 2$ °C)
Μέγιστη επιτρεπτή τάση συστήματος	1.000 V
Αριθμός κυψελών	60 (6 x10)
Μέγεθος κυψέλης	156 x 156 mm

**Πίνακας 2.1**

1) Ένταση ακτινοβολίας 1.000 W/m<sup>2</sup>, Air Mass 1,5, θερμοκρασία κυψέλης 25°C. Τα φ/β πλαίσια εμφανίζουν μείωση στις τιμές των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών. Κατά την έναρξη λειτουργίας αυτό συμβαίνει σε φθίνουσα κλίμακα και αργότερα εξελίσσεται γραμμικά.

2) Ένταση ακτινοβολίας 800 W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C, ταχύτητα ανέμου 1 m/s.

Μηχανικά χαρακτηριστικά	
Εξωτερικές διαστάσεις (Μ x Π x Χ)	1.639 x 983 x 42 mm
Πλαίσιο αλουμινίου	Ανοδιωμένο, ασημί (RAL 7035)
Εμπρόσθιος υαλοπίνακας	Υαλοπίνακας ασφαλείας μονός (ESG)
Βάρος	18 kg
Σύστημα σύνδεσης / διατομή ηλιακού καλωδίου	Schüco / 4 mm <sup>2</sup> (συμβατό με MC-T4)
Μήκος καλωδίωσης θετικό/αρνητικό	100 cm ± 5 cm / 100 cm ± 5 cm

**Πίνακας 2.2**

Πιστοποιήσεις και εγγυήσεις <sup>3)</sup>	
Κατηγορία ηλεκτρικής προστασίας	Κατηγορία προστασίας II
Προδιαγραφές προϊόντος	IEC 61215, EN 61730
Δοκιμασμένη αντοχή σε φορτίο χιονιού και ανέμου	έως και 5,4 kN/m <sup>2</sup>
Εκτενής εγγύηση προϊόντος	10 χρόνια
Εγγύηση ισχύος στο 90% $P_{\text{nom min}}$	12 χρόνια
Εγγύηση ισχύος στο 80% $P_{\text{nom min}}$	25 χρόνια

**Πίνακας 2.3**

### 3) Βάση των όρων εγγύησης της Schüco International KG

Για το σύστημα θα χρειαστούν 15 πάνελ ισχύος 240 W που θα έχουν συνολική ισχύ ίση με 3.600 W και η σύνδεση του θα καθοριστεί από τον μετατροπέα ( inverter ) ανάλογα με τις τεχνικές προδιαγραφές του (βλέπε [W3]).

### 2.3.2 Βάσεις και στηρίξεις



Εικόνα 2.3

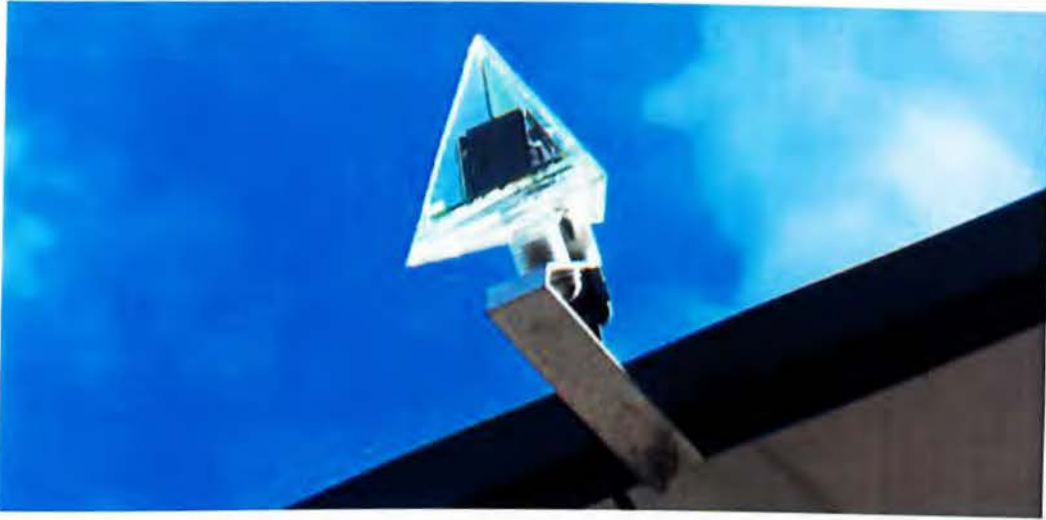
Στηρίξεις από αλουμίνιο, κατάλληλο για τον χρησιμοποιούμενο τύπο πάνελ, πατενταρισμένο σύστημα ελέγχου MLD (Maximum Light Detection) με DEGERconnecter, αισθητήρα χιονιού, σύστημα παρακολούθησης ανέμου, σχέδιο θεμελίου, οδηγία συναρμολόγησης. Τα συστήματα είναι σχεδιασμένα για να τις απαιτητικές αυτές παραμέτρους, παρασκευάζονται σε σειρές με ISO 9001-πιστοποιημένη. Φτιαγμένα υπό περιβαλλοντικά ενδεδειγμένες συνθήκες. Συστήματα DEGERtraker είναι πραγματικά 99,9% ανακυκλώσιμα. Σε σύγκριση με σταθερά συστήματα, το ποσό των ηλεκτρονικών απορριμμάτων μετά την ωφέλιμη διάρκεια ζωής είναι 40% χαμηλότερη (βλέπε [W1])..

Όνομ. ισχύς (ανάλ. με τον τύπο πάνελ)	4.000 ... 7.000 Wp
Επιφάνεια πάνελ έως και	53 m <sup>2</sup>   570 sqft
Μέγ. επιφάνεια πάνελ	10,05 m x 5,6 m   33 ft x 18,4 ft
Γωνία περιστροφής Ανατολή - Δύση	300°
Γωνία κατακόρυφης κλίσης πάνελ	20° ... 90°
Σύστημα ελέγχου	MLD
Τάση λειτουργίας	80 ... 265 VAC / 80 ... 380 VDC
Μετάδοση κίνησης Ανατολή-Δύση	Μηχανισμός στην κεφαλή μετ. κίν.
Μετ. κίν. κατακόρ. κλίσης πάνελ	1.100 mm ανύψωση
Κατανάλωση ενέργειας:	
Λειτουργία Control Mode	1 Watt
με μετ. κίν. σε λειτουργία περ.	15 Watt
Ίδια καταν. ρεύματος ανά έτος περ.	9 kWh
Μήκος ιστού	4 m ... 5,5 m   13,1 ft ... 18 ft
Μεγ. επιτρεπόμενη ταχύτητα ανέμου	130 ... 300* km/h   81 ... 186* mph
Βάρος (χωρίς ιστό)	1.000 kg   2.200 lbs
Υλικά	Χάλυβας, αλουμ., ανοξ. χάλυβας

Πίνακας 2.3

### 2.3.3 Αισθητήρες και κινητήρες

#### DEGERconecter (ηλιοφάνειας)



Εικόνα 2.3

#### Περιγραφή λειτουργίας του DEGERconecter

Δύο αισθητήρες στον DEGERconecter παρέχουν τιμές αναφοράς, οι οποίες αξιολογούνται από τη λογική συσκευή για να στρέφουν την επιφάνεια των στοιχείων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στο πίσω μέρος του DEGERconecter έχει τοποθετηθεί ένας τρίτος αισθητήρας, ο οποίος τα πρωινά αναλαμβάνει την επαναφορά της εγκατάστασης. Σε εξάρτηση από την ηλιακή ακτινοβολία ένας διαφορικός ενισχυτής επιτυγχάνει τη μετάβαση από τη λογαριθμική χαρακτηριστική καμπύλη στην περίπτωση δυνατής ακτινοβολίας στη γραμμική χαρακτηριστική καμπύλη με μικρά ρεύματα (διάχυτο φως). Στην εξάρτηση αυτή η λογική συσκευή αποκτά πολύ μεγαλύτερη αξία στη γραμμική χαρακτηριστική καμπύλη από ότι στη λογαριθμική. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακρίβειας στη ρύθμιση όταν η φωτεινότητα μειώνεται. Η διαφορική τάση φορτίζεται πρόσθετα με ένα ηλεκτρικό φορτίο, έτσι το όριο για τη διακοπή του ρεύματος τοποθετείται με τη δύση του ηλίου περίπου στα  $30 \text{ W/m}^2$ .

#### Η απεύθυνση της μετάδοσης κίνησης

Η μετάδοση της κίνησης κανονίζεται άμεσα και χωρίς άλλα εξαρτήματα από το κύκλωμα γέφυρας MOSFET που είναι ενσωματωμένο στον DEGERconecter. Η γέφυρα αυτή χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλές αντιστάσεις. Προς αποφυγή υπερφόρτωσης του κινητήρα καθώς και της δομής. Το σύστημα ελέγχου αξιολογεί τις τιμές αναφοράς από τους δύο ηλιακούς αισθητήρες για βρουν το πιο φωτεινό σημείο στον ουρανό, ενεργοποιώντας τον κινητήρα άμεσα. Κάθε προσανατολισμός είναι εφοδιασμένος με το δικό του αισθητήρα που αντιστοιχεί σε κινητήρα και τροφοδοτούνται μέσω των ηλιακών συλλεκτών (συνολικά κατανάλωση ενέργειας είναι πολύ 5W) (βλέπε [W1]).

## Περιοχή Εφαρμογής

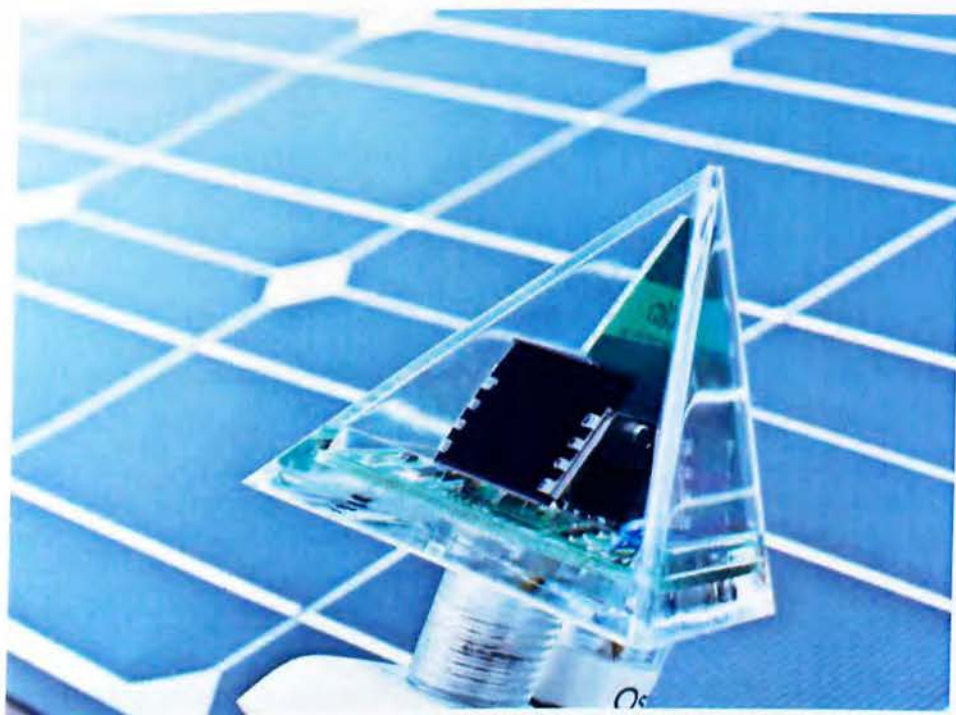
Η πατενταρισμένη τεχνολογία DEGERcontrolsystem με MLD (Maximum Light Detection) δίνει τη δυνατότητα να εφαρμόζουν ένα διπλό άξονα Degerenergie σύστημα εντοπισμού ήλιου και συνεπώς, να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση με την φωτοβολταϊκή σας εγκατάσταση.

## Τρόπος λειτουργίας

Το σύστημα ελέγχου DEGERconecter αναγνωρίζει το πιο φωτεινό σημείο στον ουρανό και στρέφει την επιφάνεια των στοιχείων στην κατάλληλη θέση. Ο μηχανισμός του DEGERtraker εξασφαλίζει ότι η επιφάνεια της μονάδας είναι τοποθετημένη με ακρίβεια για να λάβετε την μέγιστη δυνατή ηλιακή ακτινοβολία, ανά πάσα στιγμή όλο το χρόνο.

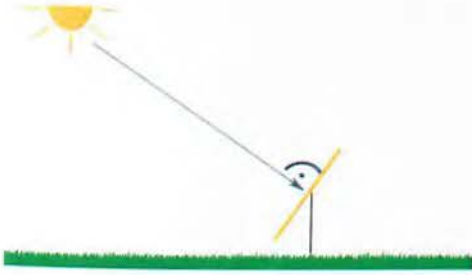
Αυτή η τεχνολογία είναι επίσης αποτελεσματική, ανεξάρτητα από το αν είναι θολό, βροχής και ομίχλης. Δηλαδή εάν έχει νέφωση αρχίζει να κινείται προς τη Δύση. Σε ένα αρχικά ηλιόλουστο απόγευμα, η επιφάνεια των στοιχείων θα γυρίσει πίσω προς την Ανατολή σε αντίστοιχη προσαρμογή για την ακτινοβολήση. Εάν η νεφοκάλυψη είναι στερεά και τετράγωνα από ολόκληρο τον ουρανό, η επιφάνεια των στοιχείων θα στραφεί προς την κατεύθυνση με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια για να κάνουν το καλύτερο, ακόμη και κακών καιρικών συνθηκών.

Ο αισθητήρας μετρά συνεχώς το φως του ήλιου το φως του ήλιου. Σε τιμή μικρότερη από  $100 \text{ W} / \text{m}^2$  ( $84 \text{ W} / \text{sq yard}$ ), π.χ. όταν ο καιρός είναι συννεφιασμένος ή κατά το σούρουπο, το DEGERtraker μετακινεί την περιοχή μονάδα σε οριζόντια θέση (βλέπε [W1])..



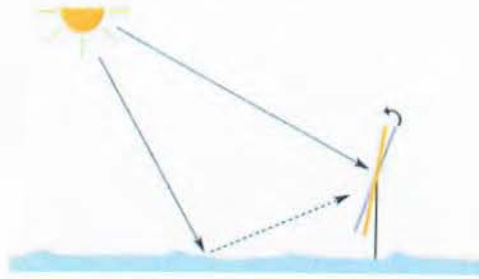
Εικόνα 2.4

Όταν έχουμε μέγιστη ηλιοφάνεια:  
ουρανό



Όταν υπάρχει χιόνι ή νερό σε

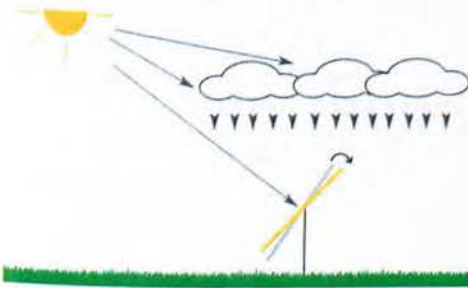
χωρίς σύννεφα:



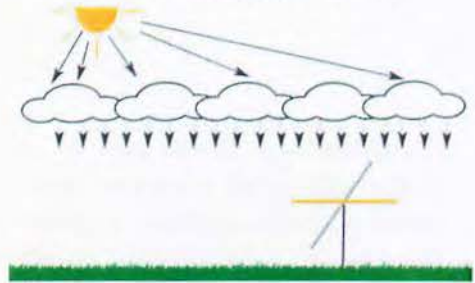
■ Αστρονομικός έλεγχος με PLC

■ Σύστημα ελέγχου  
DEGERconecter

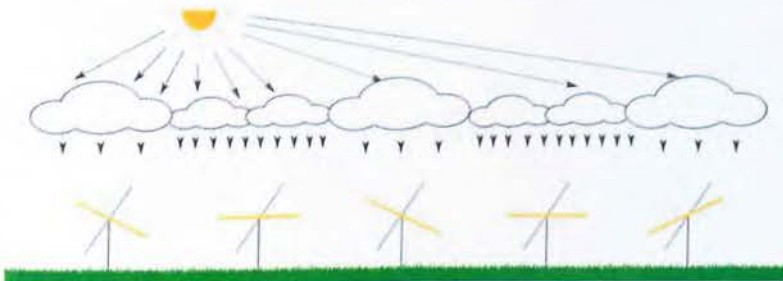
Ηλιόλουστη με λίγα σύννεφα:



Με ομοιόμορφη νέφωση:



Με νέφωση διαφορετικής πυκνότητας πάνω από πάρκο:



## Windguard (ανεμόμετρο)



**Εικόνα 2.5**

### **Windguard CCB:**

Η windguard πρέπει να τοποθετηθεί σε ένα σημείο εκτεθειμένο στους ανέμους, κοντά στο DEGERtraker πάνω από το ανώτερο άκρο της μονάδας. Μια εγκατάσταση στην επιφάνεια της μονάδας δεν επιτρέπεται.

### **Ρύθμιση της Windguard:**

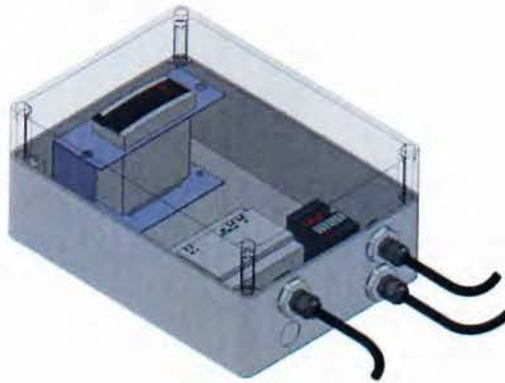
Το windguard έχει ορίσει την ανώτατη τιμή των 10 m / sec από το εργοστάσιο. Σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι αυτή η τιμή αυξημένη. Εάν παρατηρηθεί υπέρβαση αυτής της τιμής τότε ενεργοποιεί το σύστημα ώστε να πάρει οριζόντια στάση. Έτσι το σύστημα έχει όσο το δυνατό μικρότερη επιφάνεια και δεν επηρεάζεται από τους δυνατούς ανέμους.

### **Αλλαγή γραμμής στο Windguard:**

Γραμμές μέτρησης που να μην που παράλληλα με άλλες ηλεκτρικές γραμμές και πρέπει να προστατεύεται από το μήκος από 10 μέτρα (έως 30m). Δεν επιτρέπεται να συνδέσετε τη θωράκιση του καλωδίου στο GND (βλέπε [W1]).



## CCB(Central Control Box)



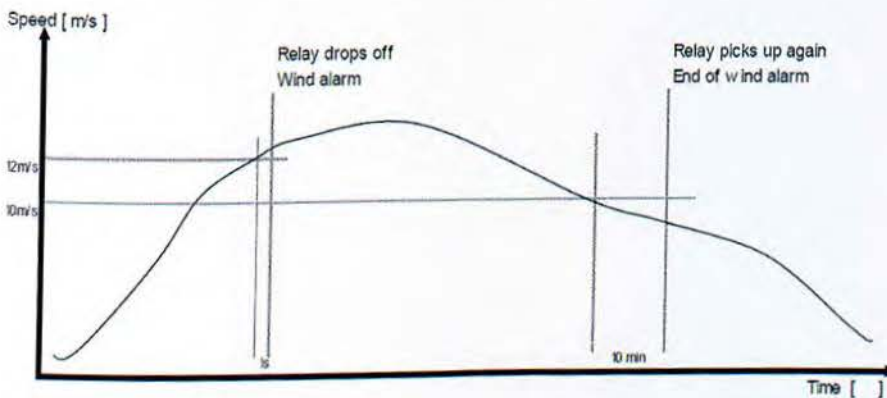
Εικόνα 2.5

### Λειτουργία

Είναι η μονάδα η οποία είναι υπεύνηνη για τις μετρήσεις του ανεμόμετρου. Γενικά ο τρόπος λειτουργίας σε περίπτωση συναγερμού ανέμου ή μήνυμα λάθους: Αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει την αξία του 12m / s, το LED W2 ανάβει και η 30-31 επαφή είναι κλειστή, LED ((o)) συναγερμού αναβοσβήνει γρήγορα.. Αν η ταχύτητα του ανέμου παραμένει μικρότερη από την εργοστάσιακη τιμή των 10m / s, συνεχώς για μια περίοδο 10 λεπτών, επαφή 30-31 ανοίγει εκ νέου το LED ((o)) συναγερμού και το LED W2 σβήνουν. Αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβαίνει τα 10m / s και πάλι πριν ανοίξει η επαφή, τα 10-λεπτά χρονοδιακόπτη ξεκινά εκ νέου (βλέπε [W1]).

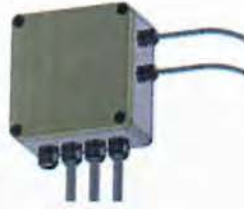
Terminal Block Designation	Function
L - N	Supply voltage - 100 - 240 V AC - 1.1 A
30 - 31	Wind alarm floating switching contact - max. 24 V DC - max. 1.5 A
+	- 24 V DC
-	- 0 V DC
35	Measurement input - 0 - 20 mA

Πίνακας 2.4



Σχήμα 2.1

## Μετατροπέας V

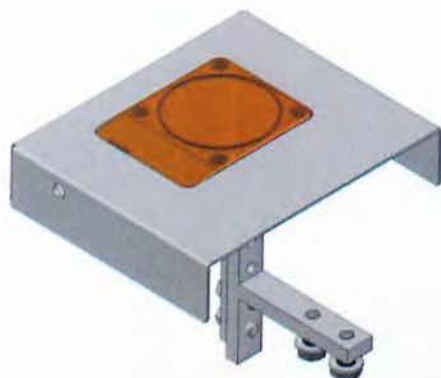


Εικόνα 2.6

### Το καθήκον του μετατροπέα ενέργειας

Στον μετατροπέα ενέργειας αξιοποιούνται τομείς με μεγάλο εύρος τιμών τάσης των ηλιακών στοιχείων, συστημάτων μπαταριών και του δικτύου για τον DEGERconecter. Επίσης γίνεται δυνατή η τροφοδοσία ρεύματος από τη ρύθμιση και τη μετάδοση της κίνησης και χωρίς μπαταρία στην άμεση σύνδεση με τα ηλιακά στοιχεία με ισχύ κάτω του ενός βατ. Με τα χαράματα ο DEGERconecter αναγνωρίζει το πιο φωτεινό σημείο στον ουρανό και θέλει να επαναφέρει την εγκατάσταση στην αρχική της ρύθμιση. Το στοιχείο για την τροφοδοσία ρεύματος της ρύθμισης αρχίζει τα χαράματα με μία παραγόμενη ισχύ των 0,01 βατ και λιγότερο - μόλις ο DEGERconecter προσπαθεί να δραστηριοποιήσει τον ηλεκτρικό κινητήρα η τάση στο ηλιακό στοιχείο καταρρέει. Για να μην αναβοσβήνει ο DEGERconecter τη μετάδοση της κίνησης διαρκώς και για να επιτευχθεί η γρήγορη επαναφορά στην αρχική κατάσταση, η DEGERenergie δημιούργησε τον μετατροπέα ενέργειας. Ο μετατροπέας ενέργειας συγκεντρώνει και τη μικρότερη ισχύ του ηλιακού στοιχείου (που δεν επαρκεί ακόμη για την παροχή ενέργειας στο δίκτυο) σε έναν συμπυκνωτή υψηλής τεχνολογίας και θέτει την ενέργεια αυτή στη διάθεση του DEGERconecter. Έτσι ο DEGERconecter επαναφέρει την εγκατάσταση στο πιο φωτεινό σημείο πριν τα στοιχεία παράσχουν τόση ενέργεια, ώστε αυτό να αρκεί για την παροχή ενέργειας στο δίκτυο. Για να αποφευχθεί η ταυτόχρονη λειτουργία και των δύο μεταδόσεων κίνησης, ο μετατροπέας ενέργειας είναι έτσι μελετημένος, ώστε η μετάδοση της κίνησης Ανατολικά-Δυτικά να προηγείται της ανύψωσης. Επίσης ο μετατροπέας ενέργειας φροντίζει να μην καταναλώνονται περισσότερα από περίπου 1-3 βατ από το ηλιακό στοιχείο όταν η μετάδοση της κίνησης λειτουργεί. Τη νύχτα η ρύθμιση δεν καταναλώνει ενέργεια (βλέπε [W1]).

## Αισθητήρας ασφάλειας



**Εικόνα 2.7**

Ο αισθητήρας ασφαλείας χρησιμοποιείται για την ανίχνευση στρώματα του χιονιού και του πάγου στο σύστημα. Αν ο αισθητήρας καλυφθεί από χιόνι ή πάγο εξαιτίας χαλαζόπτωσης, το στρώμα του πάγου θα πρέπει να αφαιρεθεί για να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία του αισθητήρα χιονιού. Εφόσον ανιχνεύσει χιόνι ή πάγο φέρνει το σύστημα σε κάθετη στάση ώστε να πέσουν οι συγκεντρωμένες ποσότητες (βλέπε [W1]).

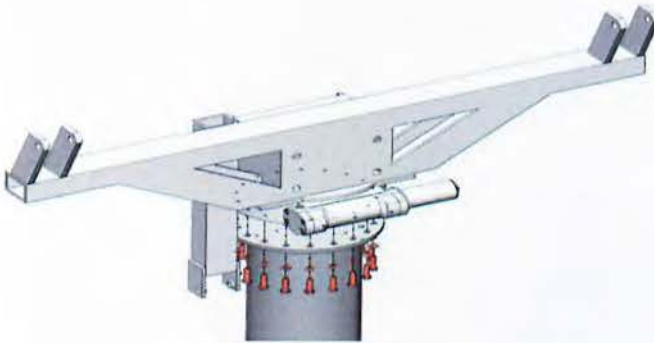
## Κινητήρες κλιμακωτής κίνησης

### A) Ανύψωσης



Εικόνα 2.8

### B) Αζιμουθίου



Εικόνα 2.9

### Λειτουργία

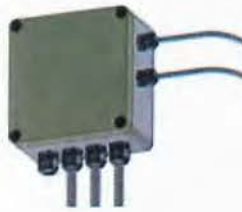
Ηλεκτροκινητήρες DC μεγάλης ακρίβειας που δέχονται εντολή από τον αντίστοιχο αισθητήρα φωτεινότητας και προσαρμόζουν την διάταξη στον βέλτιστο προσανατολισμό (βλέπε[W1]).

### 2.3.5 Σύνδεση αισθητήρα ηλιοφάνειας στο σύστημα

Χρησιμοποιούνται δύο αισθητήρες: α) ένας για τον υπολογισμό της καλύτερης κλίσης ως προς τον άξονα της γής και β) ένας για τον υπολογισμό της βέλτιστης κλίσης αζιμουθίου. Η σύνδεση τους γίνεται μέσα στον Μετατροπέα .

- Μετατροπέας V με DEGERconecter που αποτελείται από:

1 x μετατροπέα ενέργειας συγκεντρωμένα σε ένα περίβλημα



Εικόνα 2.11

1x DEGERconecter EL για ανύψωση του άξονα

1 x DEGERconecter AZ για αζιμούθιο άξονα



Εικόνα 2.12

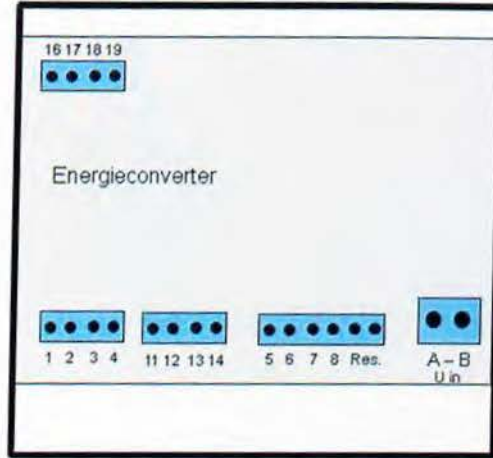
- CCB (Central Control Box) με ένα joystick για χειροκίνητο έλεγχο, λειτουργία αιολικής παρακολούθησης



Εικόνα 2.13

Η σύνδεση γίνεται ως εξής:

Υπάρχουν οι παρακάτω συνδέσεις στον μετατροπέα

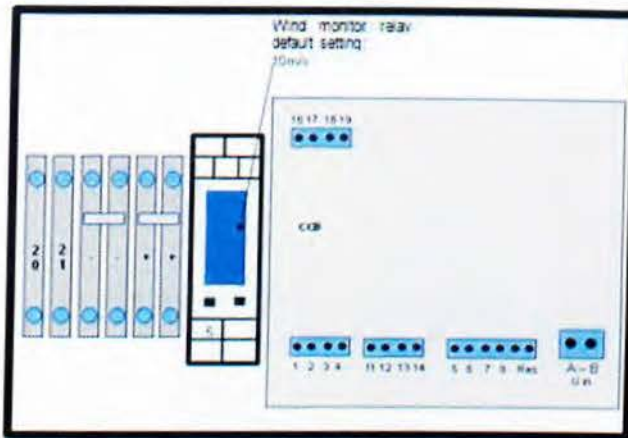


Εικόνα 2.14

Terminal Block Designation	Function
A - B U <sub>in</sub>	Supply voltage - 80 - 380 V DC $\approx$ - 100-265 V AC $\approx$ - 1 A
1 - 2	Output EL motor - +/- 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
3 - 4	Output AZ motor - +/- 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
5 - 6	Supply DEGERconecter EL - 5 => +21 V DC (brown) - 6 => 0 V DC (white)
7 - 8	Supply DEGERconecter AZ - 7 => +21 V DC (brown) - 8 => 0 V DC (white)
Res.	Reserve output - 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
11 - 12	Input DEGERconecter EL +/- 21V DC - 11 => green - 12 => yellow
13 - 14	Input DEGERconecter AZ +/- 21V DC - 13 => green - 14 => yellow
16 - 17	External control input EL - +/- 21V DC +/-10% $\approx$ - 5 mA
18 - 19	External control input AZ - +/- 21V DC +/-10% $\approx$ - 5 mA

Πίνακας 2.5

**Οι συνδέσεις του CCB:**



**Εικόνα 2.15**

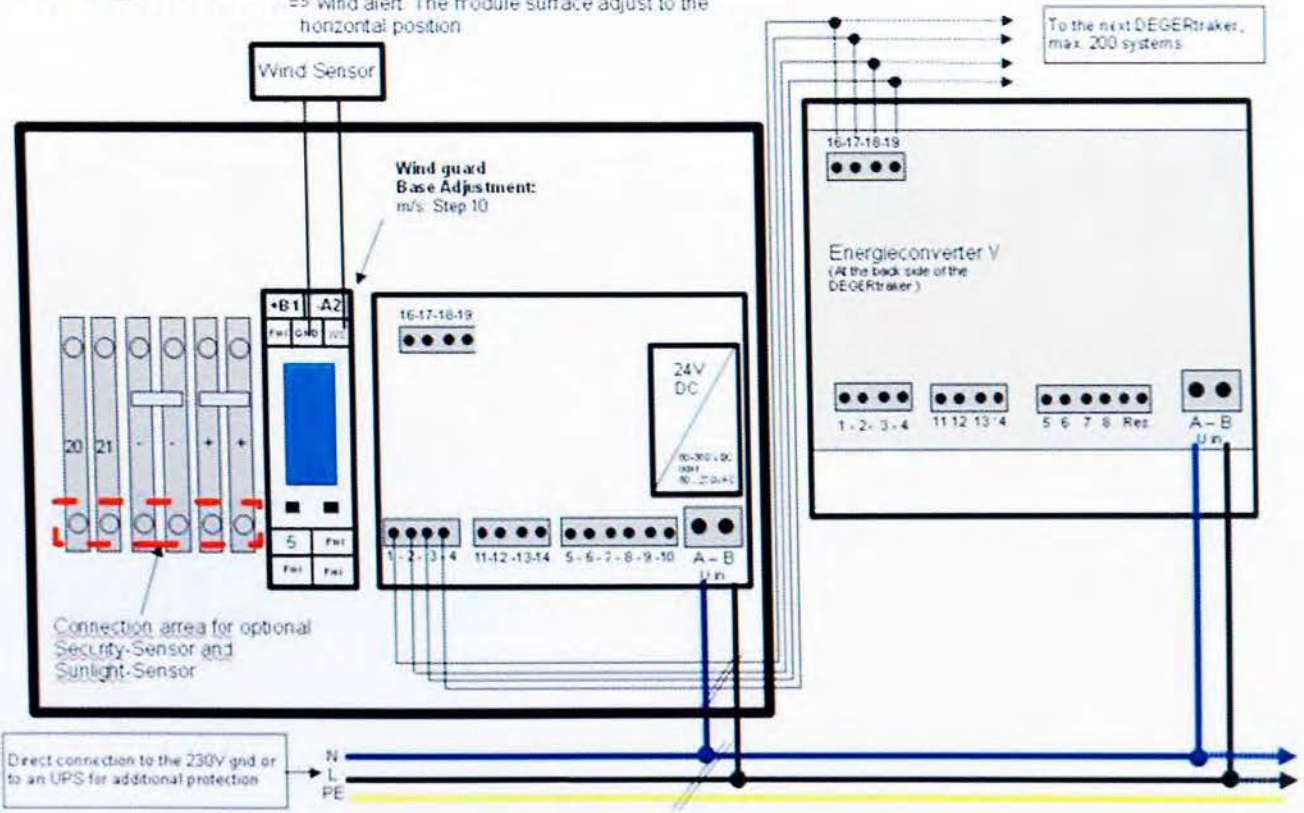
Terminal Block Designation	Function
A - BU <sub>m</sub>	Supply voltage - 80 - 380 V DC $\approx$ - 100-265 V AC $\approx$ - 1 A
1 - 2	Output EL motor - +/- 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
3 - 4	Output AZ motor - +/- 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
20	Control input (flat) for special sensors - 21V DC $\approx$
21	Control input (upright) for special sensors - 21V DC $\approx$
+	Auxiliary supply for special sensors - 21 V DC $\approx$ - 1.4 A
-	Auxiliary supply for special sensors - 21 V DC $\approx$ - 1.4 A

**Πίνακας 2.6**

# Connection diagram CCB DEGERtraker

state 07-2010

with Energy Converter V After installing the CCB, the wind guard must be checked => wind alert: The module surface adjust to the horizontal position



Εικόνα 2.16



Μετατροπέας V:

Τάση εισόδου	80-380 V DC 100-240 V AC
Συχνότητας δικτύου	50-60 Hz
Ονομαστικό ρεύμα:	1 A
Έξοδος τάσης	21V DC
Ρεύμα εξόδου	1,4 A DC
IP protection	IP54

Διαστάσεις 250 χιλιοστά x 180 χιλιοστά x 160 χιλιοστά

Βάρος DEGERconnector 1.4kg

Κλιματικές συνθήκες σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN 50178:1998-04:

Επιτρεπτή εγκατάσταση πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας max. 2000m

Επιτρεπόμενα θερμοκρασία περιβάλλοντος -20 ° C - +50 ° C

Διευρυμένο εύρος υγρασίας αέρα 0 ... 100%

Εκτεταμένη πίεση του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 70 kPa σε 106 kPa

CCB:

Τάση εισόδου	80-380 V DC 100-240 V AC
Συχνότητας δικτύου	50-60 Hz
Ονομαστικό ρεύμα:	1 A
Έξοδος τάσης	21V DC
Ρεύμα εξόδου	1,4 A DC
IP protection	IP54

Διαστάσεις 250 χιλιοστά x 180 χιλιοστά x 160 χιλιοστά

Βάρος, αιολική οθόνη 1.6kg

Κλιματικές συνθήκες σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN 50178:1998-04:

Επιτρεπτή εγκατάσταση πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας max. 2000m

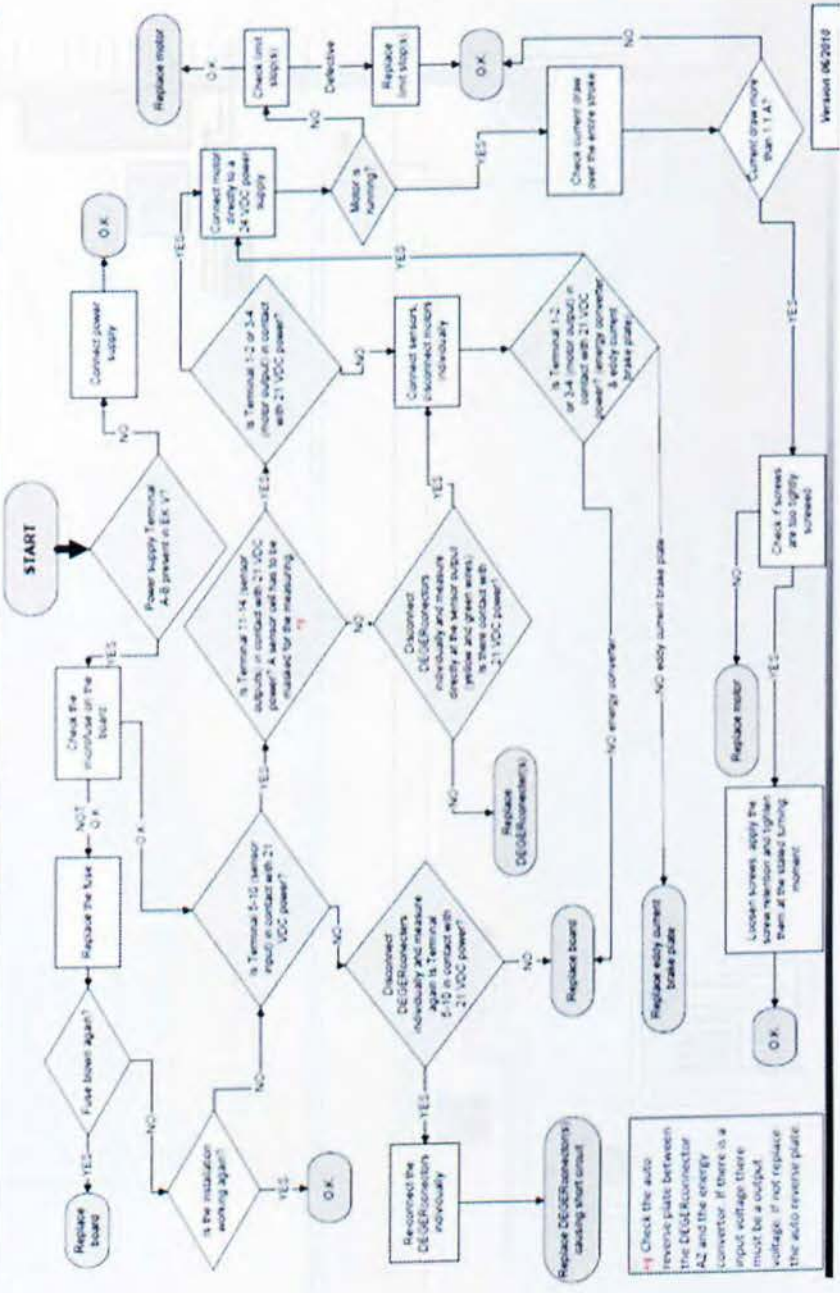
Επιτρεπόμενα θερμοκρασία περιβάλλοντος -20 ° C - +50 ° C

Διευρυμένο εύρος υγρασίας αέρα 0 ... 100%

Εκτεταμένη πίεση του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 70 kPa σε 106 kPa

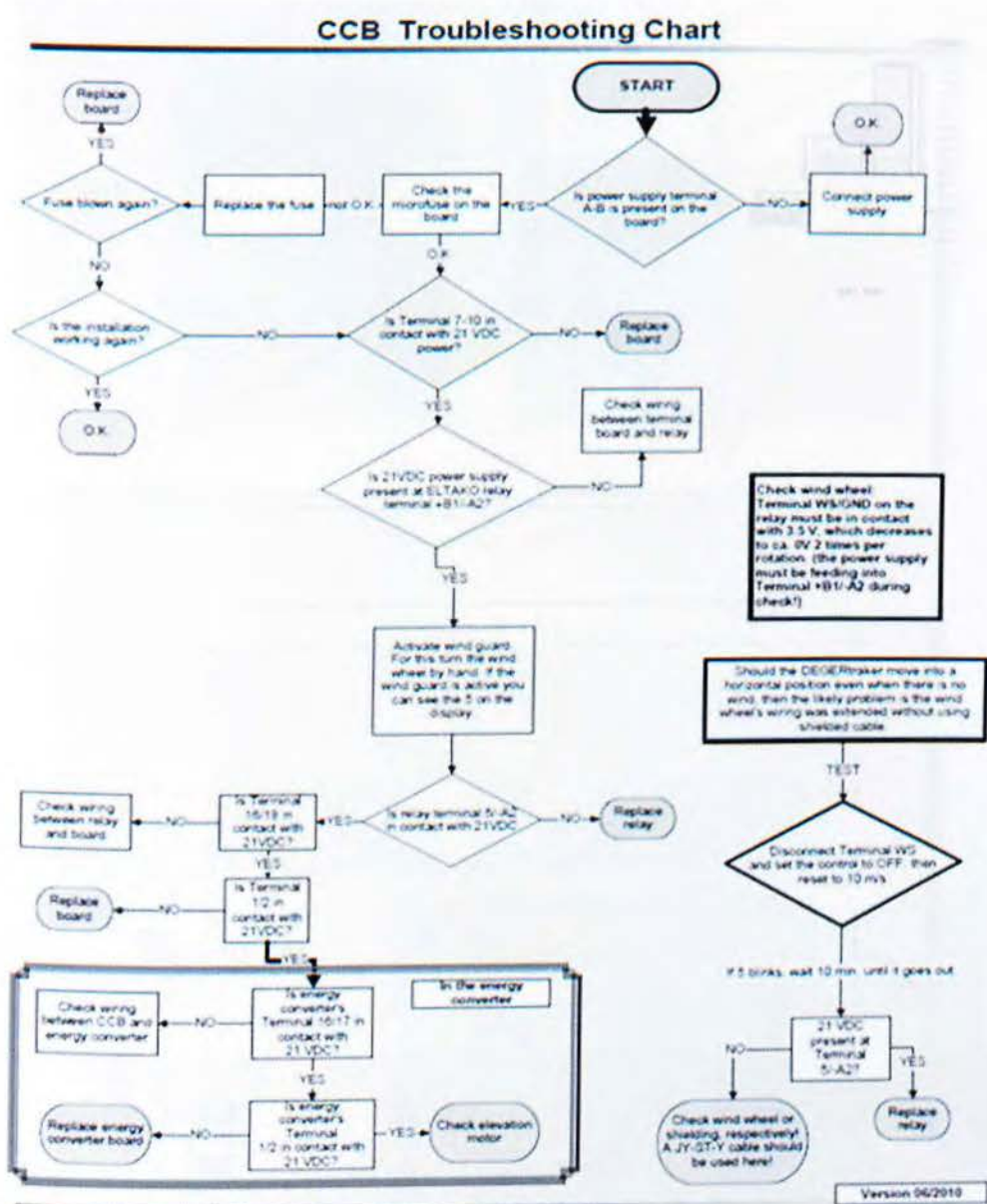
Διάγραμμα διόρθωσης λειτουργίας Μετατροπέα V:

Troubleshooting Chart for DEGERtraker with Energy Converter V



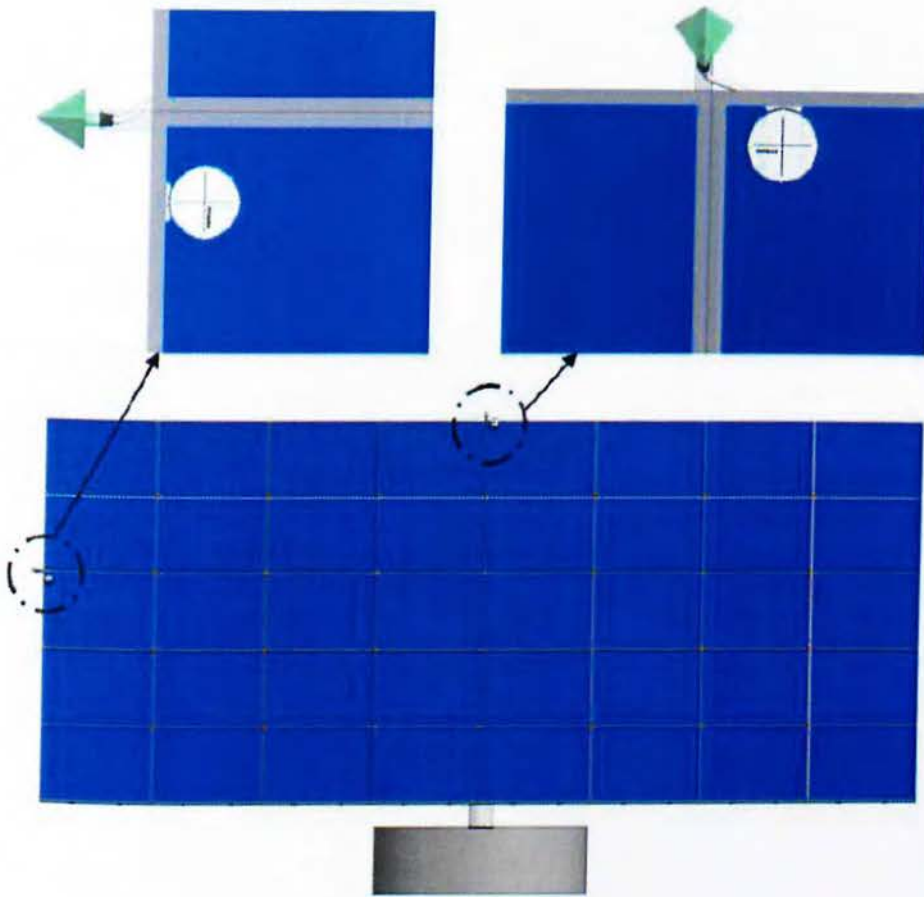
Σχήμα 2.2

## Διάγραμμα διόρθωσης λειτουργίας CCB:



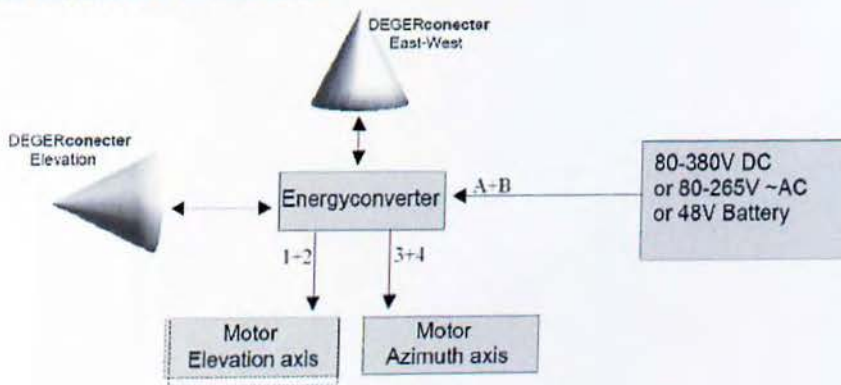
Σχήμα 2.3

**Τοποθέτηση στο σύστημα:**



**Εικόνα 2.17**

The complete control unit in overview:



**Σχήμα 2.4**

## Παραδείγματα αποδόσεων Solar tracker

### Basic installation data:

Solar plant identification: 19,98KW<sub>p</sub> E. SARRO Οινόφυτα  
 Location: Οινόφυτα  
 Country/Region: Greece  
 Longitude: 22° 43' 51" E  
 Latitude: 37° 30' 48" N

### System configuration:

Installed capacity: 19,98 KW<sub>p</sub>  
 Number of trackers: 3 ut 7000NT  
 Number of modules: 108 ut also 185W<sub>p</sub>  
 Number of inverters: 3 ut SMA 7000TL

### Production period

January 2010 - December 2010

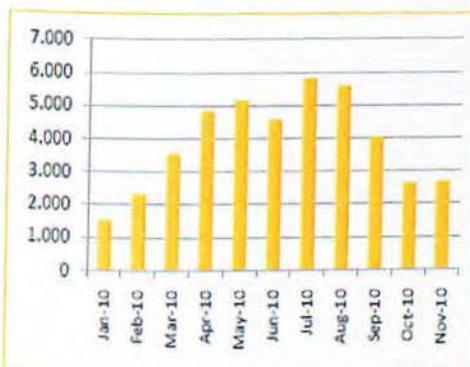
Month	kWh total	kWh/kW <sub>p</sub>	Fixed System kWh/kW <sub>p</sub>	Additional Yield
Jan-10	1.539	77,01	57,35	34%
Feb-10	2.308	110,04	87,52	26%
Mar-10	3.536	168,55	126,77	33%
Apr-10	4.846	231,01	159,63	45%
May-10	5.150	245,5	161,33	52%
Jun-10	4.575	218,1	141,50	54%
Jul-10	5.814	277,14	177,20	56%
Aug-10	5.580	265,96	173,26	54%
Sep-10	4.015	191,36	133,94	43%
Oct-10	2.635	125,58	93,13	35%
Nov-10	2.669	127,21	96,67	32%
Dec-10	1.856	88,46	66,07	34%
<b>TOTAL</b>	<b>44.523</b>	<b>2.126</b>	<b>1.474,4</b>	<b>44%</b>



Οινόφυτα 19,98kW<sub>p</sub> dual axis

Πίνακας 2.8

Εικόνα 2.18



Total production: kWh



Production performance figure: kWh/kW<sub>p</sub>

Σχήμα 2.5

### Basic installation data:

Solar plant identification: Pityrigkas @ Noohori No.2  
Location: Trikala  
Country/Region: Greece  
Longitude: 21°45'36" E  
Latitude: 39°33'41" N

### System configuration:

Installed capacity: 19,80 kWp  
Number of trackers: 3ut 7000NT (dual-axis)  
Number of modules: also S\_18 (220 W)  
Number of inverters: 3 Sunny Mini Central 7000TL

### Production period

February 2010 - January 2011

Month	kWh total	kWh/kWp	Fixed System kWh/kWp	Additional Yield
Feb-10	2.041	103,06	53,71	92%
Mar-10	3.568	180,18	84,36	114%
Apr-10	4.124	208,28	132,70	57%
May-10	4.696	237,17	150,67	57%
Jun-10	4.393	221,37	165,17	34%
Jul-10	4.926	248,79	161,47	54%
Aug-10	4.859	245,39	175,75	40%
Sep-10	3.432	173,35	172,80	0%
Oct-10	2.148	108,48	128,99	-16%
Nov-10	2.295	115,89	74,84	55%
Dec-10	1.991	100,54	81,89	23%
Jan-10	2.068	104,45	65,16	60%
<b>TOTAL</b>	<b>40.530</b>	<b>2.047</b>	<b>1.447,5</b>	<b>41%</b>

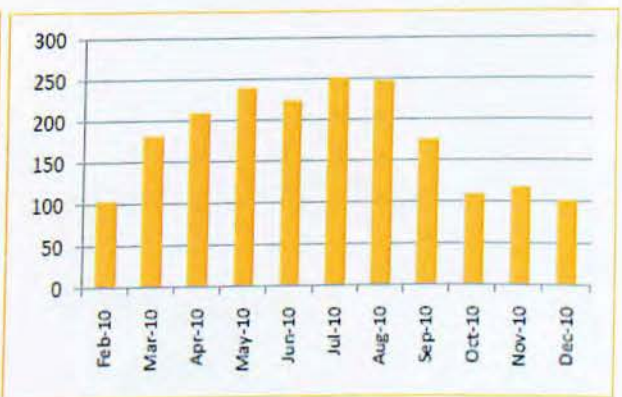


Πίνακας 2.9

Εικόνα 2.19



Total production: kWh



Production performance figure: kWh/kWp

Σχήμα 2.6

### 2.3.6 Μετατροπέας (Inverter)



**Εικόνα 2.20**

#### **Χαρακτηριστικά**

Η τοπολογία χωρίς μετασηματιστή του Sunny Boy 3300TL HC προσφέρει δύο καθοριστικά πλεονεκτήματα: Υψηλό βαθμό απόδοσης και απλή εγκατάσταση χάρη στο μικρό συνολικό βάρος. Η συσκευή εντυπωσιάζει με την ευέλικτη χρήση της. Χάρη στο μεγάλο εύρος λειτουργίας τάσης και ρεύματος, ο Sunny Boy 3300TL HC μπορεί να συνδυαστεί με όλα τα κρυσταλλικά φωτο-βολταϊκά πλαίσια της αγοράς. Επιπλέον, το πρότυπο προστασίας IP 65 και το κορυφαίο σύστημα διαχείρισης θερμοκρασίας επιτρέπουν τη χρήση της συσκευής σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Ο Sunny Boy 3300TL HC διαθέτει, επίσης, μονάδα επιτήρησης ρεύματος σφάλματος, η οποία εγγυάται ασφαλή λειτουργία. Όπως όλες οι συσκευές Sunny Boy, ο Sunny Boy 3300TL HC είναι συμβατός με τα προϊόντα τηλεμετρίας της SMA SB 3300TL.

#### **Λειτουργία**

Πραγματοποιεί Μετατροπή από 12V ή 24 συνεχή τάση (DC) από τα φωτοβολταϊκά πάνελ (σύνδεση με την έξοδο του συστήματος) σε 220V- 230v εναλλασσόμενη (AC) τάση η οποία συνδέεται με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ακόμα διαθέτει πολλές λειτουργίες για απομακρυσμένο έλεγχο μέσω bluetooth ή μέσω καλωδίωσης(βλέπε [W2]).

#### **Μετατροπείς με ενσωματωμένο SMA Bluetooth**

Οι μετατροπείς με ενσωματωμένο SMA Bluetooth έχουν την ακόλουθη χωρητικότητα αποθήκευσης:

- Συνολική απόδοση "E-Total" σε 5λεπτες μέσες τιμές για 63 ημέρες
- Ημερήσια απόδοση "E-Day" ως ημερήσιες τιμές για 30 χρόνια
- 250 συμβάντα "Events" για την ομάδα χρηστών "Χειριστής"
- 250 συμβάντα "Events" για την ομάδα χρηστών "Εγκαταστάτης"

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Sunny Boy 3300TL HC
<b>Είσοδος (DC)</b>	
Μέγιστη ισχύς DC (@ $\cos \varphi = 1$ )	3440 W
Μέγιστη τάση DC	750 V
Εύρος τάσης σημείου μέγιστης ισχύος (MPP)	313 V - 600 V
Ονομαστική τάση DC	520 V
Ελάχιστη τάση DC / Τάση εκκίνησης	125 V / 150 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου / ανά στοιχείο σειράς	11 A / 11 A
Αριθμός ανιχνευτών MPP / Στοιχειοσειρές ανά ανιχνευτή MPP	1 / 2
<b>Έξοδος (AC)</b>	
Ονομαστική ισχύς AC (@ 230 V, 50 Hz)	3000 W
Μέγιστη φαινόμενη ισχύς AC	3300 VA
Ονομαστική τάση, περιοχή τάσεων AC	220, 230, 240 V, 180 V - 265 V
Συχνότητα δικτύου, εύρος AC	50 Hz, -4,5 Hz, +2,5 Hz
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	16 A
Συντελεστής ισχύος ( $\cos \varphi$ )	1
Φάσεις τροφοδοσίας / Φάσεις σύνδεσης	1 / 1
<b>Βαθμός απόδοσης</b>	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης / Euro Eta (EBA)	96,0 % / 94,6 %
<b>Διατάξεις προστασίας</b>	
Προστασία αντιστροφής πόλων συντεχούς ρεύματος	●
Αποζεύκτης φορτίου DC ESS	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	●
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος προς τη γη	●
Επιτήρηση δικτύου (SMA Grid Guard)	●
Γαββανική απομόνωση / μονάδα επιτήρησης ρεύματος σφάλματος ισοδύναμη σε όλα τα ρεύματα	-/●
Κατηγορία προστασίας / Κατηγορία υπέρτασης	I / III
<b>Γενικά χαρακτηριστικά</b>	
Διαστάσεις (Π / Υ / Β) σε mm	470 / 490 / 225
Βάρος	28 kg
Εύρος τμών θερμοκρασίας λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C
Εκπομπή θορύβου, τυπική	≤ 29 dB(A)
Ιδία κατανάλωση (νύχτα)	< 0,25 W
Τσιπολογία	Χυρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	Μεταφορά θερμότητας
Είδος προστασίας ηλεκτρονικού συστήματος / Περιοχή σύνδεσης (κατά το πρότυπο IEC 60529)	IP65 / IP65
Κατηγορία κλίματος (κατά το πρότυπο IEC 60721-3-4)	4K4H
<b>Εξοπλισμός</b>	
Σύνδεση DC: SUNCLIX	●
Σύνδεση AC: Κοχλιωτός συνδέκτης / Βύσμα σύνδεσης / Εισαγωγικός συνδέκτης	●/-/-
Οθόνη: Γραμμική κεραινού / Γραφικά	●/-
Διασφίς: RS485 / Bluetooth®	o/o
Εγγύηση: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 χρόνια	●/o/o/o/o/o
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις (περισσότερα κατόπιν αιτήματος)	CE, VDE 0126-1-1, DK 5940*, PPC, EN 50438**, C10/C11, PPDS

\* Ισχύει μόνο για την παραλλαγή II \*\* Δεν ισχύει για όλα τα εθνικά προσαρτήματα του προτύπου EN 50438

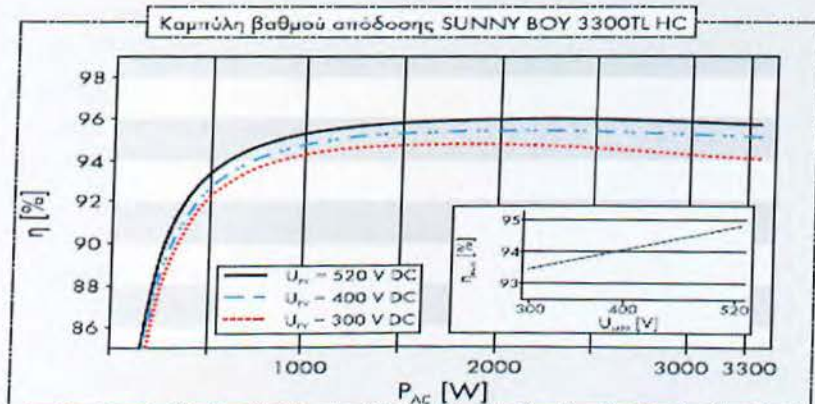
● Βασικός εξοπλισμός ○ Προαιρετικά - Δεν διατίθεται

Στοιχεία για ονομαστικές συνθήκες

Χειρισμός

SB 3300TL HC

Πίνακας 2.10



Σχήμα 2.7



### 2.3.7 Λειτουργία συστήματος

#### **Ακριβέστατος προσανατολισμός**

Ο DEGERconecter στρέφει διαρκώς το ηλιακό σύστημα προς το πιο φωτεινό σημείο στον ουρανό και συμπεριλαμβάνει τον συνολικό χειρισμό του συστήματος. Όταν ο ήλιος λάμπει η επιφάνεια του στοιχείου στρέφεται ακριβώς προς τον ήλιο. Όταν έχει συννεφιά ο DEGERconecter κατευθύνεται προς το σημείο με τη μεγαλύτερη ολική ακτινοβολία.

- Τα πρωινά πριν ακόμα ανατείλει ο ήλιος το σύστημα βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, έχοντας την επιφάνεια του οριζόντια τοποθετημένη.
- Όταν οι αισθητήρες ηλιοφάνειας ανιχνεύσουν την πρόσπτωση φωτός (έστω και διάχυτης) και όταν οι αισθητήρες ανέμου και ασφάλειας το επιτρέπουν, δίνουν εντολή στους αντίστοιχους κινητήρες που είναι συνδεδεμένοι την εντολή να ευθυγραμμιστούν με ακρίβεια στο πιο φωτεινό σημείο. Οι αισθητήρες φωτός κάνουν όλους τους υπολογισμούς και είναι αυτοί που δίνουν τις εντολές κίνησης. Έτσι δεν χρειάζονται επιπλέον μικροελεγκτές ή plc τα οποία λειτουργούν με προγραμματισμό ή κάποιο βέλτιστο αλγόριθμο για τον υπολογισμό της μέγιστης ηλιοφάνειας.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι αισθητήρες ηλιοφάνειας κάνουν διαρκώς μετρήσεις και συνεχώς δίνουν εντολές στους ηλεκτροκινητήρες DC να ευθυγραμμίζονται.
- Έφόσον προκύψει κατάσταση στη οποία το σύστημα κινδυνεύει να πάθει βλάβη λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων, τότε αυτόματα μπαίνει σε κατάσταση ασφάλειας και α) για έντονους ανέμους – το σύστημα φέρνει την επιφάνεια με τα πάνελ σε οριζόντια στάση για να έχει όσο το δυνατό μικρότερο όγκο ως προς τον άνεμο β) για έντονη χαλαζόπτωση ή χιονόπτωση- ο αισθητήρας ασφάλειας ενεργοποιεί μια λειτουργία κατά την οποία η επιφάνεια με τα πάνελ έρχεται σε κάθετη θέση έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλος ο ανεπιθύμητος όγκος που έχει συγκεντρωθεί πάνω στα πάνελ. Δεν υπάρχει πρόβλημα στην περίπτωση της χαλαζόπτωσης, να προκληθεί ζημιά στα πάνελ ή στις βάσεις διότι εργοστασιακά έχουν τεράστια ανοχή σε αυτό το φαινόμενο και καλύπτονται και από την εγγύση του κάθε εξαρτήματος για άμεση αντικατάσταση.
- Όταν νυχτώνει το σύστημα ακολουθεί την πιθανή μέγιστη ηλιοφάνεια μέχρι να μηδενιστεί. Έφόσον αυτή η τιμή γίνει μηδενική τότε αυτόματα μπαίνει σε κατάσταση αναμονής σε οριζόντια στάση και περιμένει την ελάχιστη ηλιοφάνεια για να επανενεργοποιηθεί.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### 3.1 Τηλεμετρία



**Εικόνα 3.1**

#### **Χαρακτηριστικά**

Το Sunny WebBox αποτελεί ως κεντρική διεπαφή επικοινωνίας τη σύνδεση ανάμεσα στη ΦΒ εγκατάσταση και το χειριστή σας. Το Sunny WebBox συλλέγει και καταγράφει όλα τα δεδομένα των συνδεδεμένων συσκευών και καθιστά δυνατή την ολοκληρωμένη επιτήρηση της ΦΒ εγκατάστασης. Το Sunny WebBox παρέχει στο χειριστή σας όλα τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί μέσω μιας σύνδεσης Internet ή ενός μόντεμ GSM. Το λογισμικό παρουσίασης Flashview και η διαδικτυακή πύλη του Sunny Portal επιτρέπουν την προετοιμασία δεδομένων και τη γραφική αναπαράσταση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί. Με το Flashview και μέσω του Sunny Portal ο χειριστής μπορεί να πληροφορείται οποιαδήποτε στιγμή, τόσο στο τοπικό δίκτυο όσο και μέσω Internet, για την απόδοση της εγκατάστασής του. Μια περαιτέρω δυνατότητα απεικόνισης προσφέρει η μεγάλη οθόνη ενδείξεων Sunny Matrix, η οποία ενδείκνυται για εγκατάσταση σε εσωτερικό και εξωτερικό χώρο. Επιπλέον, το Sunny WebBox αποτελεί για το διαχειριστή ένα ισχυρό εργαλείο για τη διαμόρφωση της εγκατάστασης και την απομακρυσμένη διάγνωση με υπολογιστή. Καθιστά δυνατή τη συνεχή επιτήρηση της ΦΒ εγκατάστασης και τον έγκαιρο εντοπισμό λειτουργικών βλαβών. Με τον τρόπο αυτό, το Sunny WebBox συμβάλλει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης της ΦΒ εγκατάστασης. Ο χειριστής μπορεί επίσης μέσω του Sunny WebBox να εντάξει μεγάλες ΦΒ εγκαταστάσεις, οι οποίες πρέπει να συμμετέχουν στη διαχείριση τροφοδοσίας του υπεύθυνου δικτύου. Συνδέοντας το Power Reducer Box στο Sunny WebBox προωθούνται και καταγράφονται οι προτιμήσεις του υπεύθυνου δικτύου στο μετατροπέα. Το Sunny WebBox πληροφορεί το χειριστή της εγκατάστασης για τις προτιμήσεις του υπεύθυνου δικτύου (βλέπε [W2]).

## Λειτουργία

Για να συνδέσουμε το Sunny WebBox με τον μετατροπέα θα χρειαστούμε την βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή για την ρύθμιση των παραμέτρων σύνδεσης. Το Sunny WebBox με Bluetooth καταγράφει και αποθηκεύει συνεχώς όλες τις διαθέσιμες τιμές μέτρησης έως και 50 μετατροπέων. Η μετάδοση δεδομένων πραγματοποιείται μέσω του διεθνούς προτύπου ασύρματης επικοινωνίας Bluetooth. Με αυτό τον τρόπο, η τοποθέτηση καλωδίων είναι περιττή και οι εγκαταστάτες εξοικονομούν χρόνο και κόστος. Το Sunny WebBox επιτρέπει επιπλέον την εμφάνιση και την αλλαγή των παραμέτρων των μετατροπέων. Για παράδειγμα, υπάρχει δυνατότητα κεντρικών προσαρμογών στις παραμέτρους μέσω της διαδικτυακής διεπαφής επικοινωνίας της συσκευής από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Με το Sunny WebBox με Bluetooth, οι τεχνικοί και οι υπεύθυνοι εγκαταστάσεων μπορούν ανά πάσα στιγμή να ενημερώνονται για την κατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος και να αναγνωρίζουν έγκαιρα ενδεχόμενα σφάλμα τα λειτουργίας. Ανεξάρτητα από το σημείο στο σπίτι, στο γραφείο ή σε επαγγελματικό ταξίδι για την πρόσβαση στα δεδομένα του Sunny WebBox με Bluetooth αρκεί ένας Η/Υ και σύνδεση στο διαδίκτυο (με ethernet καλώδιο σε router). Διαχείριση δεδομένων για επαγγελματική διαχείριση των δεδομένων, το Sunny WebBox προσφέρει ποικίλες δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων. Οι καταγεγραμμένες τιμές απόδοσης, οι οποίες προσφέρουν λεπτομερείς πληροφορίες για την απόδοση της εγκατάστασης, αποθηκεύονται στο Sunny WebBox με Bluetooth με τις συνήθεις μορφές αρχείου τύπου CSV ή XML. Χάρη στην ανταλλαγή δεδομένων με FTP, αυτές οι τιμές προβάλλονται πανεύκολα στον προσωπικό υπολογιστή. Με αυτό τον τρόπο όχι μόνο αποθηκεύονται μακρο-πρόθεσμα στον υπολογιστή σημαντικά δεδομένα της εγκατάστασης, αλλά μπορούν κατά επιλογή να παρουσιάζονται, για παράδειγμα σε μορφή MS Excel, όπως και να αξιολογούνται σε συνοπτικές ημερήσιες, μηνιαίες και ετήσιες γραφικές απεικονίσεις. Επιπλέον, τα δεδομένα της εγκατάστασης μπορούν – παράλληλα με το Sunny Portal να αποστέλονται σε έναν οποιονδήποτε διακομιστή FTP ελεύθερης επιλογής. Επιτήρηση, παρουσίαση και διαχείριση με το Sunny Portal Το επόμενο βήμα για ακόμα μεγαλύτερη άνεση είναι η σύνδεση του Sunny WebBox με τη δωρεάν διαδικτυακή πύλη μας. Στην ιστοσελίδα [www.SunnyPortal.com](http://www.SunnyPortal.com) θέτουμε στη διάθεσή σας ένα πλήρες, προδιαμορφωμένο περιβάλλον, τα οποία επιτρέπει την αυτόματη αρχειοθέτηση, επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων. Επιπλέον, το Sunny Portal δημιουργεί κατά επιλογή ημερήσια και μηνιαία αναφορά για την εγκατάσταση, την οποία μπορείτε να λαμβάνετε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η αποστολή δεδομένων από το Sunny WebBox με Bluetooth, το Sunny Portal σας ενημερώνει άμεσα. Επίσης, η Online πλατφόρμα συγκρίνει αυτόματα, κατά επιλογή, την απόδοση όλων των μετατροπέων σε μια εγκατάσταση και πληροφορεί για ενδεχόμενες αποκλίσεις. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι οι αυτόματες ενημερώσεις αναβάθμισης του λογισμικού του WebBox-Software διενεργούνται μέσω της διαδικτυακής πύλης. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η συνεχής ενημέρωση του λογισμικού του συστήματος επιτήρησης της εγκατάστασης. Ο συνδυασμός Sunny Portal και Sunny WebBox με Bluetooth αποτελεί ένα ασύγκριτο δίδυμο στο θέμα της διασφάλισης της ηλιακής ενεργειακής απόδοσης (βλέπε [W2]).

## Bluetooth

### **Εμβέλεια**

Το Bluetooth έχει εμβέλεια μέχρι 100 m σε ανοιχτό χώρο με άμεση οπτική επαφή. Η εμβέλεια επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι μπορούν εν μέρει να διαφοροποιηθούν. Οι ακόλουθοι παράγοντες πιθανόν να επηρεάζουν την εμβέλεια:

#### **• Εμπόδια που απορροφούν το σήμα**

Επειδή οι συσκευές συχνά δεν βρίσκονται σε άμεση οπτική επαφή μεταξύ τους, θα πρέπει το σήμα να διαπεράσει υλικά όπως οροφές, τοίχους και πόρτες. Αυτά τα εμπόδια απορροφούν σε διαφορετικό βαθμό το σήμα. Ο βαθμός απόσβεσης των ραδιοκυμάτων εξαρτάται από το πάχος και το υλικό των εμποδίων που μεσολαβούν.

#### **• Μεταβλητά δεδομένα**

Μεταβλητά δεδομένα είναι αλλαγές που πιθανόν να προκύψουν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του δικτύου Bluetooth, π.χ. κάποια οχήματα που θα σταθμεύσουν ενδιάμεσα ή προσωρινά κλειστές πόρτες.

#### **• Ανακλάσεις**

Σήματα που συναντούν εμπόδια και αλλάζουν κατεύθυνση, καλούνται ανακλάσεις. Ως αποτέλεσμα του ανωτέρω φαινομένου τα σήματα φτάνουν από διαφορετικές διαδρομές στο δέκτη ή δε φτάνουν καθόλου. Ανάλογα με την τοποθεσία οι ανακλάσεις ενδέχεται να ευνοούν ή να δυσχεραίνουν τις συνθήκες λήψης σε σχέση με την αποκλειστική εκτίμηση βάσει του αντικειμένου απορρόφησης του σήματος.

#### **• Ισχύς εκπομπής**

Η συσκευή Bluetooth με τη μικρότερη ισχύ εκπομπής ορίζει και τη δυνατή απόσταση μεταξύ 2 συσκευών Bluetooth. Αν π.χ. μια συσκευή έχει εμβέλεια 100 m και η άλλη συσκευή έχει εμβέλεια 10 m, οι δύο συσκευές δεν πρέπει να απέχουν περισσότερο από 10 m.

#### **• Ευαισθησία λήψης**

Η ευαισθησία λήψης προσδιορίζει την ελάχιστη ισχύ που πρέπει να έχουν τα ραδιοκύματα στο δέκτη, προκειμένου να επιτυγχάνεται η λήψη χωρίς προβλήματα. Όσο πιο ευαίσθητος είναι ο δέκτης της συσκευής, τόσο πιο ασθενή μπορούν να είναι τα ραδιοκύματα που μπορεί να λάβει η συσκευή απρόσκοπτα. Η ευαισθησία λήψης εξαρτάται από το υλικό και το λογισμικό της κάθε συσκευής. Ο ακόλουθος πίνακας παριστάνει την κατανομή ισχύος εκπομπής των συσκευών SMA με Bluetooth σε ανοιχτό χώρο με άμεση οπτική επαφή. Η εικονιζόμενη κατανομή ισχύος για την αποστολή και τη λήψη Bluetooth ραδιοκυμάτων. Στόχος του πίνακα είναι να σας κατευθύνει κατά το σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής σας εγκατάστασης. Η ισχύς εκπομπής συσκευών που δεν παρουσιάζονται στον πίνακα δεν έχει ελεγχθεί. Μη ελεγμένες συσκευές με περιβλήμα που προσομοιάζει ενός εκ των εικονιζόμενων συσκευών, θεωρούνται προσεγγιστικά ως έχουσες συγκρίσιμη ισχύ εκπομπής.

Κατά το σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής σας εγκατάστασης δώστε βάση στο παρακάτω σημείο:

- Η εμβέλεια επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες .
- Για τον καθορισμό της μέγιστης απόστασης μεταξύ δύο συσκευών Bluetooth πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ισχύς εκπομπής και των δύο συσκευών Bluetooth. Καθοριστική είναι η συσκευή Bluetooth με τη μικρότερη ισχύ εκπομπής.
- Ανάλογα με την πλευρά του περιβλήματος της συσκευής Bluetooth η ισχύς εκπομπής εκφράζεται διαφορετικά. Έχετε υπόψη, λοιπόν, κατά την εγκατάσταση τον προσανατολισμό της κάθε συσκευής Bluetooth ως προς τις υπόλοιπες.

Τεχνικά χαρακτηριστικά	Sunny WebBox με Bluetooth®
<b>Επικοινωνία</b>	
Επικοινωνία μετατροπών	Bluetooth
Επικοινωνία Η/Υ	10 / 100 Mbit Ethernet
Μόντεμ	–
Διεπαφή δεδομένων	RPC
<b>Συνδέσεις</b>	
Ethernet	10 / 100 Mbit, RJ45
Μετατροπέας	–
<b>Μέγιστος αριθμός συσκευών SMA</b>	
RS485, Ethernet	– / –
Bluetooth	50
<b>Μέγιστη εμβέλεια επικοινωνίας</b>	
RS485	–
Ethernet	–
Bluetooth σε ανοιχτό χώρο	έως και 100 m (δυνατότητα επέκτασης με SMA Bluetooth Repeater)
<b>Τροφοδοσία τάσης</b>	
Τροφοδοσία τάσης	Εξωτερικό κουμπωτό τροφοδοτικό
Τάση εισόδου	100 V – 240 V AC, 50 / 60 Hz
Κατανάλωση ισχύος	Τύπος 4 W / μέγ. 12 W

Πίνακας 3.1

**Περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη λειτουργία**

Θερμοκρασία περιβάλλοντος -20 °C ... +65 °C

Επιτρεπτή μέγιστη τιμή για τη σχετική υγρασία (χωρίς συμπύκνωση) 5 % ... 95 %

**Μνήμη**

Εσωτερική 12,5 MB με οργάνωση κυκλικής μνήμης

Εξωτερική Κάρτα SD 1 GB / 2 GB (προαιρετικά)

**Γενικά χαρακτηριστικά**

Διαστάσεις (Π / Υ / Β) 255 / 130 / 57 mm

Βάρος 0,75 kg

Σημείο εγκατάστασης Σε εσωτερικό χώρο

**Εξαρτήματα**

SMA Bluetooth Repeater για επέκταση της μέγιστης εμβέλειας επικοινωνίας ○

Sunny SensorBox Σύνδεση μέσω SMA Power Injector με Bluetooth

Sunny Matrix ○

Κάρτα SD 1 GB / 2 GB (προαιρετικά) ○

Εξωτερική κεραία GSM, κάρτα δεδομένων GSM - / -

Καλώδιο επικοινωνίας RS485 -

Εμβυσματώσιμο τροφοδοτικό με προσαρμογείς ●

● Βασικός εξοπλισμός ○ Προαιρετικά - Δεν διατίθεται

Χαρακτηρισμός τύπου Sunny WebBox με Bluetooth

**Πίνακα 3.2**

### 3.2 Έλεγχος από απόσταση και απεικόνιση δεδομένων(Monitoring)



**Εικόνα 3.2**

#### **Χαρακτηριστικά**

Οι ιδιοκτήτες της εγκατάστασης και οι εγκαταστάτες έχουν πρόσβαση στα πιο σημαντικά δεδομένα της εγκατάστασης, κάθε στιγμή και από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Οι προδιαμορφωμένες πρότυπες σελίδες, οι οποίες δημιουργούνται αυτόματα, προσαρμόζονται εύκολα στις ανάγκες του πελάτη και μπορούν να συμπληρώνονται με εξατομικευμένες σελίδες. Είτε με τη μορφή πίνακα δεδομένων είτε με τη μορφή διαγραμμάτων, όταν πρόκειται για την ανάλυση τιμών μέτρησης ή την απεικόνιση της απόδοσης, το αποτέλεσμα με το Sunny Portal είναι άψογο. Η απόδοση όλων των μετατροπέων μιας εγκατάστασης συγκρίνεται αυτόματα, ώστε να εντοπίζονται ακόμα και οι ελάχιστες αποκλίσεις. Και το αποτελεσματικό σύστημα αναφορών παρέχει τακτική ενημέρωση μέσω email, διασφαλίζοντας έτσι την απόδοση του φωτοβολταϊκού σας συστήματος (βλέπε [W2]).

#### **Λειτουργία**

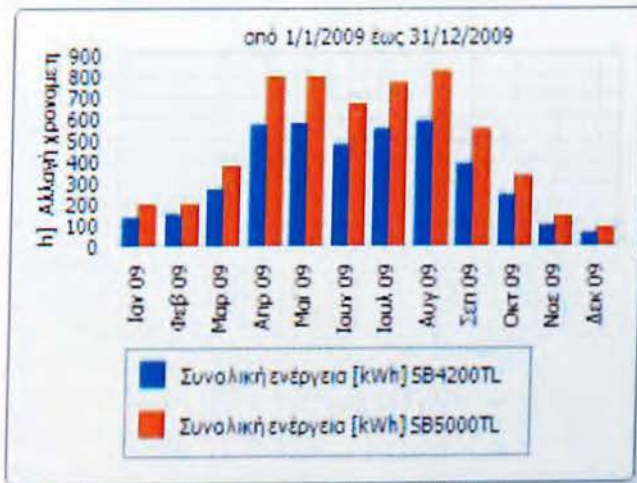
Εφόσον ο εγκαταστάτης έχει κάνει όλες τις συνδέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω(μετατροπέας → Sunny webBox με Bluetooth →Router με καλώδιο Ethernet) μπορεί χρησιμοποιώντας την ψηφιακή πλατφόρμα Sunny Portal να δει ανα πάσα στιγμή τα δεδομένα παραγωγής του συστήματος. Ακόμα μπορεί να επέμβει στις λειτουργίες του μετατροπέα και να τον παραμετροποιήσει.



Εικόνα 3.3

Μπορείτε να παρουσιάσετε τη χρονολογική εξέλιξη τιμών καναλιούτων συσκευών και της συνολικής εγκατάστασης σε διαγράμματα στηλών και γραμμών.

Παράδειγμα διαγράμματος:



Εικόνα 3.4

Μπορείτε να παρουσιάσετε τα παρακάτω δεδομένα:

- Ενέργεια της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
- Αποφυγή εκπομπής CO<sub>2</sub> της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
- Οικονομική απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
- Πρότυπη ή οποιαδήποτε εικόνα



Επισκόπηση με πρότυπη εικόνα:



Εικόνα 3.5

#### Επιτήρηση επικοινωνίας:

Η επιτήρηση επικοινωνίας επιτηρεί τη σύνδεση μεταξύ του Sunny Portal και των παρακάτω συσκευών:

- Sunny WebBox / Sunny WebBox με Bluetooth:

Το Sunny Portal ελέγχει κατά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, αν η συσκευή Sunny WebBox μεταδίδει τα δεδομένα κατά το επιθυμητό διάστημα στο Sunny Portal. Το διάστημα στο οποίο η συσκευή Sunny WebBox θα μεταδίδει δεδομένα στο Sunny Portal, μπορείτε να το ρυθμίσετε στην επιφάνεια χρήστη της συσκευής Sunny WebBox.

#### Σύγκριση μετατροπέων:

Το Sunny Portal παρέχει τη σύγκριση μετατροπέων για εγκαταστάσεις με τουλάχιστον 2 φωτοβολταϊκούς μετατροπείς. Μετατροπείς του τύπου Sunny Central, οι οποίοι λειτουργούν σε ομαδική λειτουργία, δεν υποστηρίζονται. Ανάλογα με την ημερήσια απόδοση, το Sunny Portal υπολογίζει για κάθε ενεργό μετατροπέα την ειδική απόδοση και τη συγκρίνει μία φορά την ημέρα με τη μέση τιμή της ειδικής απόδοσης όλων των μετατροπέων. Σε περίπτωση που η ειδική απόδοση υπολείπεται του διαμορφωμένου ορίου ανοχής, το Sunny Portal σας ενημερώνει μέσω E-Mail.

### **Ρύθμιση ημέρας/μήνα αναφοράς πληροφοριών**

Για την ημέρα αναφοράς πληροφοριών στέλνονται τα ημερήσια δεδομένα των καναλιών, ενώ για το μήνα αναφοράς πληροφοριών, τα μηνιαία δεδομένα των καναλιών. Μπορεί να ρυθμιστούν 3 μήνες αναφοράς πληροφοριών και 3 ημέρες αναφοράς πληροφοριών, οι οποίες θα περιλαμβάνουν διαφορετικά δεδομένα. Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης του χρόνου αποστολής των ημερήσιων αναφορών πληροφοριών. Η μηνιαία αναφορά πληροφοριών αποστέλλεται στο τέλος κάθε μήνα.

### **Καταχώριση της προβλεπόμενης ετήσιας απόδοσης**

Η προβλεπόμενη ετήσια απόδοση είναι η απόδοση που αναμένεται να έχει μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση στο διάστημα ενός χρόνου. Το Sunny Portal μπορεί να προβάλλει σε έναν πίνακα την πιθανή κατανομή της προβλεπόμενης ετήσιας απόδοσης της φωτοβολταϊκής σας εγκατάστασης στους μήνες ενός χρόνου. Η προβλεπόμενη ετήσια απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης υπολογίζεται από την ειδική ετήσια απόδοση (kWh/kWp) στην τοποθεσία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης πολλαπλασιαζόμενη με την ισχύ εγκατάστασης σε kWp. Η ισχύς εγκατάστασης χαρακτηρίζεται επίσης ως ονομαστική ισχύς. Μπορεί να προσδιοριστεί η ειδική απόδοση της τοποθεσίας της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης από χάρτες ηλιακής ακτινοβολίας. Τοπικά δεδομένα, όπως π.χ. σκιάσεις ή ο προσανατολισμός της εγκατάστασης δεν λαμβάνονται υπόψη (βλέπε [W2]).

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### 4.1 Συμπεράσματα

Η τεχνολογία αναπτύσσεται με ασύλληπτους ρυθμούς. Έτσι και στο χώρο της παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά συνεχώς υπάρχουν εξελίξεις. Ο τομέας όμως που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μεταβολές είναι αυτός των solar tracker. Όλο και περισσότεροι επενδυτές εμπιστεύονται το τομέα αυτό διότι είναι ξεκάθαρο ότι η παραγόμενη ενέργεια είναι περισσότερη από την συμβατική σταθερή διάταξη. Η χρήση του solar tracker προσφέρει μια σημαντική αύξηση της παραγόμενης ενέργειας κατά 56,59% για tracking κάθε μισή ώρα και 54,6% για tracking κάθε μιάμιση ώρα. Η αύξηση αυτή είναι απαλλαγμένη από την κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία της διάταξης. Η αύξηση της ενέργειας είναι μόλις 2% μικρότερη για tracking κάθε μιάμιση ώρα σε σχέση με το tracking κάθε μισή ώρα. Η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας είναι αδιαμφισβήτητη. Όμως αξίζει τον κόπο από οικονομικής πλευράς η χρήση του solar tracker ; Αυτό μπορεί να απαντηθεί εκτιμώντας το κόστος του . Αν η αύξηση του συνολικού κόστους του φωτοβολταϊκού συστήματος με solar tracker υπερβαίνει το ποσοστό της προσαύξησης της παραγόμενης ενέργειας που επιφέρει, τότε δεν είναι οικονομικά συμφέρον. Για παράδειγμα αν χωρίς tracker πληρώνουμε 100€ για τον φ/β συλλέκτη και την στήριξη του, και με τον tracker το κόστος ανέρχεται στα 170€ τότε είναι οικονομικά ασύμφορος. Η αύξηση του κόστους θα πρέπει να είναι μικρότερη από 54,6% για να γίνει απόσβεση του έξτρα κεφαλαίου από την έξτρα ενέργεια που παράγεται (το 54,6% αναφέρεται στις μετρήσεις θεωρώντας ότι είναι η 'μέση' αύξηση της παραγόμενης ενέργειας για ολόκληρο το έτος).

- Όπως και να έχει από την σκοπιά των οικονομικών , η χρήση του solar tracker είναι πολύ χρήσιμη σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο εμβαδόν και ανάγκη για όσο το δυνατόν υψηλότερη απόδοση. Τέτοιες μπορεί να είναι αυτόνομες βιοτεχνίες με φ/β συλλέκτες στην ταράτσα χωρίς αρκετούς περιβάλλοντες χώρους κ.τ.λ.

## Προτάσεις για βελτίωση

Το σύστημα που αναφέρθηκε στην εργασία είναι από τα πιο εξελιγμένα τεχνολογικά που έχουν δημιουργηθεί μέχρι στιγμής. Σίγουρα στο μέλλον θα υπάρξουν επιμέρους αλλαγές στα εξαρτήματα που το αποτελούν ώστε να μεγιστοποιήσουν την απόδοση του συστήματος και ελαχιστοποιήσουν το κόστος αγοράς του.

### Πιθανές μελλοντικές αλλαγές:

- Φωτοβολταϊκά πάνελ με μικρότερο μέγεθος και μεγαλύτερη παραγόμενη ισχύ
- Βάσεις και στηρίξεις πιο ανθεκτικές σε καιρικά φαινόμενα και φυσική φθορά από το χρόνο. Επιπλέον, το βάρος επομένως και ο όγκος τους θα μπορούσε να μειωθεί έτσι ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν σε περισσότερους και διαφορετικούς χώρους που τώρα είναι απαγορευτικοί.
- Οι αισθητήρες μπορούν να γίνουν πιο ακριβείς και πιο λειτουργικοί ενσωματώνοντας όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό λειτουργιών που τώρα εξυπηρετούνται από βοηθητικές συσκευές.
- Όσο αφορά την τηλεμετρία και τον έλεγχο από απόσταση ήδη έχουν γίνει μεγάλα άλματα στο χώρο της τεχνολογίας. Καθώς ο επόπτης του συστήματος μπορεί ακόμα μέσω του κινητού του τηλεφώνου (smartphone) δει την παραγωγή του σε οποιαδήποτε σημείο του κόσμου χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Μερικές επιπλέον λειτουργίες στο χώρο της εποπτείας και της απεικόνισης δεδομένων θα μπορούσε να είναι η προειδοποίηση του επόπτη για πιθανό σφάλμα, η ενημέρωση για την κατάσταση της βλάβης καθώς και να προτείνει μεθόδους αν όχι για επίλυση των προβλημάτων τουλάχιστον να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια παραγωγής.

## **Βιβλιογραφία**

### **A)**

- [1] Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Από Ανανεώσιμες Πηγές, Μ.Π.Παπαδόπουλος, Εκδόσεις ΕΜΠ, 1997
- [2] Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Κ.Καγκαράκη
- [3] Practical handbook of photovoltaics : fundamentals and applications , Tom Markvart/ Luis Castaner
- [4] Υπολογιστικές Εφαρμογές Ήπιων Μορφών Ενέργειας - Ηλιακή Ακτινοβολία, Καλδέλης Ιωάννης
- [5] Φωτοβολταϊκά Συστήματα, Ι. Ε. Φραγκιαδάκης, Εκδόσεις Ζήτη, 2004

### **B)**

- [W1] Εταιρία κατασκευής solar tracker Deger Energie [www.degerenergie.gr](http://www.degerenergie.gr)
- [W2] Εταιρία κατασκευής μετατροπέων ( Inverter) , συστημάτων τηλεμετρίας και απεικόνισης δεδομένων SMA Hellas [www.sma-hellas.gr](http://www.sma-hellas.gr)
- [W3] Εταιρία κατασκευής φωτοβολταϊκών πάνελ Schuco [www.schueco.com/web/gr](http://www.schueco.com/web/gr)
- [W4] [www.selas-energy.gr](http://www.selas-energy.gr)
- [W5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_tracker](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_tracker)
- [W6] <http://www.covertec.gr/future>
- [W7] [www.pvtech.gr](http://www.pvtech.gr)
- [W8] [www.enegia.gr](http://www.enegia.gr)
- [W9] [www.econews.gr](http://www.econews.gr)

