



**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών**

**Τμήμα Μηχανολογίας**

**Πτυχιακή εργασία**

**Οικονομοτεχνική μελέτη Φωτοβολταϊκού σταθμού  
ισχύος 80KWp**

**Χριστόδουλος Ασπρομάλλης (ΑΜ: 4593)**

**Ηράκλειο – 19/04/2011**

**Επόπτης Καθηγητής: Δρ. Βιδάκης Νεκτάριος**

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και την Άντρια για την στήριξη και την συμπαράσταση που μου παρείχαν απλόχερα. Επίσης ευχαριστώ τον επόπτη καθηγητή μου Δρ. Βιδάκη Νεκτάριο που με την ανάθεση αυτής της εργασίας με βοήθησε να διευρύνω της γνώσης μου στο πεδίο των Φωτοβολταϊκών συστημάτων.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στις μέρες μας όλοι ψάχνουν τρόπους για να εξοικονομήσουν ενέργεια αλλά και να απεξαρτηθούν από τις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας. Η λύση φαίνεται να βρίσκεται στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αφού είναι το μέλλον. Μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές θεωρείται η ηλιακή ενέργεια, όπου μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Στην πιο κάτω εργασία εξετάζεται ένας φωτοβολταϊκός σταθμός 80KW, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τεχνικής και οικονομικής σκοπιάς. Στην αρχή της εργασίας περιγράφονται διάφορες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Μετά εξετάζεται η αρχή λειτουργίας και διάφορες τεχνολογίες που αφορούν τα Φωτοβολταϊκά. Ακολουθεί μια τεχνική περιγραφή για ένα φωτοβολταϊκό σταθμό σχετικά με τι χρειάζεται για να μπορέσει να τεθεί σε λειτουργία, αλλά και ποιές γραφειοκρατικές άδειες πρέπει να εξασφαλισθούν. Στη συνέχεια, βασιζόμενος σε σχετικούς τύπους που δίνονται, μπορεί κάποιος να αποφασίσει κατά πόσο κρίνεται συμφέρουσα η επιχείρησή του.

## **ABSTRACT**

Nowadays, a quest for saving energy is a basic orientation for many, in order to wean from conventional forms of energy production. The solution seems to lie in renewable energy since it constitutes the future. One of the most important renewable sources is solar energy, which through the photovoltaic systems can be directly converted into electricity.

The following project examines technically and economically a photovoltaic plant 80KW for electricity generation. Firstly, the various forms of renewable energy are being described and their advantages and disadvantages compared to conventional forms of energy are being quoted. Further, are being conducted the operating principle and the various technologies related to photovoltaic. Following, a technical description of a photovoltaic plant is presented based on what is needed in order to function, as well as what bureaucratic permits must be secured. Furthermore, based on the types given, one can decide whether it is profitable to business.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>10</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>12</b>
2.1 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ).....	12
2.2 Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας – Κύπρου .....	20
2.3 Εξέλιξη ΑΠΕ στην Κύπρο .....	23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>26</b>
3.1 Ηλιακή Ενέργεια .....	26
3.2 Το Φ/Β φαινόμενο - Αρχή λειτουργίας .....	27
3.3 Τεχνολογία Φ/Β κυψέλη .....	29
3.4 Υλικά κατασκευής Φ/Β.....	30
3.5 Τοπολογίες Φ/Β στοιχείων.....	38
3.6 Προσανατολισμός και γωνία κλίσης των Φ/Β διατάξεων .....	40
3.7 Ελάχιστη απόσταση Φ/Β συστοιχίων .....	42
3.8 Βασική λειτουργία ενός Φ/Β .....	44
3.9 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα Φ/Β.....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>49</b>
4.1 Τοποθέτηση Ηλιακών συλλεκτών.....	49
4.2 Χωροθέτηση – Εύρεση χώρου – Έργα υποδομής .....	50
4.3 Τεχνολογίες στήριξης Φ/Β.....	52
4.4 Περιβαλλοντικά οφέλη.....	57
4.5 Έρευνα αγοράς Φ/Β γεννητριών .....	60
4.6 Έρευνα αγοράς Αντιστροφών.....	72
4.7 Βήματα για σύνδεση Φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος μέχρι 100KW .....	83
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>86</b>
5.1 Εισαγωγή στην οικονομική μελέτη.....	86

<b>5.2 Καθαρή παρούσα αξία (NPV) .....</b>	<b>87</b>
<b>5.3 Απόσβεση .....</b>	<b>89</b>
<b>5.4 Κόστος .....</b>	<b>92</b>
<b>5.5 Εσωτερικός δείκτης επένδυσης (IRR).....</b>	<b>92</b>
<b>5.6 Λειτουργικά κόστη .....</b>	<b>94</b>
<b>5.7 Συντελεστής Χρησιμοποίησης .....</b>	<b>96</b>
<b>Συμπεράσματα.....</b>	<b>98</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>100</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>102</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1:** Σχεδιάγραμμα παραγωγής φωτοβολταϊκών
- Εικόνα 2:** Κόστος καθυστέρησης ενεργειακής πολιτικής
- Εικόνα 3:** Λειτουργία φωτοβολταϊκής κυψέλης
- Εικόνα 4:** Επεξεργασία της “πρώτης ύλης”
- Εικόνα 5:** Μέση βαθμοί απόδοσης Φ/Β – απόδοση παραγωγής/τεχνολογίας – κόστος
- Εικόνα 6:** Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- Εικόνα 7:** Φ/Β στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου
- Εικόνα 8:** Φ/Β στοιχείο ταινίας πυριτίου
- Εικόνα 9:** Φ/Β στοιχείο δισεληνοειδίου χαλκού
- Εικόνα 10:** Φ/Β στοιχείο άμορφου πυριτίου
- Εικόνα 11:** Φ/Β στοιχείο τελλουριούχου καδμίου
- Εικόνα 12:** Φ/Β στοιχείο Αρσενικούχου Γάλλιου
- Εικόνα 13:** Υβριδικό Φ/Β στοιχείο
- Εικόνα 14:** Εξέλιξη φωτοβολταϊκής κυψέλης σε φωτοβολταϊκό πάρκο
- Εικόνα 15:** Η βέλτιστη κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη
- Εικόνα 16:** Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων
- Εικόνα 17:** Ελάχιστη απόσταση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου
- Εικόνα 18:** Τοποθέτηση συστοιχιών σε κεκλιμένο επίπεδο
- Εικόνα 19:** Βασικό κυκλωματικό διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος
- Εικόνα 20:** Βασικό κυκλωματικό διάγραμμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

**Εικόνα 21:** Ισοδυναμία ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο με ένα βαρέλι πετρέλαιο

**Εικόνα 21:** Διάφοροι τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών

**Εικόνα 22:** Βάση σταθερής στήριξης

**Εικόνα 23:** Γωνίες κλίσης του συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό

**Εικόνα 24:** Βάση εποχιακής στήριξης

**Εικόνα 25:** Στροφή γύρω από ένα άξονα

**Εικόνα 26:** Στροφή γύρω από δύο άξονες

**Εικόνα 27:** Φωτοβολταϊκό 220Watt της Bp solar

**Εικόνα 28:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Bp solar

**Εικόνα 29:** Φωτοβολταϊκό 220Watt της Sharp

**Εικόνα 30:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Sharp

**Εικόνα 31:** Φωτοβολταϊκό 220Watt της Conergy

**Εικόνα 32:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Conergy

**Εικόνα 33:** Φωτοβολταϊκό 220Watt της Kyocera

**Εικόνα 34:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Kyocera

**Εικόνα 35:** Φωτοβολταϊκό 220Watt της Mitsubishi electric

**Εικόνα 36:** Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Mitsubishi electric

**Εικόνα 37:** Αντιστροφέας 5000Watt της Solectria

**Εικόνα 38:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Solectria

**Εικόνα 39:** Αντιστροφέας 5000Watt της Sunny Boy

**Εικόνα 40:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Sunny Boy



**Εικόνα 41:** Αντιστροφέας 5000Watt της Sunny Boy

**Εικόνα 42:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Sunny Boy

**Εικόνα 43:** Αντιστροφέας 5000Watt της KLNE

**Εικόνα 44:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της KLNE

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

**Πίνακας 1:** Χρονιαία Έσοδα του πάρκου

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

**Διάγραμμα 1:** Γράφημα Απόσβεσης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Εισαγωγή

Υπό το φως της συνεχιζόμενης παράλληλης εξέλιξης των διεθνών οικονομικών, ενεργειακών και κλιματικών κρίσεων, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προβάλλει για την ώρα ως η μόνη οδός που μπορεί να αναχαιτίσει τυχόν δυσμενείς επιπτώσεις. Η ραγδαία αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των αποθεμάτων των φυσικών πόρων που χρησιμοποιούνται ως «πρώτη ύλη» για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τους συμβατικούς σταθμούς. Έτσι οι επιστήμονες έχουν στραφεί προς την αξιοποίηση όλο και περισσότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που γνωρίζουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη είναι η ηλιακή, η αιολική, η βιομάζα και η γεωθερμία. Στη χώρα μας πρωτεύοντα ρόλο έχει η ηλιακή ενέργεια μιας και το ηλιακό δυναμικό είναι άριστο και ευνοεί τέτοια συστήματα. Απόδειξη για το άριστο ηλιακό δυναμικό της Κύπρου είναι η χρήση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού που πρωτοπορεί διεθνώς με την εγκατάστασή τους, σε 92% των νοικοκυριών και 53% των ξενοδοχειακών μονάδων.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα όπου μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτή η τεχνολογία θα αναλυθεί στην εργασία αυτή και κατά πόσο θεωρείται συμφέρουσα η επένδυση σ'ένα τέτοιο σύστημα.

### Σκοπός

Η πτυχιακή εργασία αυτή έχει ως σκοπό την εμβάθυνση στη λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς επίσης και στο τρόπο με τον οποίο διεξάγεται μια οικονομοτεχνική μελέτη για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να εντοπίσει κατά πόσο θεωρείται συμφέρουσα ή όχι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Το πρώτο μέρος της εργασίας θα επικεντρωθεί στις Α.Π.Ε και θα αναφερθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διάφορων μορφών τους σε σχέση με τις

συμβατικές μορφές ενέργειας. Θα αναλυθεί το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας και της Κύπρου αλλά και η εξέλιξη των Α.Π.Ε στη Κύπρο. Το επόμενο κεφάλαιο θα επικεντρωθεί στην ηλιακή ενέργεια και στα φωτοβολταϊκά συγκεκριμένα, στα υλικά κατασκευής τους, στην ιστορία τους, στους διάφορους τρόπους σύνδεσης προσανατολισμού τους και διάφορα άλλα. Μετά ακολουθεί η τεχνική μελέτη για ένα φωτοβολταϊκό σταθμό, χωροθέτηση των πάνελ, γωνιά κλίσης, τεχνολογίες στήριξης και άλλα.

Στο τέλος είναι η οικονομική μελέτη που μέσα από διάφορες εξισώσεις φαίνεται αν η επένδυση μας κρίνεται συμφέρουσα ή μη. Αυτό μπορούμε να το εξετάσουμε μέσα από την Κ.Π.Α, από την απόσβεση που θα κάνει, από το συντελεστή χρησιμοποίησης κ.α.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

#### **2.1 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ)**

Οι Ανανεώσιμες Πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) είναι διάφορες πηγές που υπάρχουν γύρω μας στο περιβάλλον σε αφθονία. Τις πηγές αυτές όλοι τις ξέρουμε και τις βλέπουμε αλλά λίγοι τις χρησιμοποιούν, όσο περνά ο καιρός όμως και οι συμβατικές μορφές ενέργειας εξαντλούνται, υποχρεωνόμαστε τόσο εμείς όσο και οι επιστήμονες να ψάχνουν λύσεις που να μην φτάσουν στο σημείο να χαλάσει η ισορροπία στο οικοσύστημα. Έτσι άρχισαν να ψάχνουν για πηγές ενέργειας οι οποίες να είναι ανεξάντλητες και ανανεώσιμες.

Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Το ενδιαφέρον στη σύγχρονη εποχή για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών και την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση του 1974 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Την λύση αυτή την βρήκαν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι ανεξάντλητες αλλά και έχουν μηδενικούς ρύπους που στις μέρες μας είναι πολύ σημαντικό αφού με κάθε κιλοβατώρα που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα<sup>1</sup>. Το κόστος τους περιορίζεται μόνο από την συσκευή που είναι απαραίτητη για την συλλογή ενέργειας, όπως για παράδειγμα η κατασκευή δικτύου για την συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> 1kWh ~ 1 kg CO<sub>2</sub> (διοξείδιο του άνθρακα) όπου το διοξείδιο του άνθρακα είναι το «αέριο του θερμοκηπίου» που συμβάλλει στις επικίνδυνες κλιματικές αλλαγές.

<sup>2</sup> Christopher Koroneos et al, 28 2003

Η προέλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η σημαντικότητά τους για την κάλυψη των υψηλών ανθρώπινων αναγκών σε ενέργεια περιγράφεται παρακάτω :

➤ **Ηλιακή ενέργεια:**

Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Είναι ευρέως γνωστό ότι η μεγαλύτερη μας πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο ήλιος είναι μία τεράστια και σχεδόν διαρκής πυρηνική αντίδραση που μεταφέρει τεράστια ποσά ενέργειας (περίπου  $2.1 \cdot 10^{15}$  kWh per day) στη γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είναι ενέργεια που περιλαμβάνει ακτίνες X, ακτίνες γάμμα, φως και χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα. Μετατρέπεται από άλλες μορφές και πηγές ενέργειας, είτε φυσικά, όπως από τις πυρηνικές αντιδράσεις του ήλιου, ή μέσω ανθρώπινων συσκευών όπως από τη λάμπα και από πηγές θέρμανσης, από μεταβιβαστές και από πυρηνικούς αντιδραστήρες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκροτείται από ηλεκτρικά και κάθετα μαγνητικά κύματα. Αυτά τα ενεργητικά κύματα έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις<sup>3</sup>.

➤ **Αιολική ενέργεια**

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο, προκαλεί την κίνηση του ανέμου. Περίπου το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στη γη, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια, η οποία υπολογίζεται σε 3,6 δις. MW, ενέργεια τεράστια συγκρινόμενη με τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία, που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες με ένα ευρύτερο δίκτυο. Η αιολική ενέργεια που είναι μια από τις πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών, που θα

---

<sup>3</sup> Mark. E.Hazen 1996 Page 41

μειώσουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη<sup>4</sup>.

#### ➤ **Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Το νερό που τρέχει στα ποτάμια και τα ρυάκια προς τη θάλασσα, έχει κινητική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει έργο. Για χιλιάδες χρόνια, το χρησιμοποιούσαν για να γυρίζουν νερόμυλους που άλεθαν σιτάρι. Σήμερα το χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ηλεκτρισμό. Για την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού χτίζονται φράγματα, που δημιουργούν τεχνητές λίμνες και στις οποίες το νερό ανέρχεται σε μεγάλο ύψος, αποκτώντας με τον τρόπο αυτό δυναμική ενέργεια. Στη συνέχεια το νερό οδηγείται μέσα από αγωγούς και, αφού αποκτήσει μεγάλη κινητική ενέργεια με την πτώση από το μεγάλο ύψος, προσπίπτει στα περύγια υδροστροβίλων, που αναγκάζονται να περιστραφούν. Με την περιστροφή αυτή, στρέφονται οι γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες στον ίδιο άξονα και παράγεται έτσι ηλεκτρικό ρεύμα. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90%, και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των μικροϋδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, που παράγουν το 10% περίπου της ενέργειας που καταναλίσκεται στη χώρα<sup>5</sup>.

#### ➤ **Η Γεωθερμία**

Η γεωθερμική ενέργεια, είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γης. Η θερμότητα αυτή της γης προέρχεται από δύο πηγές :

α) Από την θερμότητα του αρχικού σχηματισμού της γης και από τη ραδιενεργό διάσπαση ασταθών στοιχείων που υπάρχουν στον φλοιό, όπως το ουράνιο, θόριο και πλουτόνιο και

---

<sup>4</sup> Δίας Χαραλαμπόπουλος et al. 2001 σελ. 47

<sup>5</sup> Δίας Χαραλαμπόπουλος et al. 2001 σελ.61

β) Από την ενέργεια των θερμών (ή ατμών του νερού), που αναβλύζουν μέσα από ηφαιστειακές διόδους ή ρήγματα του υπεδάφους.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι χαμηλή κυρίως για θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών, κ.α., στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία των ατμών είναι ψηλή ( $9 > 150^{\circ}\text{C}$ ), τότε η ενέργεια αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Στην Ελλάδα και στη Κύπρο, η γεωθερμία χρησιμοποιείται για σκοπούς θέρμανσης, θερμοκηπίων σε διάφορες περιοχές. Το ζεστό νερό της γεωθερμίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον δροσισμό κτηρίων<sup>6</sup>.

### ➤ **Η βιομάζα**

Η θέρμανση με ξύλα στο τζάκι, είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής. Ως βιομάζα, θεωρείται γενικά η οργανική ύλη που μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια. Εκτός από τα ξύλα, στη βιομάζα συγκαταλέγονται τα αγροτικά υπολείμματα (κλαδιά δέντρων, υπολείμματα ξυλείας, υπολείμματα σιτηρών, το πυρηνόξυλο της ελιάς, κλπ) και τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης, είναι δυνατόν να παράγουμε χρήσιμα καύσιμα (βιοαέριο), από την μετατροπή των στερεών αποβλήτων, των αποβλήτων των ζώων και από τα υγρά απόβλητα. Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από ενώσεις, από βασικά στοιχεία τα οποία περιέχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Στην Ελλάδα, 10εκατ. στρέμματα γης, έχουν ήδη ή προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταλειφθούν. Εάν η έκταση αυτή αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται, είναι περίπου στο 50-60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου<sup>7</sup>.

### ➤ **Η κυματική ενέργεια**

Οι ωκεανοί καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, και μπορεί να αποτελέσουν μια τεράστια αποθήκη ενέργειας. Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή

---

<sup>6</sup> Δίας Χαραλαμπόπουλος et al. 2001 σελ.56 Ι.Ε. Φραγκιαδάκης σελ.7

<sup>7</sup> Δίας Χαραλαμπόπουλος et al. 2001 σελ.52

κινητικής ενέργειας που λαμβάνεται από τα κύματα, τις παλίρροιες, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και τη μορφή θερμικής ενέργειας, που λαμβάνεται από τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

- Ενέργεια από κύματα : Η ενέργεια που περικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμα αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησης της, αποτελεί μια άλλη μορφή ενέργειας, που έμμεσα οφείλεται στον ήλιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει.
- Ενέργεια από την παλίρροια : Η παλίρροια, δηλαδή το να αποσύρεται η θάλασσα (άμπωτη) και μετά από ορισμένες ώρες, να επιστρέφει (πλημμυρίδα), αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες, οφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας, καθώς και από την περιστροφή της γης. Διαρκούν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σήμερα, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικούς, το ενδιαφέρον γι' αυτή τη μορφή ενέργειας είναι έντονο. Το κόστος των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας είναι πολύ μεγάλο. Εντούτοις, μακροπρόθεσμα θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επένδυση επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κόστος καυσίμου και δεν δημιουργούνται καυσαέρια.
- Θερμική ενέργεια από τους ωκεανούς : Εκεί όπου υπάρχουν θαλάσσια ρεύματα από τους πόλους προς τον ισημερινό, και όπου ο ήλιος, μεταφέροντας μεγάλα ποσά θερμότητας, θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και  $25\text{C}^{\circ}$ .<sup>8</sup>
- Ενέργεια από θαλάσσια ρεύματα : Αυτά αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο όμως για να αξιοποιηθεί, απαιτεί εξελιγμένη τεχνολογία, έρευνα και μελέτη. Προς το παρόν έχουν εκπονηθεί πειραματικά σχέδια για την εκμετάλλευση αυτής της ενέργειας, με την αγκυροβόληση γιγαντιαίων,

---

<sup>8</sup> Στις τροπικές περιοχές, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και βάθους 600 μέτρων, μπορεί να φθάνει τους  $20\text{C}^{\circ}$ . Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας μπορεί να γίνει μια εκμεταλλεύσιμη πηγή ενέργειας σε ορισμένες περιοχές του κόσμου



χαμηλής ταχύτητας τουρμπίνων, σε διάφορες περιοχές των Η.Π.Α. αξιοποιώντας το θαλάσσιο ρεύμα του Γκολφ-Στρημ<sup>9</sup>.

### **Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των ΑΠΕ**

Παρακάτω παρατίθενται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ΑΠΕ, έτσι όπως αυτά προκύπτουν από την υφιστάμενη τεχνολογία και τις πρακτικές αξιολόγησης τους στις μέρες μας.

#### **Πλεονεκτήματα**

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικούς ρύπους και απόβλητα.
- Είναι ανεξάντλητες και σε αφθονία σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορεί να βοηθήσουν ενεργειακά μικρές χώρες που έχουν σε αφθονία τις Α.Π.Ε, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την κρίση του πετρελαίου.
- Εφαρμόζονται ευέλικτα και μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες τοπικών πληθυσμών, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.

---

<sup>9</sup> Δίας Χαραλαμπίδης et al. 2001 σελ.64-66

- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ διατίθενται σε μικρά μεγέθη και έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας, με επαναλαμβανόμενα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις.

### **Μειονεκτήματα**

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

- Η παροχή και απόδοση τους εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται, γι' αυτό και δεν είναι εφικτό να λειτουργούν σαν πρώτες μονάδες.
- Για τις Α/Γ υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν.
- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης ή της ηλιακής με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πληρεί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργος ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή Α/Γ μεταβλητού βήματος (pitch control) και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιος αυξημένος κόστος για τη βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης ενέργειας, το οποίο προστίθεται στο συνολικό κόστος της παραγόμενης KWh. Επίσης σε περιπτώσεις διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, η διείσδυση της παραγωγής από τις ΑΠΕ δεν μπορεί να ξεπερνά το 25% για λόγους ευστάθειας του συστήματος.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ότι αλλάζουν το μικροκλίμα της περιοχής.
- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ισχύεις απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών (Υ/Σ) ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή

χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.

- Το κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμη υψηλό.

## **2.2 Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας – Κύπρου**

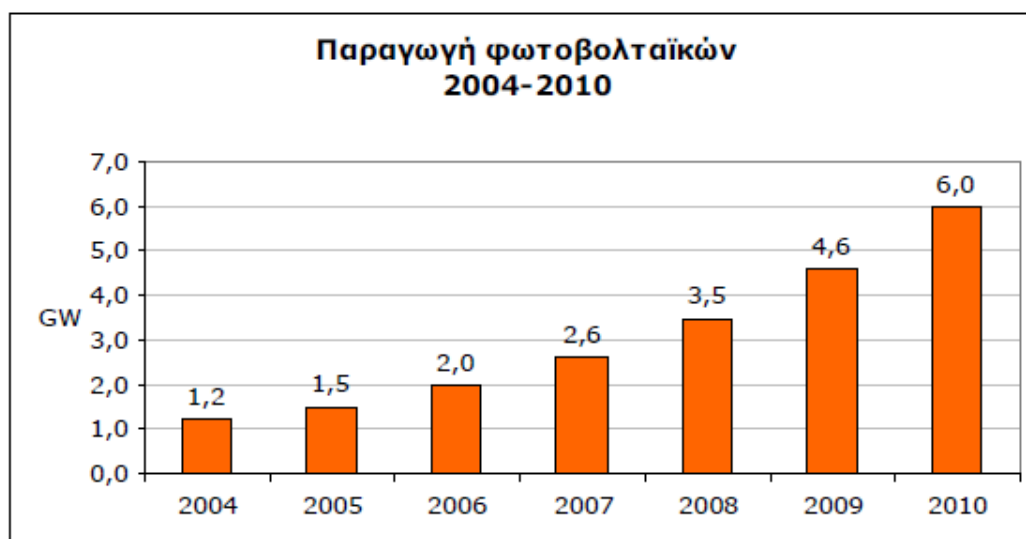
### Το ενεργειακό σύστημα της Ελλάδας

Οι μέχρι σήμερα ειδικές δράσεις Εθνικών Φορέων δεν αφορούν την ανάπτυξη και προώθηση των Φ/Β συστημάτων. Τα προγράμματα και τα διάφορα μέτρα που υπάρχουν αφορούν συνολικά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), πολλές φορές έρχονται σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση ενέργειας και την χρήση φυσικού αερίου και προωθούνται έτσι έμμεσα οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Η παγκόσμια αναγνώριση των δραστηριοτήτων του ανθρώπου που προκαλούν κλιματικές αλλαγές, επιβάλλουν την μείωση των εκπομπών των αερίων οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αλλά και άλλων αερίων παρουσιάζουν αισθητή αύξηση τα τελευταία χρόνια. Το 2000, μετρήθηκαν συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) 107.6Mtons, εκ των οποίων το 89% προέρχεται από ενεργειακές χρήσεις. Με βάση πάντα το 1990, ως έτος αρχικών μετρήσεων παρατηρείται και μια σταδιακή αύξηση των αέριων ρύπων και ιδιαίτερα του CO<sub>2</sub> κατά 23,4%. Βασική αιτία αυτής της μεταβολής είναι η αύξηση των εκπομπών από τις δραστηριότητες του ενεργειακού τομέα (ΚΑΠΕ).

Η στρατηγική που προωθείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και αντιμετωπίζεται θετικά από όλες τις κυβερνήσεις μέλη προβλέπει μείωση μέχρι 15% των εκπομπών του Διοξειδίου του Άνθρακα (CO<sub>2</sub>) το 2010 από τα επίπεδα του 1990. Το Υπουργείο Ανάπτυξης για να προωθήσει επενδύσεις που αφορούν εξοικονόμηση ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού/ θερμότητας/ ψύξης, ώστε να υποκατασταθούν οι συμβατικές μορφές ενέργειας και να αναπτυχθούν οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, με σκοπό την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, δημιούργησε κάποια προγράμματα που εντάσσονται στο Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης όπως το ΕΠΑν (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 'Ανταγωνιστικότητα'), που λειτουργεί εδώ και δύο χρόνια. Το πρόγραμμα αυτό δίνει ένα πολύ υψηλό ποσοστό επιχορήγησης σε τέτοιες

επενδύσεις που αγγίζει το 30%-50%. Το πρόγραμμα αυτό συγχρηματοδοτείται από το Ταμείο Ευρωπαϊκής Ανάπτυξης, το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, το Ελληνικό Δημόσιο και Ελληνικές Ιδιωτικές Επιχειρήσεις. Ουσιαστικά χρηματοδοτείται κατά 30% από κοινοτικούς πόρους, 20% από εθνικούς δημόσιους πόρους και 50% από ιδιωτικούς πόρους. Με την βοήθεια αυτών των επιδοτήσεων μπορούν να πραγματοποιηθούν τέτοιες εγκαταστάσεις χωρίς υπερβολικό κόστος και να βελτιωθούν οι περιοχές που βάνονται από ρυπογόνα αέρια που υποβαθμίζουν τον περιβάλλοντα χώρο.

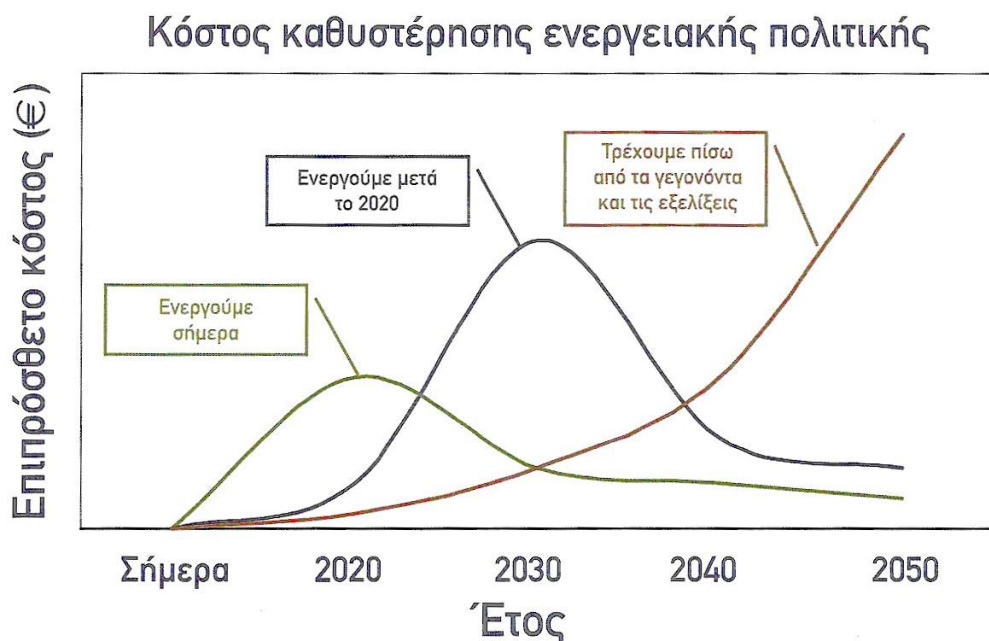


Πηγή: CLSA 2005

**Εικόνα 1:** Σχεδιάγραμμα παραγωγής φωτοβολταϊκών

### **Το Ενεργειακό σύστημα της Κύπρου**

Η ενεργειακή πολιτική της Κύπρου παρουσιάζει χρόνια αδράνεια και υστέρηση. Η συνεχόμενη καθυστέρηση στον τομέα προώθησης των Α.Π.Ε., καθώς και η παρατεινόμενη αβεβαιότητα στον τομέα του φυσικού αερίου είναι ανησυχητικά στοιχεία. Ο χρόνος που απομένει μέχρι το 2020 είναι περιορισμένος και η μη συμμόρφωση θα επιφέρει σημαντικές οικονομικές κυρώσεις, που θα είναι σε βάρος των Κυπρίων καταναλωτών.



**Εικόνα 2:** Κόστος καθυστέρησης ενεργειακής πολιτικής

Όπως φαίνεται στο πιο πάνω σχεδιάγραμμα πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι εάν δραστηριοποιηθούμε σήμερα, το επιπρόσθετο κόστος που θα προκύψει με την προώθηση των Α.Π.Ε και άλλων αιφόρων τεχνολογιών ή και μέτρων, μέχρι το έτος 2020, θα είναι ψηλό μεν, όμως αναμένεται ότι θα μειωθεί αρκετά μέχρι το έτος 2050. Εάν η Κύπρος δραστηριοποιηθεί μετά το 2020, εκτός από το κόστος προώθησης των ΑΠΕ θα πρέπει να συνυπολογιστεί και το κόστος εμπορίας του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο αναμένεται ότι το 2020 θα είναι αρκετά ψηλό. Τέλος εάν τρέχουμε πίσω από τα γεγονότα και τις εξελίξεις, πράγμα το οποίο συμβαίνει σήμερα σε μεγάλο βαθμό, τότε το επιπλέον κόστος το οποίο θα καλείται να καταβάλλει ετησίως ο Κύπριος καταναλωτής θα είναι αφόρητο.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και η εξοικονόμηση ενέργειας αποδεικνύονται προς το παρόν ως οι μόνες εγχώριες πηγές ενέργειας ικανές να συνεισφέρουν στην επίλυση των ενεργειακών προβλημάτων της χώρας μας και να συνδράμουν ενεργά στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, στην εξέλιξη της τεχνολογίας και στην τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη. Για τους λόγους αυτούς, η ενεργειακή πολιτική της Κύπρου αποδίδει τα τελευταία χρόνια βαρύνουσα σημασία στην ανάπτυξη και χρήση τεχνολογιών για την όσο το δυνατό πληρέστερη εκμετάλλευσή τους.

Το εγχώριο δυναμικό ανάπτυξης των ΑΠΕ αφορά κυρίως την ηλιακή και αιολική ενέργεια, τη βιομάζα και την γεωθερμία. Το ποσοστό των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας ανήλθε το 2008 στο 4.5% σε σύγκριση με το 1.7% που ήταν το 1997. Μετά την ένταξη της χώρας στην Ε.Ε τίθενται πλέον ξεκάθαρες δεσμεύσεις όσον αφορά την περαιτέρω ανάπτυξη των ΑΠΕ στη Κύπρο. Εστιάζοντας στο έτος 2020 η Κύπρος οφείλει μεταξύ άλλων να επιτύχει αύξηση του ποσοστού συνεισφοράς των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ενέργειας στο 13% και αύξηση του ποσοστού συμμετοχής των ΑΠΕ στις μεταφορές στο 10%. Το εθνικό σχέδιο δράσης 2009-2013 για ανάπτυξη των ΑΠΕ, εδράζεται κυρίως στην ανάπτυξη μεγάλων έργων ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ, με στόχο η συνεισφορά των ΑΠΕ στη τελική ενεργειακή κατανάλωση να ανέλθει σε περίπου 9% μέχρι το 2015. Το νέο Σχέδιο δράσης που θα καλύπτει την περίοδο 2010-2020, ήδη καταρτίζεται και θα υποβληθεί εντός του 2010 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η υλοποίηση του σχεδίου δράσης 2009-2013 ωθείται από την ευνοϊκή επιδότηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός νέου σχεδίου χορηγιών που προνοεί την ανάπτυξη μεγάλων έργων, συνολικής ισχύος 211MW από μεγάλα φωτοβολταϊκά πάρκα.

### ***2.3 Εξέλιξη ΑΠΕ στην Κύπρο***

Στη χώρα μας βρίσκονται εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά συστήματα συνολικής ισχύος 3,5MW, εκ των οποίων τα 2,7 MW είναι ενωμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο και 0,8 MW είναι αυτόνομα, καθιστώντας τη Κύπρο στην 6 θέση σε κατάταξη χώρα στην Ευρώπη όσον αφορά την ισχύ των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά κάτοικο. Φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν ήδη εγκατασταθεί σε 50 δημόσια κτήρια συνολικής δυναμικότητας 0,16 MW, ενώ τον Ιούνιο του 2010 ολοκληρώθηκε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε 6 δημόσια κτήρια, 54 σχολεία και 5 στρατόπεδα , συνολικής ισχύος 1,1 MW. Εξάλλου μέσα στο 2010 αναμένεται να εγκατασταθεί ένα ηλιακό σύστημα ψύξης και θέρμανσης χώρου στο κτήριο του Γενικού Νοσοκομείου Λευκωσίας καθώς και ένα μικρότερο σύστημα στο Κέντρο Εφαρμογών Ενέργειας. Έντονο είναι το ενδιαφέρον επενδυτών για υλοποίηση έργων μεγάλων φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιοθερμικού σταθμού, εκμεταλλευόμενοι

τις ευνοϊκές επιδοτήσεις που παρέχονται μέσω του υφιστάμενου σχεδίου. Το 2009 είχαν υποβληθεί αιτήσεις για επιδότηση μεγάλων φωτοβολταϊκών συστημάτων συνολικής ισχύος 1,5 MW, ενώ όσον αφορά τον ηλιοθερμικό σταθμό, μέχρι σήμερα η ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας Κύπρου έχει εκδώσει άδειες για κατασκευή και λειτουργία ηλιοθερμικών σταθμών συνολικής δυναμικότητας 220 MW.

Η Κύπρος μέχρι το 2020 οφείλει να μειώσει της εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα σε όλους τους τομείς αλλά και να αναπτύξει τις Α.Π.Ε στο 13% της ενεργειακής κατανάλωσης. Αν η δομή του ενεργειακού συστήματος της Κύπρου παραμείνει η ίδια με σήμερα, θα καταβάλλονται από το 2013 και μετά αρκετά εκατομμύρια ευρώ τον χρόνο για αγορά δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ΦΒ στην Κύπρο ξεπερνά τα 2.5MW. Αναμένεται ότι η συνολική ισχύς θα αυξάνεται κατά 2 MW ετησίως. Από το έτος 2004 που τέθηκε σε εφαρμογή το σχέδιο χορηγιών έχουν υποβληθεί συνολικά 1400 αιτήσεις για επιχορήγηση ΦΒ συστημάτων για συνολική ισχύ περίπου 4 MW.

Εμπόδια στην διάδοση της χρήσης των Φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- Η απόδοση ενός ΦΒ συστήματος μειώνεται σημαντικά με την αύξηση της θερμοκρασίας των ΦΒ πλαισίων .
- Στα περισσότερα είδη πλαισίων η απόδοση μειώνεται γύρω στα 0,4-0,45%, από την κανονική τιμή, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από τους 25 °C.
- Πρέπει να δεσμευτούν μεγάλες εκτάσεις-επιφάνειες για την δημιουργία Φ/Β συστημάτων μεγάλης ισχύος.

Διαδικασία Αδειοδότησης – Εμπλεκόμενοι Φορείς

- Εντοπισμός περιοχής για πιθανή εγκατάσταση του ΦΒ συστήματος. Εάν η γη δεν είναι ιδιόκτητη, τότε ο επενδυτής πρέπει να εξασφαλίσει την εκμίσθωση της γης από τον ιδιοκτήτη. Εάν η γη είναι χαλίτικη ή δασική η εκμίσθωση θα γίνει από τα αρμόδια κυβερνητικά τμήματα.
- Έγκριση από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας Κύπρου (**ΡΑΕΚ**) για άδεια κατασκευής και παραγωγής μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού από ΑΠΕ (για



συστήματα >20KW).

- Εξασφάλιση Πολεοδομικής Άδειας για την εγκατάσταση του συστήματος.
- Σύμβαση Σύνδεσης-Υπογραφή των Τεχνικών και άλλων όρων διασύνδεσης του Φ/Β συστήματος με το δίκτυο της ΑΗΚ.

Υποβολή αίτησης παροχής χορηγίας στην Επιτροπή Διαχείρισης Ειδικού Ταμείου ΑΠΕ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Ηλιακή Ενέργεια και το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

#### **3.1 Ηλιακή Ενέργεια**

Ως γνωστό ο ήλιος αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή ενέργειας. Τα ποσά ενέργειας (περίπου  $2.1 \cdot 10^{15}$  kWh per day) που λαμβάνουμε από τον ήλιο σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δημιουργούνται από τη διαρκή πυρηνική αντίδραση του. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια περιλαμβάνει τις ακτίνες X, τις ακτίνες γάμα, το φως και χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα. Την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια την συλλέγουμε με δύο τρόπους, μέσω ενεργητικών συστημάτων και παθητικών συστημάτων. Την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στα ενεργητικά συστήματα μπορούμε να την δεσμεύσουμε είτε μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων είτε μέσω ηλιοθερμικών συστημάτων. Τα ηλιοθερμικά συστήματα είναι συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την θέρμανση του νερού για οικιακές χρήσεις είτε για θέρμανση χώρου. Αυτά τα συστήματα είναι ευρέως γνωστά στην Κύπρο και στην Ελλάδα μιας και το αρχικό τους κόστος είναι χαμηλό και ο χρόνος απόσβεσης του είναι πολύ μικρός σε σχέση με άλλα συστήματα. Ο βαθμός απόδοσης τους είναι αρκετά υψηλός με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι εγκαταστάσεις τους στα νοικοκυριά. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και την μετατρέπουν σε ηλεκτρική. Είναι μια κατηγορία που έχει ακόμα αρκετά υψηλό κόστος εγκατάστασης και σχετικά χαμηλό βαθμό απόδοσης. Όμως με τα φωτοβολταϊκά έχουμε τεράστια περιβαλλοντικά οφέλη και με την εγκατάσταση μεγάλων φωτοβολταϊκών σταθμών ανοίγονται και πολλές θέσεις εργασίας.

Τα παθητικά συστήματα αφορούν τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και τα δομικά υλικά για την οικοδόμηση ενός χώρου. Αυτά τα συστήματα τα συναντάμε σε κτήρια αλλά και σε θερμοκηπιακές μονάδες, τα οποία έχουν κατασκευαστεί με βιοκλιματικό σχεδιασμό με σκοπό την συλλογή της ηλιακής ενέργειας ούτως ώστε το χειμώνα το κτήριο να είναι ζεστό και το καλοκαίρι να είναι δροσερό. Το κόστος εγκατάστασης των παθητικών συστημάτων εξαρτάται από το πόσο τεχνολογικά εξελιγμένα είναι ο σχεδιασμός τους και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των κτηρίων.

### **3.2 Το Φ/Β φαινόμενο - Αρχή λειτουργίας**

#### **Ιστορία του φωτοβολταϊκού φαινομένου**

Η ανακάλυψη του φωτοβολταϊκού φαινομένου έγινε το 1839 από το Γάλλο φυσικό Alexandre Edmund Becquerel. Το πρώτο ηλιακό ηλεκτρικό στοιχείο κατασκευάστηκε το 1954 στα εργαστήρια Μπέλ (Bell Labs) στις Ηνωμένες Πολιτείες για διαστημικές εφαρμογές. Η μεγαλύτερη εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στο κόσμο έγινε το 1962 στην Ιαπωνία από την εταιρεία Sharp σε ένα φάρο.

Κατά την δεκαετία του '70 ο κύριος πελάτης φωτοβολταϊκών συστημάτων στο κόσμο ήταν η NASA. Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων συντελέστηκε από Γάλλους επιστήμονες οι οποίοι το 1972 εγκατέστησαν σε χωριό του Νίγηρα Φ/Β συστήματα Θείουχου Καδμίου (Cds) για την τροφοδοσία εκπαιδευτικής τηλεόρασης ενός σχολείου. Η πετρελαϊκή κρίση του 1973 έδωσε ώθηση στην χρηματοδότηση για την έρευνα και την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων ως εναλλακτική πηγή ενέργειας. Αυτή η χρηματοδότηση για την εξέλιξη και βελτίωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων οδήγησαν στην ανακάλυψη των πρώτων φωτοβολταϊκών κυψέλων, άμορφου πυριτίου, από τον David Carlson και τον Christopher Wronski των RCA Laboratories το 1976.

Το 1980 ακολούθησε η μεγαλύτερη εγκατάσταση Φ/Β της τάξεως 1MW στην Καλιφόρνια από την εταιρεία ARCO Solar με σύστημα παρακολούθησης δύο αξόνων. Ένα ακόμα σημαντικό βήμα για το Φ/Β φαινόμενο υπήρξε η πτήση του αεροπλάνου Solar Challenger με 16.128 φωτοβολταϊκά στοιχεία Si συνολικής ισχύος 2,7KW που πέταξε πάνω από την θάλασσα της Μάγχης το 1981.

Από την δεκαετία του '70 μέχρι την δεκαετία του '90 οι Η.Π.Α έδειξαν μειωμένο ενδιαφέρον στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά με αποτέλεσμα πολλές εταιρείες εξαγοράστηκαν από την Γερμανία και την Ιαπωνία. Τα πράγματα αλλάξαν με τον Α' πόλεμο του Κόλπου το 1990 και οι Η.Π.Α άρχισαν να δείχνουν εκ νέου το ενδιαφέρον τους για τις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η συνεχής εξέλιξη των συστημάτων φτάνει στο μέγιστο της απόδοσης της το 1999, η απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου αγγίζει το 32,3%, την επιτυχία αυτή κατάφεραν οι

εταιρείες Spectrolab και NREL.

Με την ολοένα αυξανόμενη χρήση αυτών των συστημάτων παρατηρείται μια μείωση στο κόστος αν και με χαμηλό ρυθμό, με αποτέλεσμα να γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικά σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Από την πρωτοεμφάνιση των συστημάτων αυτών παρατηρούμε την συνεχή μείωση του κόστους που οφείλεται στην είσοδο μεγάλων εταιρειών στο χώρο. Αν κοιτάξουμε την πάροδο των χρόνων ζωής των φωτοβολταϊκών παρατηρούμε ότι το 1956 η τιμή πώλησης ήταν 500\$/W, το 1970 η τιμή έπεσε στα 100\$/W, στα επόμενα τρία χρόνια (1973) η τιμή μειώθηκε στο ήμισυ. Με την συνεχή μείωση των τιμών ερχόμαστε το 2004 όπου η τιμή πώλησης φτάνει τα 6,5ευρώ/W.

Με την όλο και μεγαλύτερη εξέλιξη στο βαθμό απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων<sup>10</sup>, η αποδοχή και η χρήση τους είναι πολύ διαδεδομένη. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στο κόστος τους αλλά και στα πολλά περιβαλλοντικά οφέλη που έχουν, σε αντίθεση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας, με αποτέλεσμα να είναι η πλέον υποσχόμενη ενεργειακή τεχνολογία.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Η οποία επιτυγχάνεται με την μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρικό ρεύμα

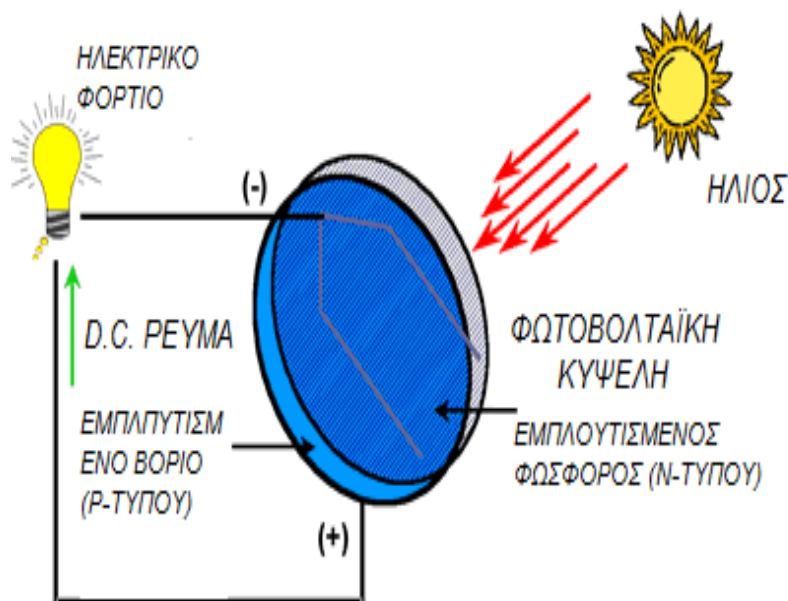
<sup>11</sup> [www.environsa.com](http://www.environsa.com)

### **3.3 Τεχνολογία Φ/Β κυψέλη**

Όταν λέμε φωτοβολταϊκή κυψέλη εννοούμε την διαδικασία που γίνεται για να μετατραπεί το φως του ήλιου (ηλιακή ενέργεια) σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό επιτυγχάνεται με την κίνηση των ηλεκτρονίων και των πρωτονίων. Η κίνηση αυτή σε μερικά μέταλλα γίνεται ευκολότερα και εντονότερα, αυτές οι ομάδες που έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζονται αγωγοί. Τα μέταλλα που χρειάζονται τεράστια ποσά ενέργειας για να μπορέσουν να μετακινηθούν τα ηλεκτρόνια ονομάζονται μονωτές. Αυτή η μετακίνηση των ηλεκτρονίων συμβαίνει γιατί το φράγμα δυναμικού που χωρίζει την ζώνη σθένους από την ζώνη αγωγιμότητας είναι πολύ μικρότερη στους αγωγούς από ότι στους μονωτές. Έτσι τα ηλεκτρόνια στους αγωγούς απελευθερώνονται με ελάχιστη ενέργεια ενώ στους μονωτές απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας. Σε μια ενδιάμεση κατάσταση βρίσκονται οι ημιαγωγοί που αυτή η κατηγορία χρησιμοποιείται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυψελών. Έτσι η φωτοβολταϊκή κυψέλη κατασκευάζεται κυρίως από υλικό ημιαγωγών που ονομάζεται πυρίτιο (Silicon – Si).

Για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα και να μπορεί να κατασκευαστεί η κυψέλη πρέπει να εμποτίσουμε τον ημιαγωγό με ξένα σώματα. Ανάλογα με την πρόσμιξη που θα γίνει θα χαρακτηρίσουμε τον ημιαγωγό ως n (negative - αρνητικός) ή p (positive – θετικός). Η πρώτη ύλη για την παραγωγή του n- αρνητικού ημιαγωγού είναι ο φώσφορος, ενώ η πρώτη ύλη για την παραγωγή του p-θετικού ημιαγωγού χρησιμοποιείται το βόριο. Οι ημιαγωγοί τύπου p-θετικού είναι αυτοί που διαθέτουν περίσσεια θετικών φορτίων ή οπών (τρύπες), ενώ στους ημιαγωγούς τύπου n-αρνητικούς είναι αυτοί που διαθέτουν τα ηλεκτόνια ( $e^-$ ) δηλαδή τα αρνητικά φορτία. Όταν τα δύο αυτά διαφορετικά στρώματα των ημιαγωγών, δηλαδή οι οπές έρθουν σε επαφή με τα ηλεκτρόνια, τότε στο σημείο επαφής δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, καθώς από τη μια πλευρά υπάρχουν ελεύθερα θετικά φορτία (τύπου p) και από την άλλη ελεύθερα αρνητικά (τύπου n). Συνήθως ο ημιαγωγός που εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία είναι ο p-θετικός, και έτσι τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται από τον ημιαγωγό τύπου p οδηγούνται στον ημιαγωγό τύπου n, μέσω της επαφής p - n. Αν τις

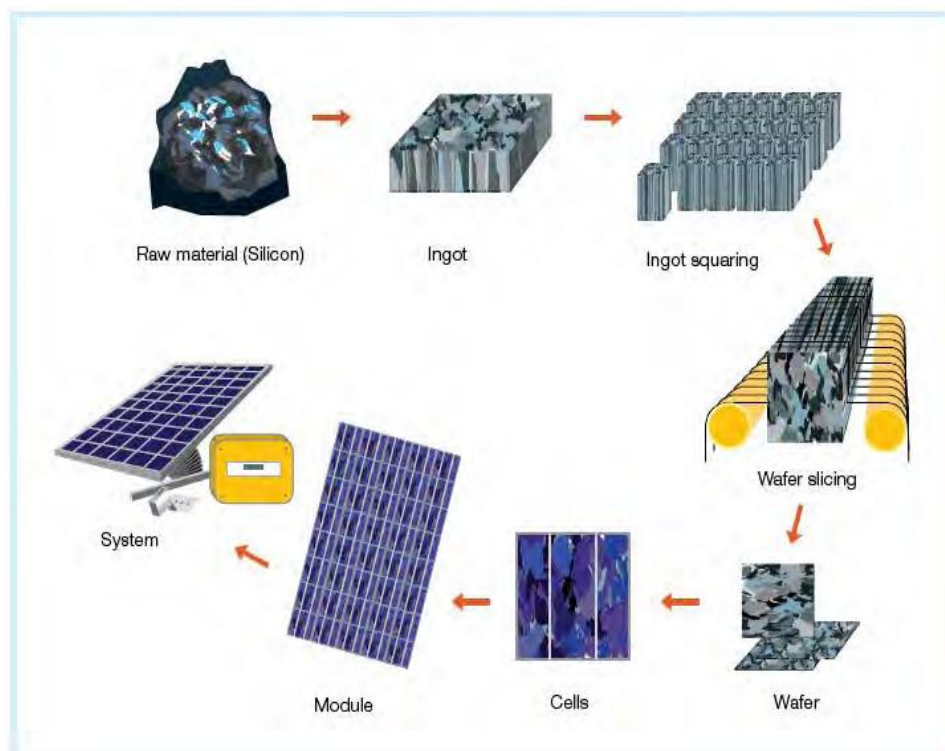
δύο αυτές επιφάνειες τις συνδέσουμε μεταξύ τους με κάποιους ακροδέκτες και μπει ανάμεσα τους μια αντίσταση φορτίου τότε το αποτέλεσμα που θα έχουμε είναι η δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό επιτυγχάνεται γιατί τα ηλεκτρόνια του ενός ημιαγωγού θα κινηθούν μέσω του ημιαγωγού τύπου θετικού και έτσι δημιουργείται ηλεκτρισμός.



**Εικόνα 3:** Λειτουργία φωτοβολταϊκής κυψέλης

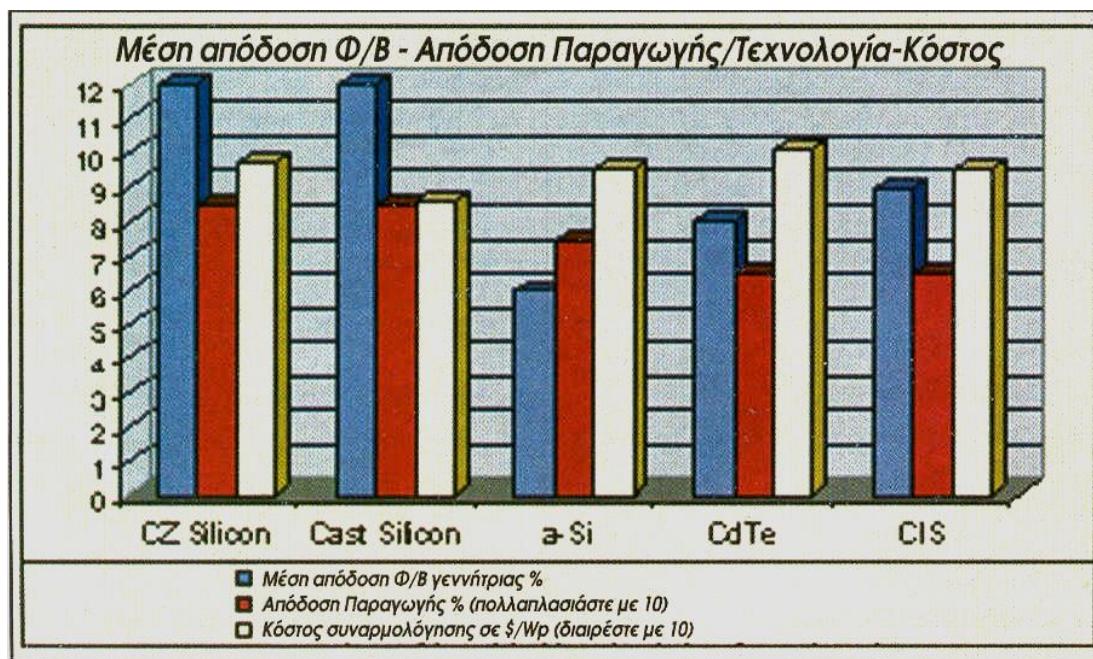
### 3.4 Υλικά κατασκευής Φ/Β

Υπάρχουν πολλοί τρόποι και υλικά που μπορούμε να κατασκευάσουμε φωτοβολταϊκά κύτταρα. Το πιο γνωστό υλικό και διαδεδομένο για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυττάρων είναι το πυρίτιο (Silicon), γιατί οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει έχουν σαν βάση το πυρίτιο. Το πυρίτιο βρίσκεται πολύ εύκολα στη φύση και καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση σε αφθονία, που υπάρχει στο πλανήτη μετά από το οξυγόνο. Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί, ακόμα μπορεί εύκολα να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική μορφή. Το πυρίτιο αντέχει μέχρι τους  $125\text{C}^{\circ}$  και μας διευκολύνει την χρήση του.



**Εικόνα 4:** Επεξεργασία της “πρώτης ύλης” (“Casting and Wafering”, δηλαδή κρυστάλλωση με θερμική διεργασία του πυριτίου σε κυλινδρικούς μονοκρυστάλλους ή πολυκρυσταλλικές χελώνες ή κατευθείαν σε πολυκρυσταλλικά δισκία πυριτίου και κοπή των παραπάνω σε λεπτά δισκία ή φέτες πυριτίου).

Έτσι κατασκευάζονται φωτοβολταϊκά κύτταρα από μονό-κρυσταλλικό ή πολύ-κρυσταλλικό πυρίτιο, όπως και από άμορφο πυρίτιο. Διάφορα άλλα υλικά που μπορούμε να κατασκευάσουμε φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι ο συνδυασμός υλικών γαλλίου-Αρσενίου (GaAs), καδμίου-τελλουρίου(CdTe) και χαλκού-ινδίου-δισεληνίου (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS). Έτσι δημιουργείται μια μεγάλη ποικιλία φωτοβολταϊκών με διαφορετικά υλικά που διαφέρουν τόσο σε κόστος όσο και στο βαθμό απόδοσης τους. Παρακάτω μπορούμε να δούμε στο διάγραμμα διάφορα υλικά με τους μέσους βαθμούς απόδοσης, καθώς και τα κόστη ανά τεχνολογία των Φ/Β.



**Εικόνα 5:** Μέση βαθμοί απόδοσης Φ/Β – απόδοση παραγωγής/τεχνολογίας – κόστος

### Τύποι Φ/Β συστημάτων πυριτίου « μεγάλου πάχους »

Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si) Εικόνα 6:

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3mm. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 - 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών Φ/Β είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου. Το μονοκρυσταλλικό Φ/Β με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, είναι της SunPower με απόδοση πλαισίου 18,5%.





**Εικόνα 6:** Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Φ/Β στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (multi Crystalline Silicon, mc - Si) Εικόνα 7: Το πάχος τους είναι περίπου 0,3 mm. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όταν οι μονοκρυσταλλικές περιοχές καταλαμβάνουν μεγαλύτερη επιφάνεια τότε η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία είναι μεγαλύτερη. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 - 15% για τα Φ/Β πλαίσια. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι, η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση") και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



**Εικόνα 7:** Φ/Β στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Φ/Β στοιχεία ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon) Εικόνα 8:

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία Φ/Β στοιχείων. Αναπτύσσεται από την Evergreen Solar. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και

πολυκρυσταλλικών Φ/Β κυψελών πυριτίου. Η απόδοση του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12 - 13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3 mm. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.



**Εικόνα 8:** Φ/Β στοιχείο ταινίας πυριτίου

**Φ/Β στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (thin film).**

Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός (CuInSe<sub>2</sub> ή CIS, με προσθήκη γαλλίου CIGS) Εικόνα 9.

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρόλα αυτά η απόδοση του πλαισίου του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%. Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των Φ/Β τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως. Με την πρόσμιξη γαλλίου η απόδοση του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο CIGS. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση. Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.



**Εικόνα 9:** Φ/Β στοιχείο δισεληνοϊνδιούχου χαλκού

Φ/Β στοιχεία άμορφου πυριτίου (Amorphous ή Thin film Silicon, a - Si) Εικόνα 10. Τα Φ/Β στοιχεία αυτά έχουν χαμηλές αποδόσεις. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγικού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας Φ/Β thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 - 8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το Φ/Β στοιχείο a - Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα. Για να μπορέσουμε να παράγουμε ενέργεια που ισοδυναμεί με τα κρυσταλλικά χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια άμορφου Φ/Β στοιχείου. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά την διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 mm ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 - 3 mm.



**Εικόνα 10:** Φ/Β στοιχείο άμορφου πυριτίου

Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe) Εικόνα 11.

Το Τελλουριούχο Κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως την δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6 - 8%. Στο εργαστήριο η απόδοση στα Φ/Β στοιχεία έχει φτάσει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για Φ/Β στοιχεία CdTe είναι η First Solar. Εμπόδιο για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης το Τελλούριο δεν βρίσκεται σε αφθονία.

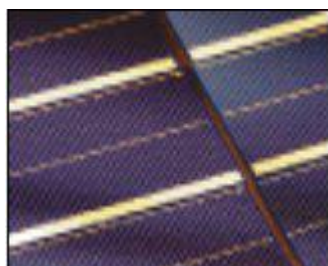


**Εικόνα 11:** Φ/Β στοιχείο τελλουριούχου καδμίου

Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs) Εικόνα 12.

Το Γάλλιο είναι ένα υποπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο άλλα έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (multijunction) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα Φ/Β στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές

ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators). Τα Φ/Β στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό, αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσης του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.



**Εικόνα 12:** Φ/Β στοιχείο Αρσενικούχου Γάλλιου

Υβριδικά Φ/Β στοιχεία Εικόνα 13.

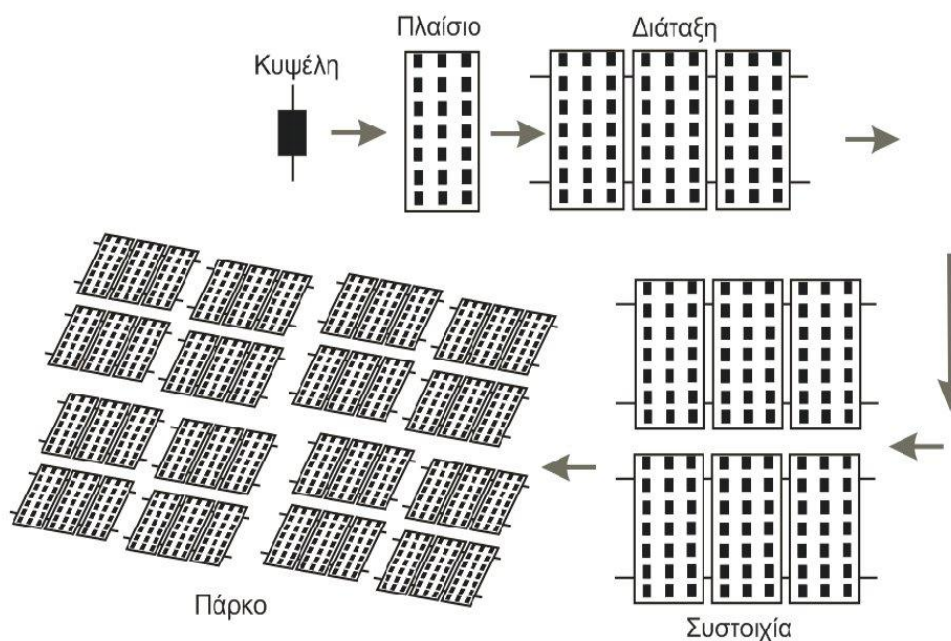
Ένα υβριδικό Φ/Β στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διαφόρων τεχνολογιών - HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Κατασκευάζεται από την Sanyo Solar. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά Φ/Β στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη τους απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό Φ/Β είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά Φ/Β πλαίσια.



**Εικόνα 13:** Υβριδικό Φ/Β στοιχείο

### **3.5 Τοπολογίες Φ/Β στοιχείων**

Η Φ/Β κυψέλη (photovoltaic cell) αποτελεί την βασική δομική μονάδα του Φ/Β συστήματος. Το Φ/Β πλαίσιο (photovoltaic module) είναι ένας αριθμός κυψελών μέσα σε μια συμπαγή κατασκευή. Η συναρμολόγηση μερικών Φ/Β πλαισίων σε μεταλλικό σκελετό ονομάζεται Φ/Β διάταξη (photovoltaic array). Οι καλωδιώσεις της διάταξης καταλήγουν σε ηλεκτρολογικό κιβώτιο το οποίο αποτελεί μια ενιαία κατασκευή έτοιμη για εγκατάσταση. Το πλεονέκτημά της είναι το μικρό της βάρος, η εύκολη αφαίρεση της, αλλά και η εύκολη επανατοποθέτησης της. Τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Η Φ/Β συστοιχία (photovoltaic compound) είναι ο συνδυασμός πολλών Φ/Β διατάξεων καλωδιωμένων μεταξύ τους σε σειρά και παράλληλα, οι οποίες είναι σε μια επίπεδη συνήθως επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη. Το Φ/Β πάρκο (photovoltaic park) είναι το σύνολο των συνεργαζόμενων Φ/Β συστοιχιών. Το Φ/Β πάρκο μαζί με τους αντιστροφείς (inverter), που απαιτούνται για την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο, μπορεί να παράξει ηλεκτρική ισχύ που να επαρκεί για την τροφοδοσία ολόκληρων οικισμών.



**Εικόνα 14:** Εξέλιξη φωτοβολταϊκής κυψέλης σε φωτοβολταϊκό πάρκο

### Τρόποι σύνδεσης Φ/Β στοιχείων

Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και παράλληλα, ανάλογα με την ισχύ που θέλουμε να πετύχουμε και το διαθέσιμο χώρο. Η σύνδεση σε σειρά κάποιου αριθμού ( $N$ ) όμοιων Φ/Β στοιχείων, οδηγεί σε σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοιχτού κυκλώματος  $V_{tOC} = NV_{OC}$ . Το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός  $I_{tSC} = I_{SC}$ . Η παράλληλη σύνδεση κάποιου αριθμού ( $N$ ) όμοιων Φ/Β στοιχείων, δίνει ένα σύνολο με την ίδια τάση ανοιχτού κυκλώματος  $V_{tOC} = V_{OC}$ , ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ισούται με  $N$  φορές το ρεύμα βραχυκύκλωσης έκαστου  $I_{tSC} = N I_{SC}$ . Συνήθως τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται έτσι ώστε να αποφεύγονται όσο το δυνατό περισσότερες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στη γραμμή μεταφοράς. Δηλαδή θέλουμε χαμηλό ρεύμα και αντίστοιχα μεγάλη ηλεκτρική τάση μέσα στα επιτρεπτά όρια. Η τελική τάση εξόδου προς τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές της εγκατάστασης πρέπει να προσαρμόζεται στην τάση εισόδου από τον κατασκευαστή και φυσικά από τον μελετητή. Για να προσαρμόσουμε την παραπάνω τάση απαιτούνται ηλεκτρονικές

διατάξεις που ονομάζονται μετατροπείς συνεχούς τάσεως σε συνεχή. Μια ενδεικτική τιμή συνολικής ισχύος αιχμής μιας συστοιχίας είναι από 100 W - 1 kW.

### ***3.6 Προσανατολισμός και γωνία κλίσης των Φ/Β διατάξεων***

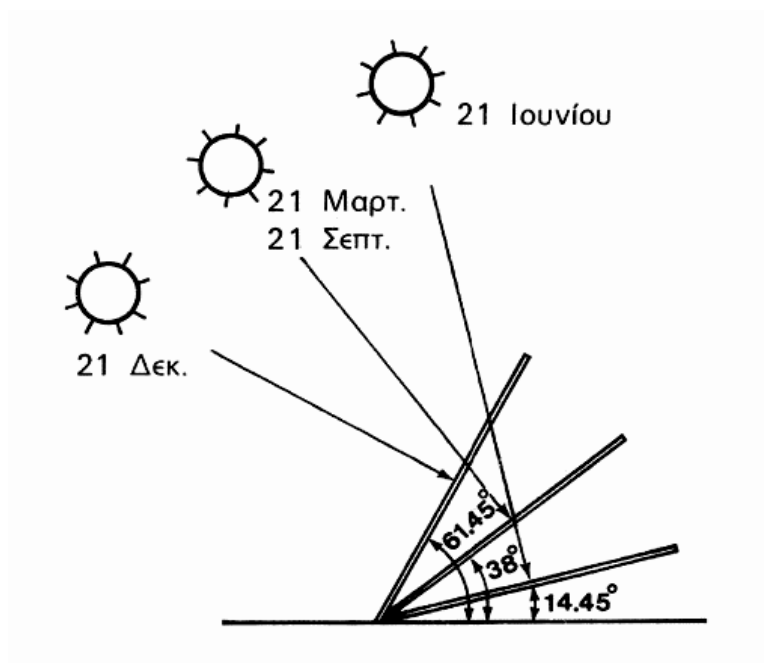
Η ηλιακή ενέργεια που συλλέγει η Φωτοβολταϊκή διάταξη εξαρτάται πολύ από τον προσανατολισμό και την γωνία κλίσης που έχει η συστοιχία. Για να έχουμε μεγαλύτερη απόδοση στη Φ/Β διάταξη πρέπει ο προσανατολισμός που θα έχει να είναι στο Νότο.

Όσον αφορά την γωνία κλίσης, για διατάξεις με σταθερή βάση, εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής που γίνεται η εγκατάσταση. Για να μπορούμε να έχουμε μέγιστη απολαβή κατά την καλοκαιρινή περίοδο του έτους τότε η βέλτιστη γωνία είναι  $3^{\circ}$  -  $10^{\circ}$  περίπου μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής όπου γίνεται η εγκατάσταση. Έτσι οι ακτίνες του ήλιου μπορούν να είναι κάθετες στους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η ένταση των ακτινών του ήλιου είναι αυξημένη και έτσι μεγιστοποιείται η απολαβή ενέργειας. Αντίθετα το χειμώνα η ένταση είναι πιο μικρή γιατί η γωνία κλίσης απέχει πολλή από την κάθετη.

Πιστεύεται ότι ο καλύτερος προσανατολισμός για την ομοιόμορφη συλλογή ενέργειας για όλο το έτος είναι να έχουμε την γωνία κλίσης περίπου 40% - 60% μεγαλύτερη από το γεωγραφικό πλάτος του χώρου όπου γίνεται η εγκατάσταση της Φ/Β διάταξης. Με αυτή την διάταξη πετυχαίνουμε να έχουμε το χειμώνα σχεδόν κάθετα τις ακτίνες του ήλιου στην Φ/Β διάταξη και έτσι συλλέγουμε μεγάλα ποσά ενέργειας με την μικρή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγάλη οι ακτίνες του ήλιου δεν έρχονται κάθετα προς την Φ/Β διάταξη αλλά η κλίση τους έχει ως αποτέλεσμα να μην αποδίδουν το μέγιστο της απόδοσης αλλά να έχουν ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα και έχουν συνολικά ομοιόμορφη απολαβή όλο το χρόνο. Αν επιδιώκεται η απολαβή μόνο τους καλοκαιρινούς μήνες τότε οι συλλέκτες πρέπει να τοποθετηθούν με πολύ μικρή γωνία αλλά όχι μικρότερη από  $10^{\circ}$  γιατί μετά μαζεύεται σκόνη στην επιφάνεια του πάνελ μας. Αν η περιοχή που γίνεται η εγκατάσταση έχει χιονοπτώσεις τότε η κλίση μεγαλώνει για να μη έχουμε συσσώρευση του χιονιού



στο πάνελ. Γενικά για να μπορούμε να έχουμε την μεγαλύτερη δυνατή απολαβή ενέργειας καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου πρέπει να αλλάζουμε την γωνία της διάταξης μας ανάλογα με την εποχή.



**Εικόνα 15:** Η βέλτιστη κλίση ενός ηλιακού συλλέκτη<sup>12</sup>

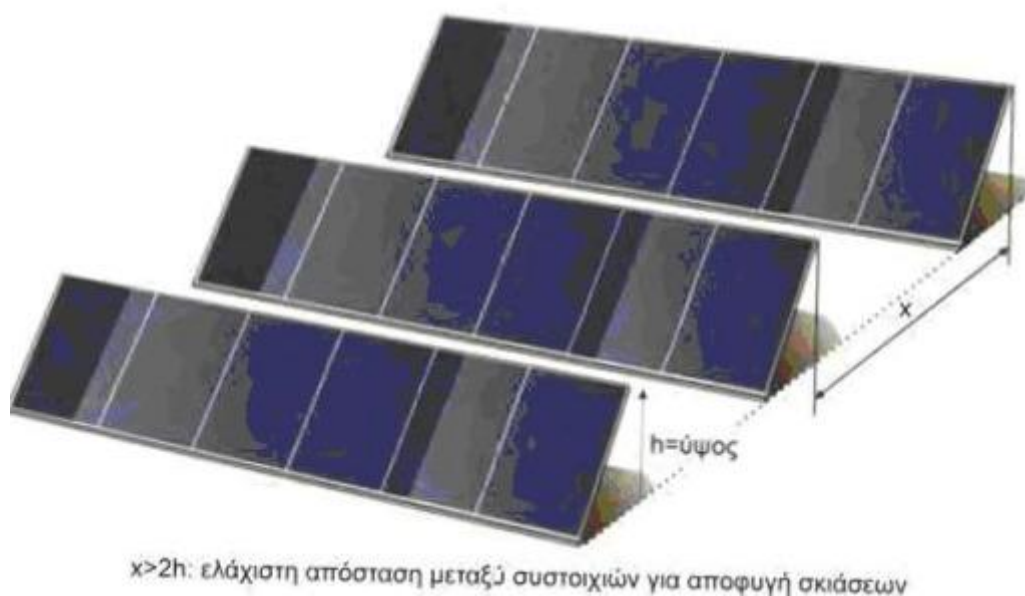
---

<sup>12</sup> Στο θερινό (21 Ιουνίου) και το χειμερινό (21 Δεκεμβρίου) ηλιοστάσιο και στην εαρινή (21 Μαρτίου) και τη φθινοπωρινή (21 Σεπτεμβρίου) ισημερία, σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος 38°, όπως η Αθήνα. Τα ύψη του ήλιου που εικονίζονται αφορούν στα αντίστοιχα ηλιακά μεσημέρι.

### 3.7 Ελάχιστη απόσταση Φ/Β συστοιχιών

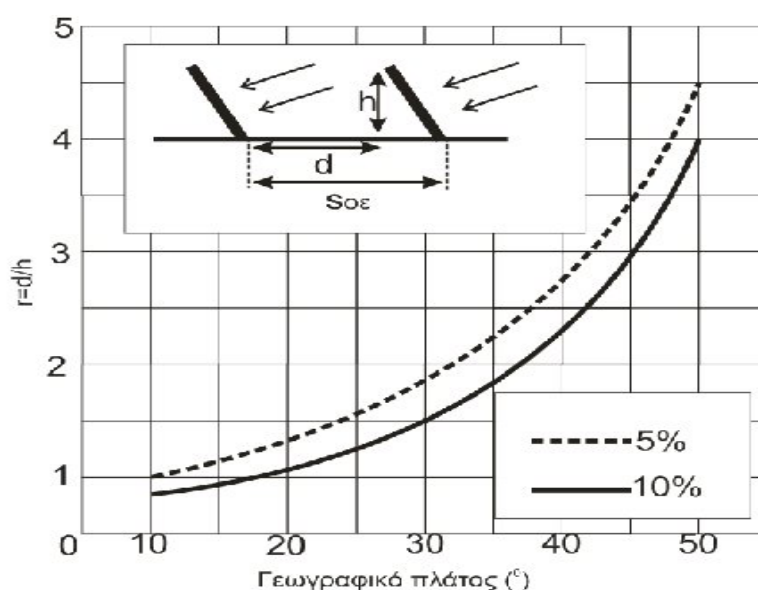
Όταν κατασκευάζεται ένα φωτοβολταϊκό πάρκο μεγάλη σημασία δίνεται στην απόσταση των συστοιχιών μεταξύ τους. Αυτό γίνεται για να μην προκαλεί σκίαση η μια με την άλλη συστοιχία και να χάνεται η ενέργεια που υπολογίστηκε να ληφθεί. Γενικά η σκίαση μέρους τις χαμηλότερης σειράς Φ/Β πλαισίων μηδενίζει την ενεργειακή απόδοση της συστοιχίας σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθούν δίοδοι παράκαμψης σε κάθε Φ/Β πλαίσιο. Άρα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικός σχεδιασμός του Φωτοβολταϊκού πάρκου για να μην χάσουμε μεγάλα ποσά ενέργειας αλλά και να έχουμε την καλύτερη ενεργειακή απολαβή σε όλο το χρόνο.

Στην περίπτωση που θεωρήσουμε ότι η τοποθέτηση των συστοιχιών βρίσκεται σε οριζόντια επιφάνεια η απόσταση της μιας συστοιχίας από την άλλη ισούται με το μήκος της μακρύτερης μεσημεριανής σκιάς μέσα στο έτος που είναι γύρω στις 22 Δεκεμβρίου. Αν τα Φ/Β πλαίσια στη συστοιχία είναι ενωμένα σε σειρά, η σκίαση του χαμηλότερου εξ αυτών από τις νοτιότερες συστοιχίες κατά το χειμώνα προκαλεί διακοπή της λειτουργίας όλου του πάνελ και πιθανόν όλης της συστοιχίας.



**Εικόνα 16:** Ελάχιστη απόσταση μεταξύ συστοιχιών για αποφυγή σκιάσεων

Για να περιοριστεί το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται μια δίοδος παράκαμψης στη χαμηλότερη σειρά Φ/Β πλαισίου της συστοιχίας. Για τον ακριβή προσδιορισμό της απόστασης Φ/Β συστοιχιών εξετάζεται η σχέση του λόγου  $r = d / h$ , όπου  $d$  η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών συστοιχιών και  $h$  το ύψος τους, με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου που γίνεται η εγκατάσταση. Χρησιμοποιώντας ειδικά μαθηματικά μοντέλα προκύπτει η Εικόνα 17 η οποία συσχετίζει το γεωγραφικό πλάτος του τόπου με την ελάχιστη απόσταση εγκατάστασης της Φ/Β συστοιχίας.



Εικόνα 17: Ελάχιστη απόσταση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου

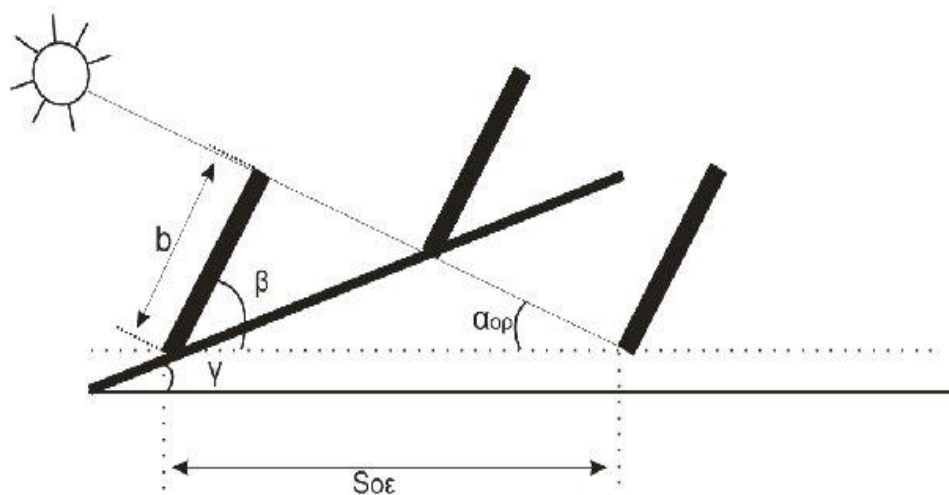
### Ελάχιστη απόσταση Φ/Β συστοιχιών σε κεκλιμένο επίπεδο

Στην περίπτωση που έχουμε κεκλιμένο επίπεδο (Εικόνα 18) με προσανατολισμό προς το Νότο (δηλ.  $\gamma > 0$ ) και για γωνία  $\gamma$  η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών συστοιχιών δίνεται από την πιο κάτω εξίσωση:

$$\frac{S_{\kappa\epsilon}}{b} = (r \sin b + \cos b) \frac{\sin a_{op}}{\sin(a_{op} + \gamma)} \Rightarrow S_{\kappa\epsilon} = S_{o\epsilon} \frac{\sin a_{op}}{\sin(a_{op} + \gamma)}$$

Η γωνία κλίσης λαμβάνεται θετική για κατωφέρεια προς το νότο και αρνητική για ανωφέρεια. Σε περίπτωση που η γωνία του εδάφους ξεπερνά τη βέλτιστη γωνία

κλίσης τότε οι Φ/Β συστοιχίες τοποθετούνται παράλληλα με το έδαφος.



**Εικόνα 18:** Τοποθέτηση συστοιχιών σε κεκλιμένο επίπεδο

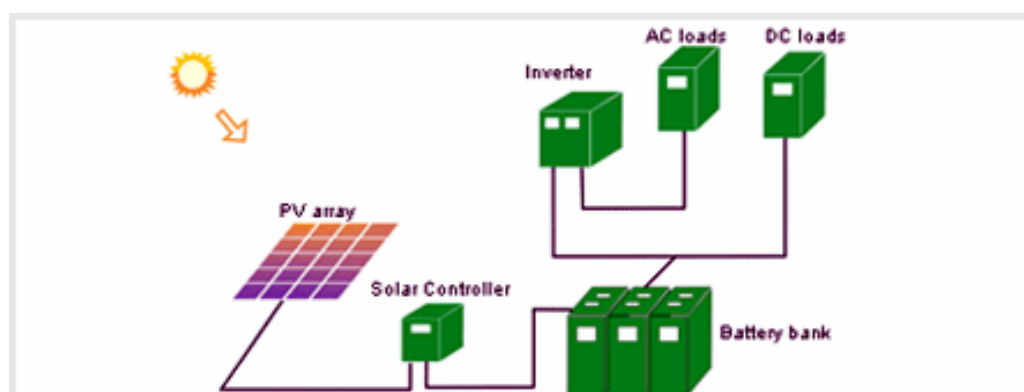
### **3.8 Βασική λειτουργία ενός Φ/Β**

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ηλεκτρικό ρεύμα και να διοχετευτεί στο σύστημα χρειάζεται μια διαδικασία όπως όλα τα συστήματα που λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι λίγο διαφορετικός από τα συμβατικά ηλεκτρομηχανικά παραγωγικά συστήματα, αλλά οι αρχές και η δομή λειτουργίας και διασύνδεσης με άλλα συστήματα παραμένουν οι ίδιες, καθώς ακολουθούνται από κάποιους κώδικες και πρότυπα. Επιπλέον για την ομαλή λειτουργία του συστήματος χρειάζονται και διάφορα άλλα στοιχεία. Τα στοιχεία αυτά χρειάζονται για τον έλεγχο, την μετατροπή, την διανομή και την καταχώρηση της ενέργειας που παράγεται από την διάταξη.

Ανάλογα με τη λειτουργία του συστήματος χρειάζονται και τα κατάλληλα στοιχεία. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τα αυτόνομα και τα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα. Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα χωρίς την υποστήριξη μεγάλων ηλεκτρικών δικτύων διανομής, οι επιμέρους βοηθητικές μονάδες είναι συνήθως:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Πίνακας ελέγχου
- Ρυθμιστής φόρτισης
- Αντιστροφέας τάσης DC/AC
- Συσσωρευτές

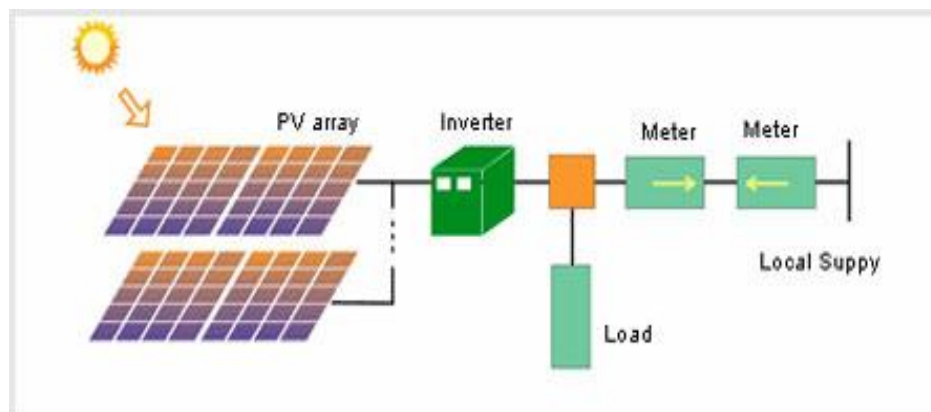
Τα συστήματα αυτά αποτελούν την ιδανικότερη λύση σε περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο τροφοδοσίας και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Ακόμα κρίνεται συμφέρουσα και σε χώρους όπου δεν έχει συχνά κατανάλωση και αυτό φαίνεται από το κόστος κύκλου ζωής. Στο πιο κάτω διάγραμμα φαίνεται η σύνδεση σε αυτόνομο σύστημα.



**Εικόνα 19:** Βασικό κυκλωματικό διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

Στα διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι φωτοβολταϊκές διατάξεις τροφοδοτείται απευθείας στο δίκτυο. Το δίκτυο ενεργεί όπως μια μπαταρία με απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης και επομένως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί πάντοτε να αποθηκεύεται. Γι' αυτό και η συνολική αποδοτικότητα ενός συνδεδεμένου Φ/Β συστήματος είναι καλύτερη από την αποδοτικότητα ενός αυτόνομου Φ/Β συστήματος. Για ένα διασυνδεδεμένο σύστημα οι επιμέρους μονάδες είναι:

- Φωτοβολταϊκά πλαίσια
- Πίνακας ελέγχου
- Αντιστροφέας τάσης DC/AC



**Εικόνα 20:** Βασικό κυκλωματικό διάγραμμα διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος

Επιπλέον για όλα τα συστήματα χρειάζονται κάποια βοηθητικά συστήματα για την σωστή λειτουργία τους, όπως ταξινόμηση της ισορροπίας του συστήματος (Balance Of System BOS), συμπεριλαμβανομένης της καλωδίωσης, πιθανής υπερφόρτωσης, προστασία κύματος και αποσύνδεση συσκευών. Ακόμα πρέπει να διαθέτουν κατά κανόνα και τα ακόλουθα μέρη:

- Διόδους αντεπιστροφής (blocking diodes) ώστε να μην επιτρέπεται η αντιστροφή του ρεύματος στα φ/β πλαίσια, γεγονός το οποίο μπορεί να τα καταστρέψει και να προκαλέσει ενεργειακές απώλειες.
- Διόδους διέλευσης (bypass diodes) για τη λειτουργία της συστοιχίας ακόμη και σε περιπτώσεις, όπου ένας αριθμός πλαισίων βρίσκονται υπό σκίαση.

### **3.9 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα Φ/Β**

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν διάφορες αξίες και μοναδικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές τεχνολογίες ισχύος. Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν για ποικίλες εφαρμογές και λειτουργικές απαιτήσεις, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για τη συγκέντρωση ή τη διανομή της παραγόμενης ισχύος. Τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι πάρα πολλά και αρκετά σημαντικά για το περιβάλλον. Παράγουν ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τον ήλιο «δωρεάν». Είναι εντελώς αθόρυβη η λειτουργία τους και δεν έχουν κινούμενα μέρη οπότε μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν δίπλα ή και πάνω σε κτίρια και κοντά σε κατοικημένες

περιοχές. Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των φωτοβολταϊκών για το περιβάλλον είναι ότι όχι μόνο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον με αέρια και κατάλοιπα, αλλά αποτρέπουν κατά μέσο όρο την έκλυση 1,5tn CO<sub>2</sub> κατά έτος, όσο δηλ. θα απορροφούσαν περίπου δύο στρέμματα δάσους.



**Εικόνα 21:** Ισοδυναμία ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο με ένα βαρέλι πετρέλαιο

Μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα χωρίς την απαραίτητη παρουσία χρήστη και μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργούν σε απομονωμένες περιοχές χωρίς να χρειάζονται κάποιου είδους καύσιμα. Έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν παράλληλα με άλλα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είτε σαν υποστήριξη είτε σαν κύρια μονάδα παραγωγής. Για να λειτουργήσουν το μόνο που χρειάζονται είναι να έχει ήλιο.

Από οικονομικής σκοπιάς συμφέρουν γιατί χρειάζονται ελάχιστη συντήρηση στη μεγάλη διάρκεια ζωής που έχουν, γύρω στα 25-30 χρόνια. Λειτουργικά αν οι ανάγκες αυξηθούν σε φορτίο και δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας μπορεί πολύ εύκολα να επεκταθεί η εγκατάσταση. Τα αυτόνομα συστήματα βοηθούν το χρήστη να μάθει την ορθολογική χρήση της ενέργειας κάνοντας τον καταναλωτή πιο προσεκτικό και ενήμερο στο τρόπο κατανάλωσης της ενέργειας. Με διάφορα

φωτοβολταϊκά πάρκα που κατασκευάζονται σε διάφορες περιοχές ανοίγουν πολλές θέσεις εργασίας. Πετυχαίνεται όμως και η αποκέντρωση της ενέργειας σε μικρές τοπικές μονάδες, οι οποίες δεν έχουν τις μεγάλες ενεργειακές απώλειες τις οποίες αντιμετωπίζει το κυρίως ηλεκτρικό δίκτυο. Βοηθούν στην αποφυγή black-out στις ώρες αιχμής, δηλαδή στους καλοκαιρινούς μήνες και στις μεσημεριανές ώρες, όπου αυτές τις ώρες έχουμε την μεγαλύτερη απολαβή από τα φωτοβολταϊκά πάρκα

Υπάρχουν βέβαια και μερικά μειονεκτήματα στην τεχνολογία αυτή. Το υψηλό κόστος ακόμα των Φ/Β πλαισίων και ο εξοπλισμός (σε σύγκριση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας) είναι ο αρχικός περιοριστικός παράγοντας για αυτή τη τεχνολογία. Η απόσβεση της αγοράς και εγκατάστασης των Φ/Β συστημάτων γίνεται αντιληπτή μετά από πολλά χρόνια σε σχέση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Σε μερικές περιπτώσεις οι απαιτήσεις επιφάνειας για τις διατάξεις των Φ/Β μπορούν να είναι ένας περιοριστικός παράγοντας. Οι επιφάνειες που απαιτούνται για την εγκατάσταση Φ/Β διατάξεων κυμαίνονται από 8 έως 12 m<sup>2</sup> (86 έως 129 ft<sup>2</sup>) ανά KW.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Τεχνική Μελέτη

#### **4.1 Τοποθέτηση Ηλιακών συλλεκτών**

Η τοποθέτηση των ηλιακών συλλεκτών για τα φωτοβολταϊκά πάρκα γίνεται ανάλογα με την γεωγραφική θέση του χώρου όπου θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση. Στην Κύπρο και στην Ελλάδα ο νότιος προσανατολισμός για τα φωτοβολταϊκά είναι ο ιδανικότερος και η βέλτιστη γωνία γύρω στις 35°. Για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ απαιτούνται περίπου 10-20 τετραγωνικά μέτρα για κάθε εγκατεστημένο KW, ανάλογα βέβαια με την τεχνολογία των πάνελ που θα εγκατασταθούν. Ακόμα χρειάζονται επιπλέον τετραγωνικά γιατί μεταξύ των φωτοβολταϊκών διατάξεων απαιτείται κάποια απόσταση μεταξύ των συστοιχιών ώστε να αποφεύγεται η σκίαση τους και να μειώνεται η απόδοση του πάρκου. Όπως επίσης διευκολύνεται η πρόσβαση στα πάνελ.

Για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 80KW με 220W φωτοβολταϊκό πάνελ (το Power Plus 220P με διαστάσεις 1,651X0,966=1.6m<sup>2</sup>) επί 364 πάνελ για το πάρκο, θα χρειαστούν 582m<sup>2</sup> για την καθαρή επιφάνεια των πάνελ. Όμως χρειάζεται το διπλάσιο ή και τριπλάσιο χώρο από την καθαρή επιφάνεια των πάνελ για την ολοκλήρωση του φωτοβολταϊκού πάρκου, που συνεπάγεται ότι χρειάζονται 1164-1746 τετραγωνικά μέτρα για την εγκατάσταση του. Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών διατάξεων γίνεται με την σχετική νομοθεσία για πολεοδομικές διατάξεις, περιβαλλοντικούς όρους και σύμφωνα με την μελέτη του έργου. Το κόστος ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος ανά εγκατεστημένο KW εξαρτάται από:

- την τεχνολογία των πάνελ που θα χρησιμοποιηθεί (π.χ. αν είναι μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά, άμορφου πυριτίου κ.α)
- την προέλευση των πάνελ και των λοιπών στοιχείων του εξοπλισμού (αν είναι Ευρωπαϊκά ή Κινέζικα)
- το μέγεθος του Φ/Β Συστήματος (όσο μικρότερη είναι η ισχύς, τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος ανά εγκατεστημένο KW)
- τη δυσκολία της εγκατάστασης (δυσπρόσιτες περιοχές ή εγκαταστάσεις με

αυξημένη τεχνική δυσκολία κοστίζουν περισσότερο)

- τη μορφολογία του εδάφους (ένα σχετικά ίσιο χωράφι έχει μικρότερο κόστος χωματουργικών και λοιπών εργασιών στήριξης)
- την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο όπου θα διοχετευτεί η ενέργεια αν είναι μακριά θα πρέπει να κατασκευαστεί υποσταθμός όπου θα χρεωθεί στον επενδυτή, αν είναι κοντά το δίκτυο μπορεί να διοχετευτεί απευθείας.

#### **4.2 Χωροθέτηση – Εύρεση χώρου – Έργα υποδομής**

Τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του χώρου εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματός είναι τα ακόλουθα:

- i. Ο προσανατολισμός του οικοπέδου πρέπει να έχει όσο το δυνατό πιο μικρή απόκλιση από τον νότο.
- ii. Η κλίση του οικοπέδου πρέπει να είναι τέτοια που να επιτρέπει την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων υπό κλίση γύρω στις 27°.
- iii. Μορφολογία του εδάφους (αποφυγή ύπαρξης πετρωμάτων, βράχων κ.τ.λ.)
- iv. Επιλογή χώρου όπου δεν υπάρχουν γύρω δέντρα ή άλλα εμπόδια που θα δημιουργούν σκίαση.
- v. Ευκολία πρόσβασης του οικοπέδου ( ύπαρξη δρόμου πρόσβασης).
- vi. Απόσταση από το δίκτυο ή από υποσταθμό της Α.Η.Κ.
- vii. Επιλογή χώρου που δεν εμπίπτει σε ζώνη προστασίας αρχαιολογικού χώρου ή σε ειδική ζώνη αερολιμένα, δεν βρίσκεται σε προστατευμένη περιοχή φυσικού καλούς ή κοντά σε παραδοσιακό οικισμό ή μνημείο.

Για την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού πάρκου χρειάζονται να γίνουν πρώτα κάποια έργα για να βοηθήσουν στην υλοποίηση του. Ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους μπορεί να χρειαστεί να γίνουν κάποια χωματουργικά έργα για την διευκόλυνση της τοποθέτησης των βάσεων. Όσον αφορά την προστασία του πάρκου

από εξωγενείς παράγοντες χρειάζεται να γίνει κάποια περίφραξη του χώρου όπως επίσης και η τοποθέτηση κάμερας παρακολούθησης και καταγραφής, συστημάτων ασφαλείας, συναγερμού και σύστημα πυροπροστασίας. Για την διοχέτευση της παραγόμενης ενέργειας στο σύστημα της Α.Η.Κ πρέπει να εγκατασταθούν πάσσαλοι ηλεκτροδότησης ή αν είναι μακριά ο υποσταθμός της Αρχής Ηλεκτρισμού Κύπρου να κτιστεί ένας μικρός σταθμός.

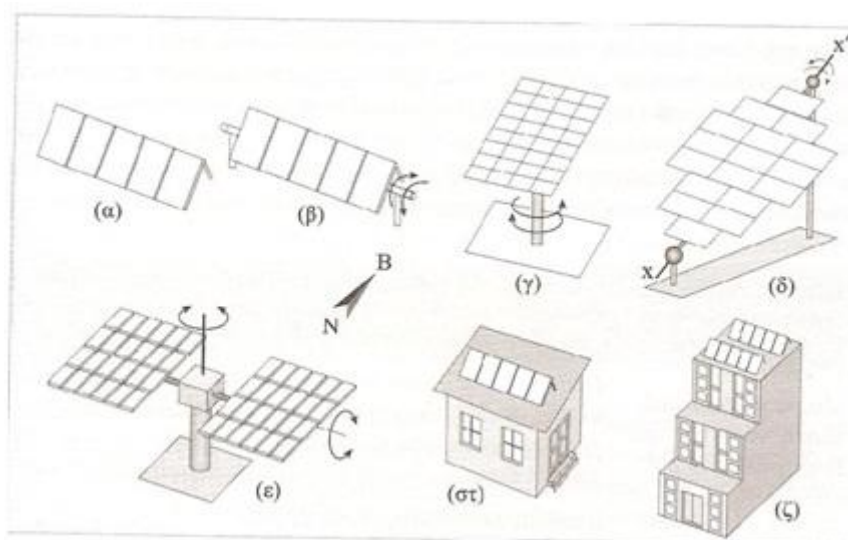
Οι φορείς που εμπλέκονται στην διαδικασία εξασφάλισης άδειας για εγκατάσταση και λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος, καθώς και στην παροχή της σχετικής χορηγίας/επιδότησης είναι οι ακόλουθοι:

- Για τις περιπτώσεις των διασυνδεδεμένων συστημάτων ο αιτητής πρέπει να εξασφαλίσει σχετική έγκριση από την ΑΗΚ και να υπογράψει τους σχετικούς όρους διασύνδεσης του συστήματος του με το δίκτυο. Επίσης η καταμέτρηση της παραγομένης ηλεκτρικής ενέργειας του κάθε Φ/Β συστήματος, για την παροχή της επιδότησης θα γίνεται ανά δίμηνο από λειτουργούς της ΑΗΚ.
- Το Ίδρυμα Ενέργειας είναι υπεύθυνο για την παραλαβή, αξιολόγηση και προώθηση αιτήσεων για έγκριση στη επιτροπή χορηγιών, για παροχή χορηγίας/επιδότησης για αγορά και εγκατάσταση Φ/Β συστήματος. Επίσης στο Ίδρυμα Ενέργειας Κύπρου μπορεί να αποταθεί ο κάθε ενδιαφερόμενος για παροχή οποιασδήποτε πληροφορίας, βοήθειας και διευκρίνησης για θέματα παροχής άδειας εγκατάστασης και χορηγίας για την λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος.
- Για εγκαταστάσεις συστημάτων δυναμικότητας πέραν των 20 ΚWp ο κάθε ενδιαφερόμενος θα πρέπει να εξασφαλίσει Άδεια ή Εξαίρεση για κατασκευή σταθμού παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρισμού από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας Κύπρου (ΡΑΕΚ). Επίσης η ΡΑΕΚ καθορίζει και την τιμή αγοράς από την ΑΗΚ του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγεται με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- Πριν από την παροχή χορηγίας κάθε εγκατάσταση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος θα πρέπει να επιθεωρηθεί από αρμόδιους λειτουργούς της Ηλεκτρομηχανολογικής Υπηρεσίας για να διαπιστώνεται κατά πόσο το σύστημα είναι σε λειτουργική κατάσταση και τηρούνται οι σχετικές πρόνοιες ασφαλείας. Το σχετικό

πιστοποιητικό επιθεώρησης θα πρέπει να υποβληθεί στην επιτροπή διαχείρισης του ειδικού ταμείου ΑΠΕ πριν από την παροχή της χορηγίας.

### 4.3 Τεχνολογίες στήριξης Φ/Β

Ανάλογα με την μελέτη που θα γίνει για το πάρκο διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι στήριξης των συλλεκτών όπου φυσικά έχουν και διαφορετική τιμή. Οι τρεις κατηγορίες διακρίνονται σε σταθερής στήριξης, εποχιακά ρυθμιζόμενης στήριξης και της συνεχούς παρακολούθησης της θέσης του ήλιου, με διάταξη που ονομάζεται ηλιοτρόπιο (TRACKER).



**Εικόνα 21:** Διάφοροι τρόποι στήριξης φωτοβολταϊκών

Στήριξη του συλλέκτη με την απουσία κινητών μερών εννοούνται οι συστοιχίες με σταθερή κλίση, που προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις που στις περιοχές επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται σε διάφορα κτίρια. Η τεχνολογία σταθερής στήριξης είναι η απλή περίπτωση κατά την οποία ο χώρος εγκατάστασης της συστοιχίας των συλλεκτών δέχεται ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Έτσι επιλέγουμε νότιο προσανατολισμό της συστοιχίας και η γωνία κλίσης εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου όπου είναι η εγκατάσταση. Αν η γωνία κλίσης ισούται με την γωνία του τόπου τότε οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στο συλλέκτη δύο φορές το

χρόνο όταν έχουμε ισημερία. Ένας ακόμα σημαντικός ρόλος για να προσδιοριστεί η βέλτιστη γωνία κλίσης στη σταθερή στήριξη είναι οι μετεωρολογικές συνθήκες του τόπου, οι οποίες καθορίζουν την σχέση με τις ακτίνες του ήλιου, δηλαδή της διάχυτης, της απευθείας και της ολικής ακτινοβολίας.



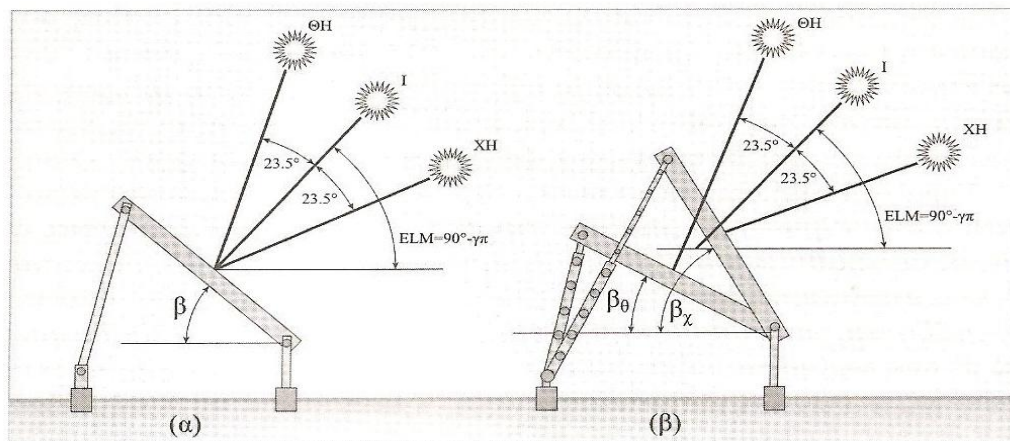
**Εικόνα 22:** Βάση σταθερής στήριξης

Αν δεν διατίθενται μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής όπου γίνεται η εγκατάσταση τότε προσεγγιστικά μπορούμε να υπολογίσουμε την γωνία κλίσης με τον πιο κάτω τύπο:  $\beta = \varphi - (5^\circ - 10^\circ)$ .

Περιοχή τιμών γεωγραφικού πλάτους ( $\varphi$ ) του τόπου	Ενδεικτικές τιμές γωνίας κλίσης συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο και αντιστοίχως βόρειο προσανατολισμό για το νότιο ημισφαίριο	
Μικρά γεωγραφικά πλάτη, γύρω απ' τον Ισημερινό, $\varphi \leq 20^\circ$	Ουσιαστικά $0^\circ$ . Στην πράξη συνιστάται μια μικρή γωνία κλίσης, $5^\circ-10^\circ$ , ώστε η ροή του νερού πλύσης ή της βροχής, να απομακρύνει τα σώματα που επικάθονται στην όψη του ΦΒ πλαισίου (σκόνη, φύλλα, περιττώματα πουλιών κ.ά.)	
Μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, $\varphi > 20^\circ$	Σταθερή τοποθέτηση, απαίτηση για μέγιστη αποδοτικότητα ετησίως.	$\varphi - (5^\circ \text{ έως } 10^\circ)$
	Σταθερή τοποθέτηση. Κύρια απαίτηση κατά τη χειμερινή περίοδο.	$\varphi + 10^\circ$
	Ρυθμιζόμενη κλίση δύο θέσεων ετησίως (§ 1.9.3.2.)	Θερινή Χειμερινή

**Εικόνα 23:** Γωνίες κλίσης του συλλέκτη με νότιο προσανατολισμό

Η στήριξη του συλλέκτη με δυνατότητα εποχιακής ρύθμισης πρέπει να έχει πάλι νότιο προσανατολισμό αλλά η κατασκευή της βάσης της συστοιχίας έχει δυνατότητα αλλαγής της κλίσης. Οι κλίσεις προσδιορίζονται συνήθως ως δύο, η μία είναι για το θερινό εξάμηνο όπου ορίζεται από τις 21 Μαρτίου μέχρι τις 22 Σεπτεμβρίου με κλίση  $\beta_{\theta\epsilon\rho} = \varphi - (5^\circ-10^\circ)$  και έχει ακόμα μία για το χειμερινό εξάμηνο όπου ορίζεται από τις 22 Σεπτεμβρίου μέχρι τις 21 Μαρτίου, με γωνία κλίσης  $\beta_{\chi} = \varphi+(5^\circ-10^\circ)$ . Και σ' αυτή την περίπτωση απαιτείται γνώση των μετεωρολογικών συνθηκών και μορφολογία του εδάφους.



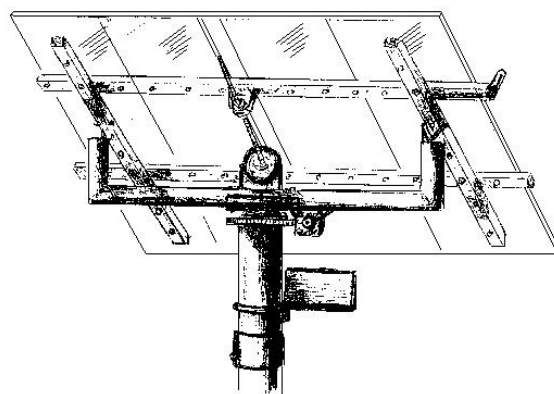
**Εικόνα 24:** Βάση εποχιακής στήριξης

Για την τεχνολογία συνεχούς παρακολούθησης του ήλιου διακρίνουμε δυο κατηγορίες :

- (α) την στροφή γύρω από ένα άξονα της βάσης στήριξης
- (β) την στροφή γύρω από δυο άξονες της βάσης στήριξης



**Εικόνα 25:** Στροφή γύρω από ένα άξονα



**Εικόνα 26:** Στροφή γύρω από δύο άξονες

Για την (α) περίπτωση της στροφής γύρω από ένα άξονα έχουμε στροφή της συστοιχίας κατά την διάρκεια της μέρας και μετά επιστρέφει στην αρχική της θέση με την βοήθεια κάποιου μηχανισμού. Υπάρχουν όμως δυο περιπτώσεις:

- Αζιμουθιακό ηλιοτρόπιο: Όπου έχουμε σταθερή κλίση στο συλλέκτη και ο συλλέκτης μετακινείται ως προς το κατακόρυφο άξονα έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται πάντα κατακόρυφα.
- Ηλιοτρόπιο πολικού άξονα: Σ' αυτή την περίπτωση η συστοιχία μεταβάλλεται κατά των άξονα  $\chi$  και έτσι αλλάζει η γωνία κλίσης. Κατά την διάρκεια του έτους η γωνία αυτή κινείται από  $-23,5^0$  μέχρι  $+23,5^0$ .

Η κίνηση και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να γίνει με την χρήση ή χωρίς ηλεκτρικών κινητήρων. Στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί πνευματικό σύστημα για την κίνηση της συστοιχίας εξαιτίας της διαφορικής θέρμανσης από τον ήλιο, το σύστημα ενισχύεται και από αποσβεστήρες δονήσεων για να αντιμετωπίζεται η δράση ισχυρών ανέμων.

Για την (β) περίπτωση της περιστροφής γύρω από δύο άξονες η παρακολούθηση του ηλίου επιτυγχάνεται με δύο κινήσεις του συλλέκτη με ηλεκτρικούς κινητήρες είτε βηματικούς είτε με κινητήρες συνεχούς περιστροφής. Αυτή η βάση στήριξης ονομάζεται ηλιοτρόπιο δύο αξόνων και η κίνηση του προσανατολίζεται προς τον ήλιο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του.



#### **4.4 Περιβαλλοντικά οφέλη**

##### **Η επίδραση των φωτοβολταϊκών στο περιβάλλον**

Τα φωτοβολταϊκά μπορούν να επηρεάσουν το περιβάλλον σε τρεις φάσεις:

1. κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής τους,
2. κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους
3. ως αποτέλεσμα της ανάρμοστης διάθεσης των σπασμένων ή ξεπερασμένων υπομονάδων.

Η επεξεργασία κατασκευής των περισσότερων Φ/Β υπομονάδων απαιτεί τη χρήση μερικών τοξικών υλικών. Τα κατάλληλα Φ/Β συστήματα και οι διαδικασίες πρέπει να καθιερώνονται για να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο για τους υπαλλήλους.

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αερίων παρουσιάζουν αισθητή αύξηση τα τελευταία χρόνια. Το 2000, μετρήθηκαν συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) 107.6Mtons, εκ των οποίων το 89% προέρχεται από ενεργειακές χρήσεις. Με βάση το 1990, ως έτος αρχικών μετρήσεων παρατηρείται σταδιακή αύξηση των αέριων ρύπων και ιδιαίτερα του CO<sub>2</sub> κατά 23.4%. Βασική αιτία αυτής της μεταβολής είναι η αύξηση των εκπομπών από τις δραστηριότητες του ενεργειακού τομέα (ΚΑΠΕ). Με τη χρήση ηλιακών ενεργητικών συλλεκτών με στόχο την αντικατάσταση του ηλεκτρικού ρεύματος θα έχουμε τα εξής περιβαλλοντικά οφέλη:

- Εξοικονόμηση καυσίμων που ισοδυναμεί με 50-70Kg πετρελαίου ανά m<sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη ανά έτος,
- Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> άνω των 750Kg/m<sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη ανά έτος (όταν υποκαθιστούμε ηλεκτρικό ρεύμα),
- Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> άνω των 250Kg/m<sup>2</sup> ηλιακού συλλέκτη ανά έτος (όταν υποκαθιστούμε πετρέλαιο).

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν με την χρήση των ηλιακών συλλεκτών είναι πολύ σημαντικά, γι 'αυτό μια εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων θα πρέπει πριν απορριφθεί λόγω υψηλού κόστους να μελετηθεί διότι μπορεί να δώσει λύσεις στα

περιβαλλοντικά προβλήματα της εποχής μας, την εξάντληση των συμβατών καυσίμων και την ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αυξανόμενη ευαισθησία της κοινής γνώμης, λόγω των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ενέργειας, σε συνδυασμό με τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα, αυτά να αποτελούν μια από τις πλέον υποσχόμενες ενεργειακές τεχνολογίες. Ο Νόμος (140(I) του 2005) περί Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον από ορισμένα έργα προνοεί για το ελάχιστο περιεχόμενο μιας μελέτης επιπτώσεων στο περιβάλλον. Ο Νόμος ταυτόχρονα προνοεί και για μια συγκεκριμένη δομή στην παρουσίαση έτσι ώστε να απαντώνται όλα τα ερωτήματα.

Η κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου είναι απλή και γρήγορη διαδικασία διότι όλα τα στοιχεία σχεδόν είναι προκατασκευασμένα. Βασικά γίνεται ένας καθαρισμός του χώρου από χόρτα και η όποια ομαλοποίηση απαιτείται με ήπιας μορφής χωματουργικά έργα στη βάση σχεδίου. Μετά την επί του εδάφους χάραξη των θέσεων των βάσεων, τοποθετούνται οι βάσεις και πάνω σε αυτές τα πλαίσια ηλεκτροπαραγωγής. Κατασκευάζονται αύλακες για τα καλώδια, γίνονται οι συνδέσεις και ο τελικός λειτουργικός έλεγχος. Μέρος της κατασκευής είναι φυσικά και η σύνδεση με το δίκτυο καθώς και ένα μικρό κτήριο ελέγχου, χώρος υγειονομικής διευκόλυνσης, περίφραξη του χώρου κ.λπ. Σε μεγάλα πάρκα γίνονται χωμάτινοι εσωτερικοί δρόμοι.

Στην μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων που πρέπει να γίνεται σε κάθε μελέτη Φωτοβολταϊκού πάρκου πρέπει να περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- **Χρήση γης**

Η απώλεια στη χρήση γης είναι προσωρινή, διαρκεί δηλαδή όσο και η ζωή του Φ/Β πάρκου. Δεν είναι απαραίτητο ότι το Φ/Β πάρκο δεν μπορεί να συνυπάρξει με κτηνοτροφία ή γεωργία αν προγραμματιστεί από την αρχή αυτή η διπλή χρήση. Δεν υπάρχουν οποιασδήποτε μορφής κατάλοιπα ή εκπομπές. Το έργο δεν παράγει οποιασδήποτε μορφής απόβλητα και δεν χρησιμοποιεί πρώτες ύλες

και άρα δεν υπάρχουν οποιεσδήποτε ποσότητες υλικών προς καταγραφή, προσμέτρηση ή διαχείριση. Το ξεχόρτισμα του χώρου πάνω σε συνεχή βάση θα παράγει χόρτα τα οποία θα κομποστοποιούνται ή θα ξηραίνονται επί τόπου. Στο χώρο που θα γίνει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού πρέπει να εξεταστούν οι γύρω περιοχές από πλευράς κόσμου και αν υπάρχει οποιαδήποτε Ιστορική, αρχιτεκτονική και αρχαιολογική κληρονομιά.

- **Πανίδα**

Εξετάζεται κατά πόσο υπάρχουν ιδιαιτερότητες όσον αφορά την πανίδα στην συγκεκριμένη περιοχή.

- **Χλωρίδα**

Στην περιοχή όπου θα υλοποιηθεί η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού εξετάζεται το ενδεχόμενο να έχει ή να συνεισφέρει σε μη αναστρέψιμες αρνητικές επιπτώσεις πάνω στην φυσική βλάστηση της περιοχής.

- **Θόρυβος**

Τα φωτοβολταϊκά πάρκα δεν προκαλούν θόρυβο συνεπώς και καμία παρενόχληση στο γύρω περιβάλλον. Πρέπει φυσικά τα πάνελ να είναι πολύ καλά στερεωμένα ώστε να μην μπορούν να μετακινηθούν ή να κτυπούν από τυχόν ισχυρό άνεμο. Το "σφύριγμα" του ανέμου μέσα από τα πάνελ θα είναι μια αναπόφευκτη πηγή θορύβου που θα εκλύεται όταν γενικά θα υπάρχει και άλλος παρόμοιος θόρυβος σε όλη την περιοχή.

- **Αισθητική/Οπτική επέμβαση**

Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών πάρκων το ζήτημα της αισθητικής δεν έχει ιδιαίτερες αξίες για συζήτηση.

- **Ατμοσφαιρική ρύπανση**

Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών δεν προκαλεί εκπομπές αερίων.

- **Ρύπανση των νερών**

Υγρά απόβλητα δεν υπάρχουν κατά την παραγωγική διαδικασία. Τα υγρά απόβλητα που θα προκύπτουν από τους χώρους υγειονομικής διευκόλυνσης είναι πάρα πολύ λίγα και θα διοχετεύονται προς σηπτικό λάκκο.

#### **4.5 Έρευνα αγοράς Φ/Β γεννητριών**

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πάνελ είναι γενικά ένα πολυσύνθετο πρόβλημα. Η πληθώρα κατασκευαστικών εταιριών επιτείνει ακόμα περισσότερο τη δυσκολία της επιλογής. Η απόφαση που πρέπει να ληφθεί έχει να κάνει με τη επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πάνελ όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής του. Ανάλογα με τον βαθμό απόδοσης και την τιμή καταλήγουμε σε πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, καθώς όλες οι άλλες κατηγορίες δεν εμφανίζουν υψηλή απόδοση ή όταν εμφανίζουν υψηλή απόδοση, κρίνονται οικονομικά ασύμφορες. Μετά από μια στοιχειώδη έρευνα αγοράς διαπιστώνεται ότι το κόστος των μονοκρυσταλλικών γεννητριών είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό των πολυκρυσταλλικών και είναι της τάξεως του 10-15% ακριβότερες. Από την άλλη παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση κατά 1,5-3% από τις πολυκρυσταλλικές. Όμως εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι η καλύτερη απόδοση που εμφανίζουν δεν αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους. Επομένως ως πρώτο βήμα αποφασίζεται η επιλογή ενός πολυκρυσταλλικού πάνελ.

Τα προϊόντα τα οποία κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά διαθέτουν κατά τεκμήριο τα απαραίτητα πιστοποιητικά. Συγκεκριμένα, τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα thin-film την προδιαγραφή IEC 61646 ή ισοδύναμες. Φωτοβολταϊκά που δεν συνοδεύονται από τα παραπάνω πιστοποιητικά δεν θα πρέπει να γίνονται αποδεκτά. Οι κατασκευαστές δίνουν συνήθως τις εξής εγγυήσεις για τα φωτοβολταϊκά πάνελ:

- 2-5 χρόνια εγγύηση για το προϊόν.
- 10-12 χρόνια εγγύηση για το ότι θα αποδίδει πάνω από το 90% της ονομαστικής του ισχύος.
- 20-25 χρόνια εγγύηση για το ότι θα αποδίδει πάνω από το 80% της ονομαστικής του ισχύος.

Όμως για την επιλογή της Φ/Β γεννήτριας δεν μπορούμε να δούμε όλες τις εταιρείες έτσι επιλέγουμε μερικές κατασκευάστριες εταιρείες που βρίσκονται στο χώρο. Οι

εταιρίες αυτές είναι η BP Solar, Sharp, Conergy, Kyocera, Mitsubishi electric. Παρακάτω παραθέτονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πάνελ 220 Watt των προαναφερθέντων εταιρειών. Με την επιλογή των συγκεκριμένων πάνελ χρειάζονται 364 πάνελ για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου 80 KW.

## 220W Photovoltaic module

# BP 3220T

10 409315-2 01/10



BP Solar has been manufacturing solar wafers, cells and modules for more than 35 years. This experience shows that the best way to optimize module life and electrical energy production is to attend to every detail in the design and manufacture of our products, our process controls and testing methods. BP Solar's latest generation of 60 cell, Polycrystalline T Series solar modules offers the following benefits:

- **Long lasting, innovative frame design**  
The aluminum frame has a rounded profile for better handling comfort and is optimized for use with anti-theft bolts to increase security.
- **Flexible mounting and reduced soiling losses**  
Increased distance between cells and frame, and an enhanced design to push the laminate to the front, ensures that dirt accumulation will not shadow cells, even in landscape mounting, thus maximizing energy production.
- **Improved reliability with effective cooling**  
IntegraBus™ technology ensures reliable cable management while positioning the bypass diodes and junction box away from the cells for cooler operation and greater energy production.
- **Environmentally responsible**  
Lead free soldering and interconnections, halogen free cables complete with latching MC4 connectors and minimal packaging waste.

**Enhanced warranty offer**  
BP Solar launches an industry leading warranty offer, with lower degradation rates on our modules manufactured beginning January 1st, 2010. Our internal testing standards that go well beyond international requirements back this innovative offer.

ISO 9001  
ISO 14001



Εικόνα 27: Φωτοβολταϊκό 220Watt της Bp solar

## 220W Photovoltaic module BP 3220T



### Electrical characteristics

	<sup>1)</sup> STC 1000W/m <sup>2</sup>	<sup>2)</sup> NOCT 800W/m <sup>2</sup>
Maximum power (P <sub>max</sub> )	220W	150W
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>max</sub> )	28.9V	25.7V
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>max</sub> )	7.6A	6.00A
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	8.20A	6.64A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	36.6V	33.3V
Module efficiency	13.2%	
Tolerance	-3/+5%	
Nominal voltage	20V	
Efficiency reduction at 200W/m <sup>2</sup>	<5% reduction (efficiency 12.5%)	
Limiting reverse current	8.20A	
Temperature coefficient of I <sub>sc</sub>	0.065±0.0151%/°C	
Temperature coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.36±0.051%/°C	
Temperature coefficient of P <sub>max</sub>	-0.5±0.051%/°C	
∅ NOCT	47±2°C	
Maximum series fuse rating	20A	
Application class according to IEC 61709:2007	Class A	
Maximum system voltage (u.c. 100 usage)	600V (u.c. 100 usage)	500V (u.c. 100 usage)

1. Values at Standard Test Conditions (STC): 1000W/m<sup>2</sup> irradiance, AM1.5 solar spectrum and 25°C module temperature  
2. Values at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) and AM1.5 solar spectrum  
3. Nominal Operating Cell Temperature: Module operating temperature at 800W/m<sup>2</sup> irradiance, 25°C air temperature, 1m/s wind speed

All solar modules are individually tested prior to shipment, an allowance is made within our factory measurements to account for the typical power degradation (LID effect) which occurs during the first few days of deployment.

### Mechanical characteristics

Solar cells	60 polycrystalline 6" silicon cells (156x156mm) in series
Front cover	High transmission 3.2mm (1/8th in) glass
Encapsulant	EVA
Back cover	White polyester
Frame	Silver anodised aluminium (Universal II)
Diodes	IntegraBus™ with 6 Schottky diodes
Junction box	Potted (IP 67), certified to meet UL 1702 flammability test
Output cables	4mm <sup>2</sup> cable with latching MC4 connectors Asymmetrical cable lengths: (+)1250mm (49.21in) / (-)800mm (31.50in)
Dimensions	1987x1000x50mm / 78.5x39.4x2.0in
Weight	19.4kg / 42.8lbs

All dimensional tolerances within ±0.1% unless otherwise stated.

### Warranty

- Free from defects in materials and workmanship for 5 years
- 93% power output over 12 years
- 85% power output over 25 years

### Certification

Certified according to the extended version of the IEC 61215:2005 (Crystalline silicon terrestrial photovoltaic modules - Design qualification and type approval)

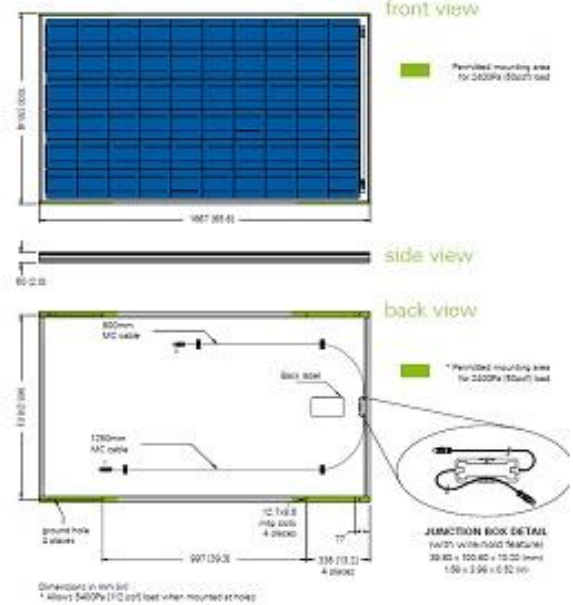
Certified according to IEC 61730-1 and IEC 61730-2 (Photovoltaic module safety qualification, requirements for construction and testing)

Listed to UL 1702 Standard for Safety by Intertek ETL, I-Class, C-fire rating)

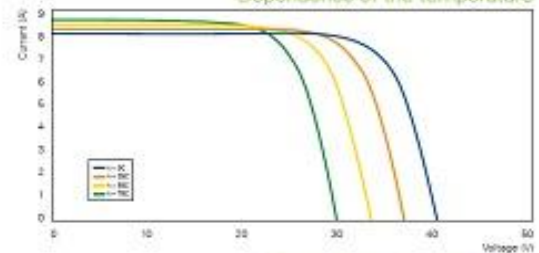
Manufactured in ISO 9001 and ISO 14001 certified factories

Module electrical measurements are calibrated to World radiometric reference via third party international laboratories

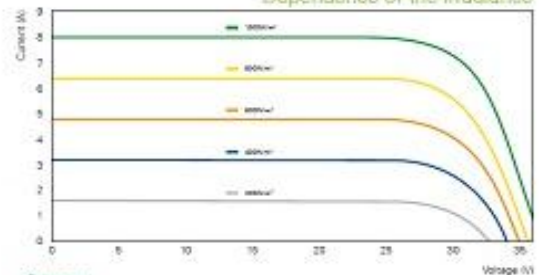
This data sheet complies with the EN 50380 requirements.  
This publication contains product names and specifications which are subject to change without notice.



### Dependence of the temperature



### Dependence of the irradiance



### Contact:

Your BP Solar partner

Find more information in: [www.bpsolar.com](http://www.bpsolar.com)

10-40894-05-2 01-18 ©BP Solar 2018

Εικόνα 28: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Bp solar

**SHARP**

solar electricity

**220 WATT**

MULTI-PURPOSE MODULE



**ND-220U2**

MULTI-PURPOSE 220 WATT  
MODULE FROM THE WORLD'S  
TRUSTED SOURCE FOR SOLAR.

Using breakthrough technology, made possible by nearly 50 years of proprietary research and development, Sharp's ND-220U2 solar module incorporates an advanced surface texturing process to increase light absorption and improve efficiency. Common applications include commercial and residential grid-tied roof systems as well as ground mounted arrays. Designed to withstand rigorous operating conditions, this module offers high power output per square foot of solar array.



Business leaders install this module in large commercial applications, demonstrating financial astuteness and environmental stewardship.

**ENGINEERING EXCELLENCE**

High module efficiency for an outstanding balance of size and weight to power and performance.

**DURABLE**

Tempered glass, EVA lamination and weatherproof backskin provide long-life and enhanced cell performance.

**RELIABLE**

25-year limited warranty on power output.

**HIGH PERFORMANCE**

This module uses an advanced surface texturing process to increase light absorption and improve efficiency.



Sharp multi-purpose modules offer industry-leading performance for a variety of applications.

Improved Frame Technology

**SHARP: THE NAME TO TRUST**

When you choose Sharp, you get more than well-engineered products. You also get Sharp's proven reliability, outstanding customer service and the assurance of our 25-year limited warranty. A global leader in solar electricity, Sharp powers more homes and businesses than any other solar manufacturer worldwide.

**BECOME POWERFUL**

Εικόνα 29: Φωτοβολταϊκό 220Watt της Sharp



# 220 WATT

ND-220U2

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS


Maximum Power (Pmax)*	220 W
Tolerance of Pmax	+10%/-5%
Type of Cell	Polycrystalline silicon
Cell Configuration	60 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	36.5 V
Maximum Power Voltage (Vpm)	29.19 V
Short Circuit Current (Isc)	8.24 A
Maximum Power Current (Ipm)	7.54 A
Module Efficiency (%)	13.5%
Maximum System (DC) Voltage	600 V
Series Fuse Rating	15 A
NOCT	47.5°C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.485%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.36%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053%/°C

\*Measured at (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1kW/m², AM 1.5

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Dimensions (A x B x C below)	39.1" x 64.6" x 1.8"/994 x 1640 x 46 mm
Cable Length (I)	43.3"/1100 mm
Type of Output Terminal	Lead Wire with MC Connector
Weight	44.1 lbs / 20.0 kg
Max Load	50 psf (2400 Pascals)

## QUALIFICATIONS

UL Listed	UL 1703	
Fire Rating	Class C	

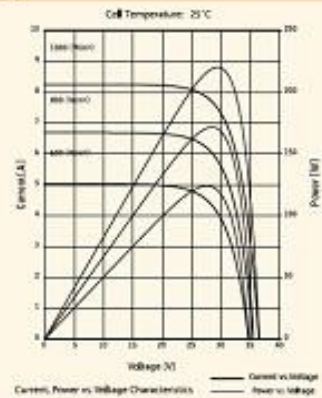
## WARRANTY

25-year limited warranty  
Contact Sharp for complete warranty information

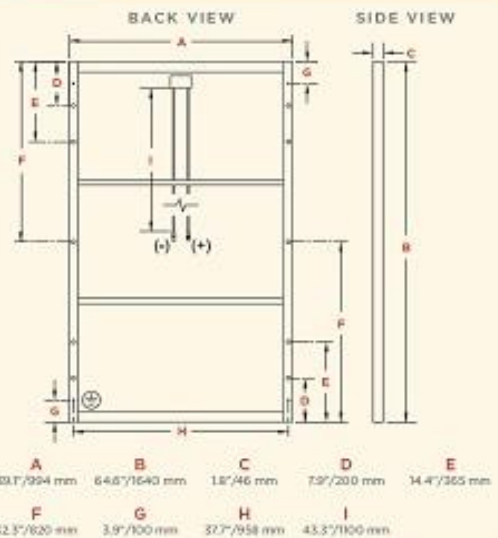
Design and specifications are subject to change without notice. Sharp is a registered trademark of Sharp Corporation. All other trademarks are property of their respective owners. Sharp takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any Sharp devices. Contact Sharp to obtain the latest product manuals before using any Sharp device. Cover photo: Solar installation by Pacific Power Management, Auburn CA.



## IV CURVES



## DIMENSIONS



Contact Sharp for tolerance specifications



SHARP ELECTRONICS CORPORATION  
5901 Bolsa Avenue, Huntington Beach, CA 92647  
1-800-SOLAR-06 • Email: sharpsolar@sharpusa.com  
www.sharpusa.com/solar

© 2008 Sharp Electronics Corporation. All rights reserved.

08F-013 - VP-06-08

Εικόνα 30: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Sharp



CONERGY

## Conergy PowerPlus 200P–230P

Conergy PowerPlus modules stand for reliably high yields and long service life. They are wholly developed and manufactured in our factory in Frankfurt (Oder). The fully automated manufacturing process ensures that the quality of the modules remains consistently high. Thanks to the low performance tolerance, more electricity is produced throughout the operational life of the system. This benefit is reinforced on our particularly high-performance modules thanks to the positive performance tolerance. In addition, comprehensive product and efficiency warranties guarantee a secure investment.



### 5 benefits for the system operator:

- | Reliably high yields thanks to high-performance modules
- | Higher module output thanks to low performance tolerance. Our particularly high-performance modules are supplied with positive performance tolerance.
- | Long service life thanks to high-quality craftsmanship and quality components
- | Secure investment decision thanks to 5-year product warranty.<sup>1</sup> Extendable to 10 years on request.<sup>2</sup>
- | Tested and certified in accordance with IEC/EN 61215 Ed. 2 and IEC/EN 61730

### 5 benefits for the installer:

- | Flexible deployment in areas of extreme weather conditions
- | Secure installation thanks to reverse polarity protected plugs with twist lock
- | Modules delivered in perfect condition thanks to secure transportation packaging and robust module frames
- | Reliable operation thanks to high-quality components
- | Customer-friendly after sales service

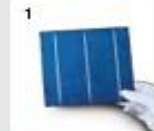


#### 1 | Cell

**High performer:**  
The highly-efficient 3 busbar cells indicate an optimised cell design and innovative technology. Ongoing minor improvements in cell production help get the best out of the silicon material.

#### 2 | Frame and glass

**All-weather professional:**  
Whether wind pressure, snow loads or temperature fluctuations – the 4 mm thick solar glass and warp resistant frame can withstand the most extreme of conditions.



#### 3 | Connection socket

**Continuous operation:**  
The waterproof socket with 3 passively cooled bypass diodes guarantees maximum yields even in unfavourable environmental conditions.

#### 4 | Inverter

**Easily combinable:**  
Conergy PowerPlus modules are unbeatable in conjunction with Conergy Inverters.

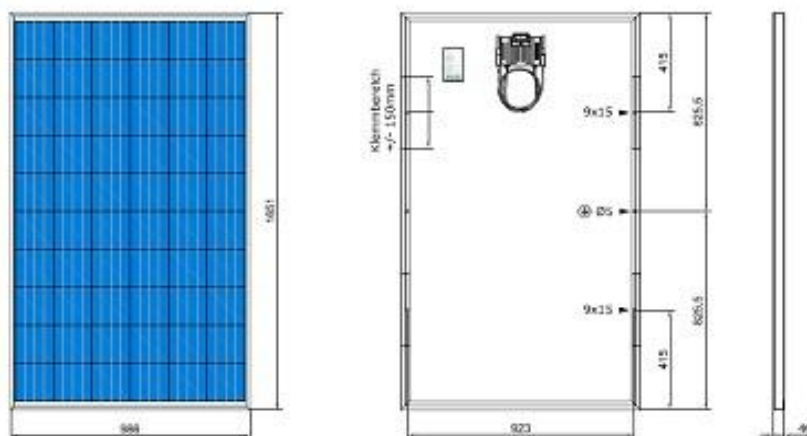


<sup>1</sup> According to the manufacturer's current warranty conditions

<sup>2</sup> The warranty extension is an after sales product of the respective sales organisation in your country.

Εικόνα 31: Φωτοβολταϊκό 220Watt της Conergy

Technical Data | Photovoltaic modules



All figures are given in mm

Module dimensions (L x W x H): 1,651 x 986 x 46 mm  
 Cell dimensions: 156 x 156 mm  
 Number of cells (polycrystalline): 60  
 NOCT:<sup>1</sup> 43.4°C  
 Maximum permissible load: 5,400 Pa  
 Glass thickness: 4 mm  
 Cable: 2 x 1,000 mm length, 4 mm cross section

Plug type: Huber & Suhner: Plug connector with integrated twist lock  
 Module weight: 22 kg  
 Certification: in accordance with IEC/EN 61215 Ed. 2, IEC/EN 61730  
 Product warranty:<sup>2</sup> 5 years, can be extended to 10 years on request

	Conergy PowerPlus 200P	Conergy PowerPlus 210P	Conergy PowerPlus 220P	Conergy PowerPlus 225P	Conergy PowerPlus 230P
Rated capacity (P <sub>mp</sub> ) according to STC <sup>3</sup> min.	200 Wp	210 Wp	220 Wp	225 Wp	230 Wp
Performance tolerance	±3 %	±3 %	±3 %	+2.5 %	+2.5 %
Module efficiency factor min.	12.29 %	12.90 %	13.51 %	13.82 %	14.13 %
Rated voltage (U <sub>mp</sub> )	28.6 V	29.1 V	29.5 V	29.23 V	29.54 V
Rated current (I <sub>mp</sub> )	7.01 A	7.24 A	7.47 A	7.74 A	7.82 A
Off-load voltage (U <sub>oc</sub> )	36.2 V	36.4 V	36.6 V	36.43 V	36.66 V
Short-circuit current (I <sub>sc</sub> )	7.86 A	7.93 A	8.00 A	8.24 A	8.34 A
Temperature coefficient (P <sub>mp</sub> )	-0.45 %/°C	-0.45 %/°C	-0.45 %/°C	-0.45 %/°C	-0.45 %/°C
Temperature coefficient (V <sub>oc</sub> ) absolute	-0.127 W/°C	-0.127 W/°C	-0.130 W/°C	-0.123 W/°C	-0.123 W/°C
Temperature coefficient (V <sub>oc</sub> ) percentual	-0.35 %/°C	-0.35 %/°C	-0.35 %/°C	-0.34 %/°C	-0.34 %/°C
Temperature coefficient (I <sub>sc</sub> ) absolute	+2.1 mA/°C	+2.1 mA/°C	+2.1 mA/°C	+4 mA/°C	+4 mA/°C
Temperature coefficient (I <sub>sc</sub> ) percentual	+0.028 %/°C	+0.027 %/°C	+0.026 %/°C	+0.05 %/°C	+0.05 %/°C
Warranted power 1	12/90 years/%	12/90 years/%	12/90 years/%	12/92 years/%	12/92 years/%
Warranted power 2	25/80 years/%	25/80 years/%	25/80 years/%	25/80 years/%	25/80 years/%

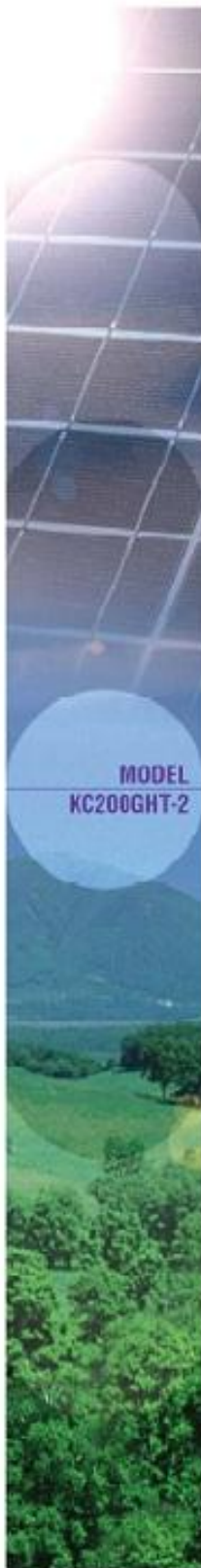
<sup>1</sup> Nominal operating temperature of the cell at 800 W/m<sup>2</sup> irradiation, 20° C ambient temperature, wind speed of 1 m/s  
<sup>2</sup> According to the manufacturer's current warranty conditions. The warranty extension is an after sales product of the respective sales organisation in your country.  
<sup>3</sup> Standard Test Conditions defined as follows: 1,000 W/m<sup>2</sup> radiant power at a spectral density of AM 1.5 and a cell temperature of 25° C

www.conergy.com

Available from:

PowerPlus200P-030P-1D-ENG-0005 : Subject to technical modifications and errors without notice : 2010©Conergy

Εικόνα 32: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Conergy



MODEL  
KC200GHT-2

THE NEW VALUE FRONTIER



## KC200GHT-2

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL PHOTOVOLTAIC MODULE



Kyocera is "ISO9001" certified and registered.  
TÜVdoCOM Internet platform for tested quality and service ID 000007358.



### HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce a highly efficient multicrystal photovoltaic module.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cells is over 18%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a protectant with back sheet to provide efficient protection from the severest environmental conditions.

The entire laminate is installed in an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation. Equipped with plug in connectors.

### APPLICATIONS

#### Grid-Connected Systems

- Residential Solar Power Systems
- Public and Industrial Solar Power Systems

#### Stand-Alone Solar Power Systems for

- Villages in remote areas
- Homes and summer cottages
- Microwave / Radio repeater stations
- Medical facilities in rural areas

- Emergency communication
- Water quality and environmental data monitoring
- Drinking water and livestock water pumping
- Irrigation pumping
- Cathodic protection
- Aviation obstruction lights
- Environmental data monitoring
- Railway signals
- Street lighting
- Desalination
- etc.

### LIMITED WARRANTY

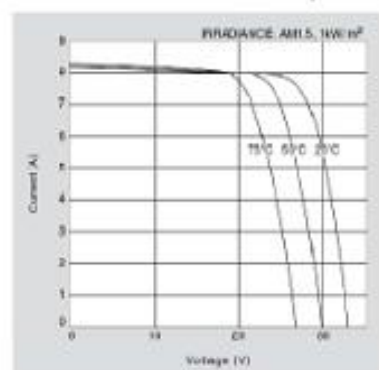
• Limited warranty on material and workmanship: For warranty period, please refer to Warranty issued by Kyocera

• 20 years limited warranty on power output: For detail, please refer to "Category IV" Warranty issued by Kyocera

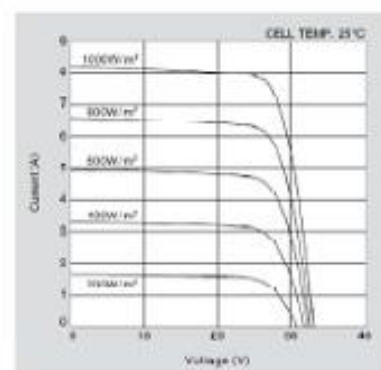
(Long term output warranty shall warrant if PV Module(s) exhibit power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 20 years after the date of sale to the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. Regarding the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera.)

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC200GHT-2 at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics of Photovoltaic Module KC200GHT-2 at various irradiance levels



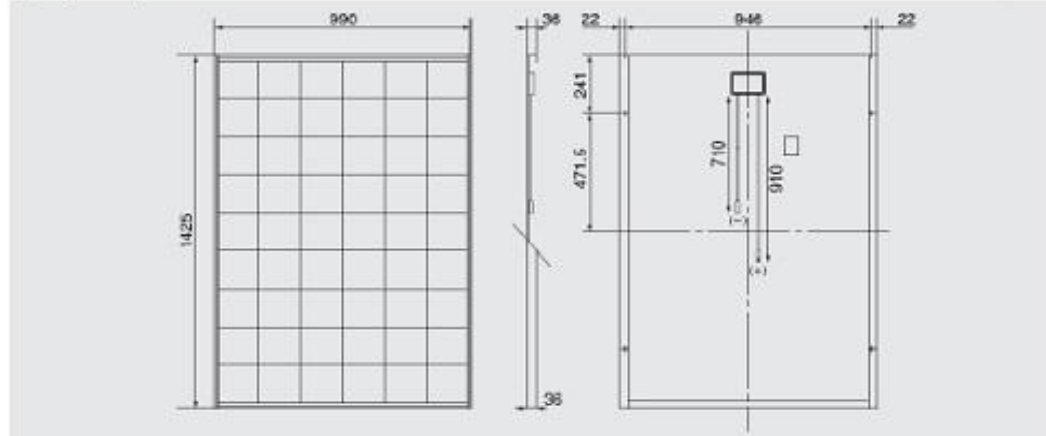
Εικόνα 33: Φοτοβολταϊκό 220Watt της Kyocera

**SPECIFICATIONS**

**KC200GHT-2**

**Physical Specifications**

(Unit: mm)



**Specifications**

Electrical Performance under Standard Test Conditions (1STC)	
Maximum Power (Pmax)	200W (±10%, Vmp=26V)
Maximum Power Voltage (Vmp)	26.3V
Maximum Power Current (Imp)	7.61A
Open Circuit Voltage (Voc)	32.9V
Short Circuit Current (Isc)	8.21A
Max System Voltage	1000V
Temperature Coefficient of Voc	-1.23×10 <sup>-4</sup> V/°C
Temperature Coefficient of Isc	3.18×10 <sup>-5</sup> A/°C

1STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

Electrical Performance at 800W/m <sup>2</sup> , NOCT*, AM1.5	
Maximum Power (Pmax)	142W
Maximum Power Voltage (Vmp)	23.2V
Maximum Power Current (Imp)	6.13A
Open Circuit Voltage (Voc)	29.9V
Short Circuit Current (Isc)	0.62A

\*NOCT: Standard Open-air Cell Temperature, 47°C

Cells	
Number per Module	64
Cell Technology	Multicrystal
Cell Shape	Rectangular

Module Characteristics	
Length x Width x Depth without Box	1425x990x36mm
Weight	18.5kg
Cable	(4)φ10φ-1710mm

Junction Box Characteristics	
Length x Width x Depth	113.6x76x9mm
IP Code	IP66

Reduction of Efficiency under Low Irradiance	
Reduction	7.8%

Reduction of efficiency from an irradiance of 1000W/m<sup>2</sup> to 300W/m<sup>2</sup> (module temperature 25°C)

Please contact our office for further information.



**KYOCERA Corporation Headquarters**

CORPORATE SOLAR ENERGY DIVISION  
8 Takada Tokubashi-cho  
Fushimi-ku, Kyoto  
615-0292, Japan  
TEL: 01175-604-3475 FAX: 01175-604-3475  
http://www.kyocera.com

**KYOCERA Solar, Inc.**  
7812 East Acorn Drive  
Scottsdale, AZ 85261, USA  
TEL: (480) 448-8000 or (800) 223-0500 FAX: (1-480) 483-4431  
http://www.kyocerasolar.com

**KYOCERA Solar do Brasil Ltda.**  
Av. Guaraná 661, Lda A  
32730-200, Bairro dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, Brazil  
TEL: (051) 2437-8525 FAX: (051) 21-2437-2336  
http://www.kyocerasolar.com.br

**KYOCERA Solar Pty Ltd.**  
Level 3, 8-11 Tidewater Road, North Ryde  
N.S.W. 2113, Australia  
TEL: (01) 219-970-3948 FAX: (01) 219-988-9588  
http://www.kyocerasolar.com.au

**KYOCERA Fineceramics GmbH**  
Europaallee-Platz 107, 72710 Eschingen, Germany  
TEL: (49) 711-93934-999 FAX: (49) 711-93934-990  
http://www.kyocera.eu.eu

Kyocera reserves the right to modify these specifications without notice

**KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.**

298 Tiong Bahru Road, #13-03/05  
Central Plaza, Singapore 102433  
TEL: (65) 6271-0500 FAX: (65) 6271-0600

**KYOCERA Asia Pacific Ltd.**  
Room 201-802, Tower 1 South China Centre, 75 Mody Road,  
Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong  
TEL: (852) 7037-1000 FAX: (852) 7044-1000

**KYOCERA Asia Pacific Ltd. Taipei Office**  
10 Fl., No. 66, Nanking West Road, Taipei, Taiwan  
TEL: (886) 2-2592-3000 FAX: (886) 2-2592-4131

**KYOCERA(Tianjin) Sales & Trading Corporation**

19F, Tower C, HeDiao Building RA Guantingtao Rd.,  
Lincui Road District, Beijing 100000, China  
TEL: (86) 10-4563-2270 FAX: (86) 10-4563-2250

LE100M0703-SAC001

Εικόνα 34: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Kyocera



**MITSUBISHI ELECTRIC**  
PHOTOVOLTAIC MODULES

**TJ Series**

PV-TJ235GA6	235Wp
PV-TJ230GA6	230Wp
PV-TJ225GA6	225Wp
PV-TJ220GA6	220Wp
PV-TJ210GA6	210Wp

**Best Performance with Long Reliability**

**Performance**

- Higher Cell Efficiency
  - 4 busbar cell
  - Solder coating less
  - Fine grid electrodes
  - Optimized tab thickness
- Higher Module Output
  - 10x6 cell array
  - Highly reflective backfilm with wide cell pitch
  - Cerium-free high-transparency glass
  - Tight tolerance +/-3%
  - High power in actual use (Paired module average exceeds nominal value)

**Reliability**

- Tougher, more durable I-shaped frame
- Static load test of 5400Pa passed with protection bar
- Double corrosion resistant frame coating
- Max. system voltage 1000V with four-layer back film
- Water drainage structure
- Lower frame edge slope
- Flexible straight tabs

**Safety**

- Quad-layer protective design junction box
- Highly heat-resistant bypass diode
- Lock mechanism equipped connectors
- Conforms with IEC 61215 2nd Edition, IEC 61730

**Easy Installation**

- Protection plate with cable clip
- Easier to grip frame
- Smoother frame edges

**Ecological**

- Lead-free solder modules
- Manufactured in a ISO14001 certified plant
- Recyclable steel pallets

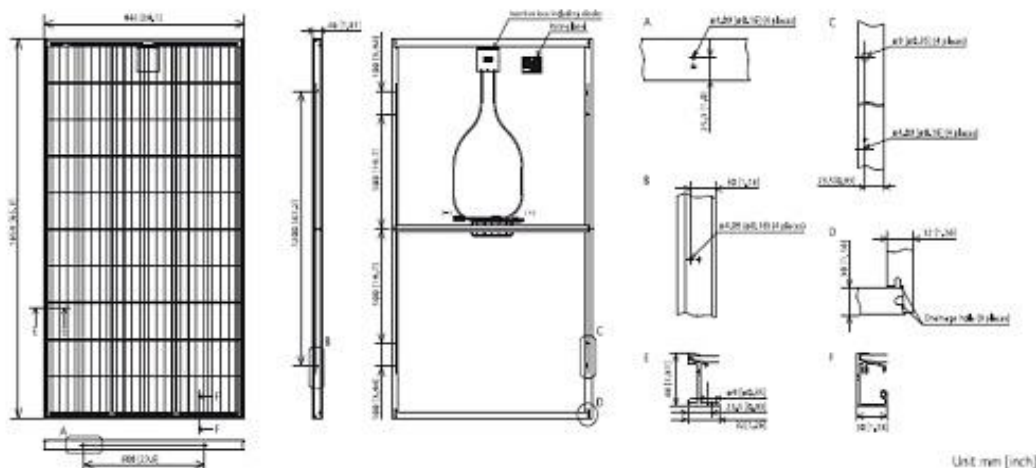
All models made in Japan

Εικόνα 35: Φωτοβολταϊκό 220Watt της Mitsubishi electric

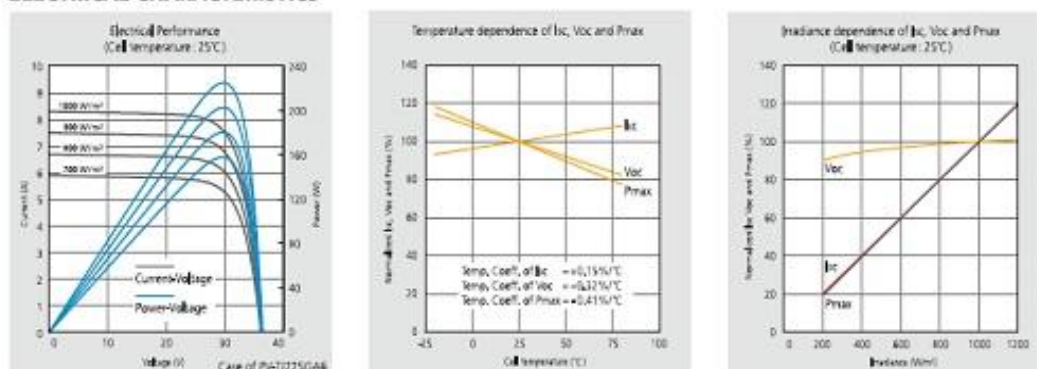
**SPECIFICATIONS SHEET**

		MITSUBISHI ELECTRIC			
Manufacturer	MITSUBISHI ELECTRIC				
Model name	PV-TJ235GA6	PV-TJ230GA6	PV-TJ225GA6	PV-TJ220GA6	PV-TJ210GA6
Cell type	Polycrystalline silicon, 156mm x 156mm				
Number of cells	60 cells in a series				
Maximum power rating (Pmax)	235W	230W	225W	220W	210W
Warranted minimum Pmax	228,0W	223,1W	218,3W	213,4W	203,7W
Tolerance of maximum power rating	+/-3%				
Open circuit voltage (Voc)	36,8V	36,6V	36,4V	36,2V	35,8V
Short circuit current (Isc)	8,49A	8,39A	8,30A	8,20A	8,00A
Maximum power voltage (Vmp)	30,5V	30,2V	30,0V	29,7V	29,2V
Maximum power current (Imp)	7,71A	7,62A	7,50A	7,39A	7,19A
Normal operating cell temperature (NOCT)	47,0 °C				
Maximum system voltage	1000V DC				
Fuse rating	15A				
Dimensions	1658x994x46mm (65,3x39,1x1,81inches)				
Weight	20,0kg (44lbs.)				
Output terminal	(+/- 1025mm(-) 1025mm with MC connector (PV-KBT4/6II-UR, PV-KST4/6II-UR) Cable conforms with TÜV Specification 2 PIG 1169/08,2007				
Module efficiency	14,3%	14,0%	13,7%	13,3%	12,7%
Packing condition	2 pcs / 1 carton				
Certificates	IEC 61215 Second Edition, IEC 61730				

**DRAWINGS AND DIMENSIONS**



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**



**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**  
 HEAD OFFICE: TOKYO BLDG., 2-7-3, MARUNOUCHI, CHIYODA-KU, TOKYO 100-8310, JAPAN  
<http://Global.MitsubishiElectric.com/solar>

Εικόνα 36: Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού της Mitsubishi electric

#### **4.6 Έρευνα αγοράς Αντιστροφών**



##### **Αντιστροφείς τάσης για διασυνδεδεμένα φ/β συστήματα**

Ο ρόλος του αντιστροφέα είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης, η οποία παράγεται από τα φ/β στοιχεία, σε εναλλασσόμενη κατάλληλης τιμής και συχνότητας για διασύνδεση στο δίκτυο.

##### **Αντιστροφείς τάσης για αυτόνομα συστήματα**

Λόγω των ειδικών συνθηκών λειτουργίας των αντιστροφών των αυτόνομων συστημάτων χρησιμοποιείται διαφορετικός σχεδιασμός. Σ' ένα τυπικό οικιακό σύστημα, ο λόγος της ονομαστικής ισχύος προς τη μέση ισχύ είναι περίπου 25:1. Για το λόγο αυτό ο αντιστροφέας επιβάλλεται να έχει υψηλή απόδοση γύρω στο 90% στα μερικά φορτία και συγκεκριμένα στην περιοχή του 5-10% της ονομαστικής ισχύος. Λίγοι αντιστροφείς ικανοποιούν τις απαιτήσεις αυτές, μαζί με έξοδο τάσης με καμπυλοειδή κυματομορφή, και την ικανότητα να αντέχουν μικρής διάρκειας υπερφορτώσεις. Ανάλογα με την εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθούν τετραγωνικής και καμπυλοειδούς κυματομορφής αντιστροφείς. Τα ουσιαστικότερα χαρακτηριστικά τα οποία επιβάλλεται να έχει ένας αντιστροφέας τάσης αυτόνομου συστήματος είναι τα εξής:


- Μεγάλο εύρος τάσης εισόδου (-10% με +30% της ονομαστικής τάσης).
- Τάση εξόδου όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην καμπυλοειδή κυματομορφή.
- Μικρή διακύμανση στην συχνότητα και τάση εξόδου.



- $\pm 8\%$  σταθερότητα τάσης,  $\pm 2\%$  σταθερότητα συχνότητας.
- Υψηλό βαθμό απόδοσης στα μερικά φορτία. Βαθμό απόδοσης τουλάχιστον 90% στο 10% του φορτίου.
- Ικανότητα αντοχής σε μικρής διάρκειας υπερφορτώσεις για τις καταστάσεις εκκίνησης συσκευών. Για παράδειγμα 2 με 3 φορές τη ονομαστική ένταση του ρεύματος για 5s για συσκευές με κινητήρες(π.χ. για το ψυγείο και το πλυντήριο).
- Ελάχιστες δυνατές υπερτάσεις για επαγωγικά και χωρητικά φορτία.
- Ικανότητα αντοχής σε βραχυκύκλωμα.

Η τυπική εγγύηση των αντιστροφέων είναι συνήθως 2-5 χρόνια. Αν ο σχεδιασμός του συστήματος γίνει με τη χρήση πολλών μικρών αντιστροφέων, η εγγύηση αυτή είναι αρκετή γιατί το κόστος αντικατάστασής τους σε περίπτωση βλάβης είναι μικρό. Αν χρησιμοποιηθούν μεγάλοι κεντρικοί αντιστροφείς, τότε συνήθως η αγορά τους συνοδεύεται και από συμβόλαιο καλής λειτουργίας για 20 χρόνια. Και οι δύο φιλοσοφίες σχεδιασμού είναι αποδεκτές αφού παρουσιάζουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και επαφίεται πλέον στην κρίση του επενδυτή να αποφασίσει ποιο δρόμο θα ακολουθήσει.


Παραθέτονται παρακάτω τα τεχνικά χαρακτηριστικά αντιστροφέων από διάφορες εταιρείες:




**Grid-Tied PV Inverters**

**PVI 3000 PVI 4000**  
**PVI 5000 PVI 5300**


*a breakthrough in efficiency and quality*



- top CEC efficiency
- DC disconnect
- string combiner
- quick-mount bracket
- lightweight
- 10 year warranty
- powerful LCD display
- latest UL1741/IEEE1547
- universal 240/208VAC
- positive ground option
- transformer isolation
- free PC software and RS232&485 parts
- detachable DC wiring box



Solectria introduces the PVI 3000/4000/5000/5300 inverter:  
exceptional quality and efficiency with more standard features.



**Product Information**

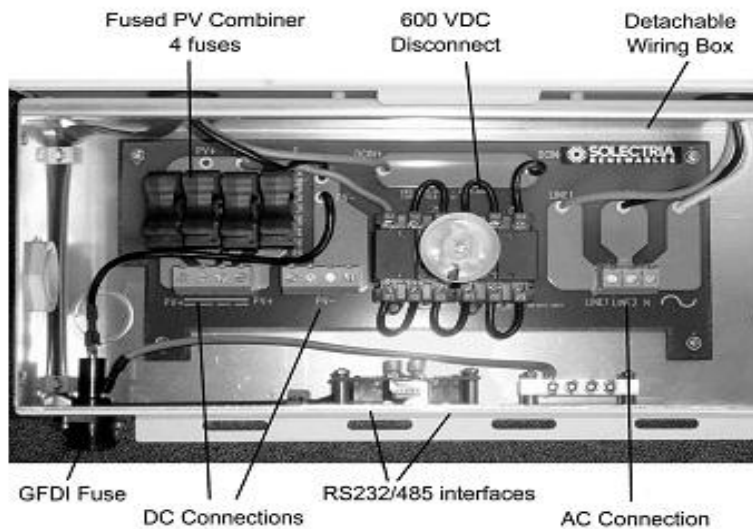
Εικόνα 37: Αντιστροφέας 5000Watt της Solectria

## INVERTER SPECIFICATIONS

	PVI 3000	PVI 4000	PVI 5000	PVI 5300
<b>Input</b>				
Continuous Power @240 VAC	3050W	4100W	5150W	5675W
@208 VAC	2840W	3580W	4520W	4840W
Recommended Max. PV @240 VAC	3600W	4900W	6200W	6700W
Array Power, STC Rating @208 VAC	3400W	4300W	5400W	5800W
MPPT Voltage Range	200V-550 VDC	200V-550 VDC	200V-550 VDC	200V-550 VDC
Maximum Input Voltage	600 VDC	600 VDC	600 VDC	600 VDC
Strike Voltage	235 VDC	235 VDC	235 VDC	235 VDC
Maximum Input Current	16 A	20 A	25 A	25 A
Maximum Short Circuit Current	24 A	24 A	30 A	30 A
Fused Inputs	3	4	4	4
<b>Output</b>				
Continuous Power @240 VAC	2900W	3900W	4900W	5300W
@208 VAC	2700W	3400W	4300W	4600W
Voltage Range @240 VAC	212-264 VAC	212-264 VAC	212-264 VAC	212-264 VAC
@208 VAC	184-228 VAC	184-228 VAC	184-228 VAC	184-228 VAC
Frequency	60Hz	60Hz	60Hz	60Hz
Range: 59.3-60.5Hz	Range: 59.3-60.5Hz	Range: 59.3-60.5Hz	Range: 59.3-60.5Hz	Range: 59.3-60.5Hz
Continuous Current	13 A	16.3 A	20.7 A	22.1 A
Output Current Protection Required	20 A	25 A	30 A	30 A
Max. Backfeed Current	0 A	0 A	0 A	0 A
Power Factor	Utility >99%	Utility >99%	Utility >99%	Utility >99%
THD	<3%	<3%	<3%	<3%
Efficiency Peak @240 VAC	96.7	96.7	96.7	95.6
@208 VAC	96.4	96.5	96.4	95.3
CEC Efficiency @240 VAC	96.0	96.0	96.0	95.0
@208 VAC	95.5	95.5	96.0	95.5
<b>General</b>				
Enclosure	Rainproof, NEMA 3R			
Housing Material	Painted aluminum			
Ambient Temperature Range	-25°C to +55°C			
Cooling	Convection		Convection and fan assist	
Weight	47 lb (21.4 kg)	48 lb (21.8 kg)	55.5 lb (26.6 kg)	60 lb (27.4 kg)
Size (L x W x H)	29.75 in x 17.75 in x 8.75 in (741mm x 454mm x 225mm)		29.75 in x 17.75 in x 8.27 in (741mm x 454mm x 210mm)	
Wire Sizes	12 to 6 AWG Input and output connections			
Standards	UL1741/IEEE1547, IEEE1547.1, ANSI62.41.2, FCC part 15 B			
Warranty	10 years standard			

## INDUSTRY LEADING FEATURES

- Highest efficiency transformer isolated inverters in the industry, 96% CEC, full line!
- Fully integrated with DC disconnect, 3 or 4 fuse combiner and detachable DC wiring box.
- Widest DC voltage range, 200-600 VDC.
- Easy installation with low weight (47-60 lb) with quick-mount bracket feature, and universal 240/208 VAC operation.
- High reliability, 10 year warranty and certification to latest UL1741/IEEE1547.
- Free PC software and both RS232&485 communication ports.
- SolrenView or Fat Spaniel Inverter-Direct Internet, and/or revenue-grade monitoring options available. Also compatible with Energy Recommence, Draker and others.
- Optional integrated panel assemblies with kWh meter and/or AC disconnect.



**SOLECTRIA RENEWABLES**

Lawrence, Massachusetts  
USA  
Ph: 978.683.9700 (MA)  
Ph: 562.608.8913 (CA)  
Fax: 978.683.9702  
E-mail: inverters@solren.com  
www.solren.com

Εικόνα 38: Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Solectria

# Sunny Boy 5000TL HC

Maximum flexibility



Suitable for different strings due to separate MPP-Tracking

Suitable for modules based on 6" and 6" + cells with higher currents

Extended input voltage range (125 to 750 V DC)

Transformerless with integrated all-pole sensitive residual current detection

SMA grid guard® (MSD)

Diagnosis and communication via Powerline Communication, radio transmission or via data cable (RS232 or RS485)

Extended temperature range -25 °C to +60 °C

For outdoor and indoor installation

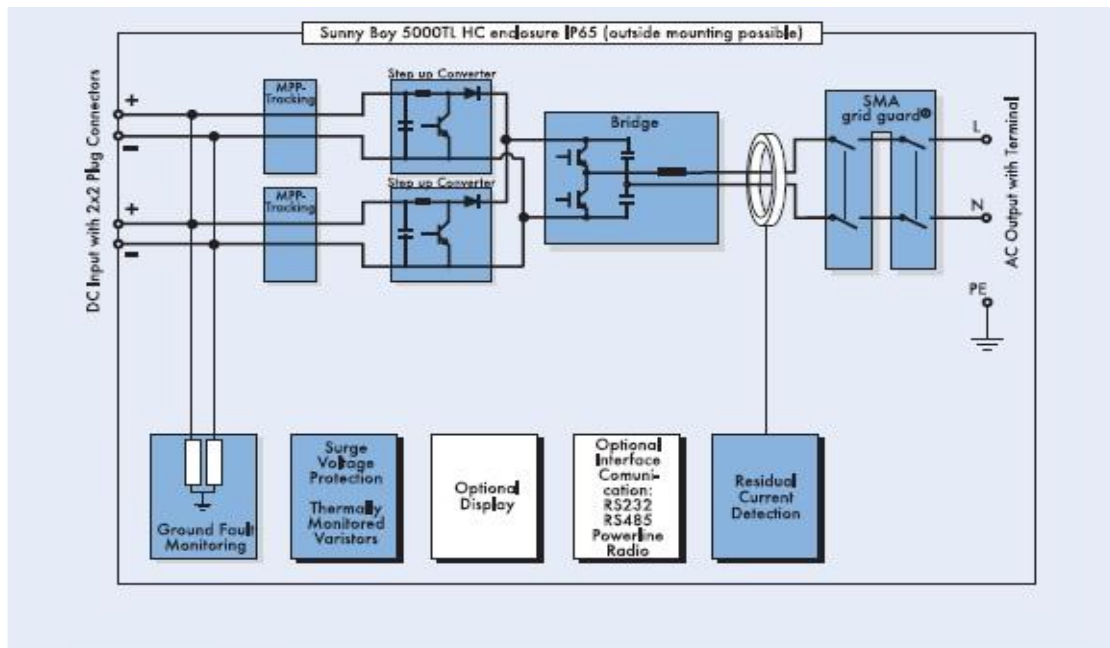
Connection of DC input with waterproof snap cable connectors

Surge voltage protection with integrated thermally monitored varistors

The main purpose of an inverter should be to ensure the best possible energy yield from your solar power system. Multi-string technology developed by SMA uses a separate MPP (maximum power point) controller for each input to achieve outstanding results even when the individual module strings are running with different module types, unequal numbers of modules or modules facing in different directions. What's more, all current cell technologies can be used with the SB 5000TL HC without any problems. With efficiency improved still further to 96 % and increased input sensitivity, electricity can be fed into the grid even with minimal sunshine.



Εικόνα 39: Αντιστροφέας 5000Watt της Sunny Boy



Schematic diagram of the Sunny Boy 5000TL HC

Technical Data	
<b>Input</b>	<b>SB 5000TL HC Multi-String</b>
Recc. maximum PV-power ( $P_{PV}$ )	approx. 6000 Wp *)
Max. DC power ( $P_{DC, max}$ )	5300 W
Max. DC voltage ( $U_{DC, max}$ )	750 V
PV-voltage range, MPPT ( $U_{PV}$ )	125 V - 750 V
Max. input current ( $I_{PV, max}$ )	2 x 7.5 A
DC voltage ripple ( $U_{pp}$ )	< 10 %
Max. number of strings	2
DC disconnection	Snap cable connectors
Thermally monitored varistors	yes
Ground fault monitoring	yes
Pole confusion protection	Short circuit diode
<b>Output</b>	
Max. AC power ( $P_{AC, max}$ )	5000 W
Nominal AC power ( $P_{AC, nom}$ )	4600 W
THD of grid current	< 4 %
Default range of AC voltage ( $U_{AC}$ )	198 V - 260 V
Possible range of AC voltage	180 V - 265 V
AC frequency ( $f_{AC}$ )	49.8 Hz - 50.2 Hz
Possible range of AC frequency	45.5 Hz - 54.5 Hz
Phase shift ( $\cos \phi$ )	1
Short circuit proof	yes, current control
Connection to utility	AC screw terminal
<b>Efficiency</b>	
Max. Efficiency	96 %
Euro-eta	95 %
<b>Enclosure</b>	
accord. to DIN EN 60529	IP65
<b>Mechanical Data</b>	
Width / height / depth in mm	470 / 490 / 225
Weight	approx. 31 kg

\*) For PV Plants in Germany

www.SMA.de  
 Freecall +800 SUNNYBOY  
 Freecall +800 78669269

Innovation in Systems Technology  
 for the Success of Photovoltaics



SB5000TLHC12/8/2/20 - Sunny Boy and SMA are registered trademarks of SMA Technology AG. The technical data will be subject to change.

Εικόνα 40: Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Sunny Boy



SB 4200TL HC / SB 5000TL HC

- > Multi-String
- > Transformerless
- > 96 % efficiency
- > Integrated ESS DC load disconnecting switch
- > Worldwide SMA service and SMA Service Line
- > Extended SMA warranty



## SUNNY BOY Multi-String

Maximum module compatibility, optimal yield

Systems with different roof orientation or module types still achieve the highest possible yields with SMA Multi-String inverters. Each individual string connection of the Multi-String inverter is equipped with a separate MPP tracker. A broad input voltage range and a high input current allow the use of any standard crystalline PV module. Flexible module circuit connection, a high efficiency rate of over 96 % through transformerless switching, and extensive monitoring functions make the Multi-String inverter the best choice for your system.

Εικόνα 41: Αντιστροφέας 5000Watt της Sunny Boy

## Technical Data SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
<b>Input (DC)</b>		
Max. DC power	4200 W	5300 W
Max. DC voltage	550 V	550 V
PV voltage range, MPPT	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Recommended range at nominal power	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Max. input current	2 x 15 A	2 x 15 A
Number of MPPT trackers	2	2
Max. number of strings (parallel)	2 x 2	2 x 2
<b>Output (AC)</b>		
Nominal AC output	4000 W	4600 W
Max. AC power	4000 W	5000 W
Max. output current	22 A	22 A
Nominal AC voltage / range	220 V - 240 V / 180 V - 280 V	220 V - 240 V / 180 V - 280 V
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz
Power factor (cos φ)	1	1
AC Connection	single-phase	single-phase
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency	97.0 %	97.0 %
Euro ETA	96.4 %	96.5 %
<b>Protective equipment</b>		
DC reverse polarity protection	●	●
DC load disconnecting switch ESS	●	●
AC short circuit protection	●	●
Ground fault monitoring	●	●
Grid monitoring (SMA grid guard)	●	●
Integrated all pole sensitive residual current monitoring unit	●	●
<b>General Data</b>		
Dimensions (W / H / D) in mm	470 x 445 x 180	470 x 445 x 180
Weight	25 kg	25 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Noise emission (typical)	≤ 29 dB(A)	≤ 29 dB(A)
Consumption: operating (standby) / night	< 10 W / < 0.5 W	< 10 W / < 0.5 W
Topology	transformerless	transformerless
Cooling concept	OptiCool	OptiCool
Installation: Indoor / Outdoor (electronics IP 65 / connection compartment IP 54)	●/●	●/●
<b>Features</b>		
DC connection: MC3 / MC4 / Tyco	○/●/○	○/●/○
AC connection: Terminals	●	●
Graphic display	●	●
Interfaces: Bluetooth / RS485	●/○	●/○
Warranty: 5 years / 10 years	●/○	●/○
Certificates and approvals	www.SMA.de	www.SMA.de
● Standard ○ Optional	Values apply for nominal conditions - Version: February 2009	

**Efficiency curve**

Legend:  $U_{PV} = 400\text{ V DC}$ ,  $U_{PV} = 300\text{ V DC}$ ,  $U_{PV} = 200\text{ V DC}$

Inset:  $U_{MPP} [V]$  vs  $P_{AC} [W]$  showing a linear increase from ~300V at 1000W to ~450V at 4000W.

Εικόνα 42: Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της Sunny Boy



## Photovoltaic Inverter Specification



Sunteams 1500

Sunteams 2000

Sunteams 2800

Sunteams 4000

Sunteams 5000

**Εικόνα 43:** Αντιστροφέας 5000Watt της KLNE



**Input data (DC side)**

Model	Sunteams 1500	Sunteams 2000	Sunteams 2800	Sunteams 4000	Sunteams 5000
Numbers of MPP tracker	1				
Nominal DC voltage	400 VDC			440VDC	
Maximum PV open voltage	450V	500V		550V	
MPPT voltage rang (Vdc)	110~430	110~480		110~530	
MPPT efficiency at output > 10%	> 99%				
System start-up voltage	120VDC				
Working voltage range(Vdc)	100 ~ 450	100 ~ 500		100 ~ 550	
Full rating range (VDC)	250~450	250~500		250~550	280~550
Max. input current (ADC)	8.9	10	13	20	20
Shutdown voltage	70 VDC typical				
DC voltage ripple	< 5%				
DC insulation resistance	> 1MΩ				

**Output data (AC side)**

Model	Sunteams 1500	Sunteams 2000	Sunteams 2800	Sunreams 4000	Sunteams 5000
Nominal output power	1500W	2000W	2800W	4000W	5000W
Maximum output power	1650W	2200W	3000W	4400W	5000W
Grid voltage range	Single phase, according to AS4777				
Grid frequency range	According to AS4777				
Nominal output current(AAC,RMS)	6.5	8.7	12.2	17.4	19.3
Maximum output current (AAC,RMS)	7.2	10.5	14.3	20	30
O/P current distortion at full rating	<3%				
Power Factor at full rating	>0.99				
Islanding protection	AFI(According to AS4777)				

**Load curve**

The relation between DC input and AC output is indicated as below:

Model	Formula	Curve
Sunteams 1500 Sunteams 2000 Sunteams2800 Sunteams 4000	For Input VDC 250V, $O/P\% = 0.4 \times V_i$	
Sunteams 5000	For Input VDC 280V, $O/P\% = 0.37 \times V_i$	

**General data**

Model	Sunteams 1500	Sunteams 2800	Sunteams 2800	Sunteams 4000	Sunteams 5000
Internal power consumption	~7W				
Night power consumption	~0W				
Maximum conversion efficiency (DC/AC)	95.5%	96.5%	96.5%	98%	98%
European Efficiency	94.5%	95.5%	95.5%	97.5%	97.5%
GFCI	Threshold	See ground fault current detection			
	Current Range	0~500mA			
	Frequency range	0~700Hz			
Protection degree	IP 65				
Operation temperature	-20 to 55°C				
Humidity	0 to 95%, non-condensing				
Heat Dissipation	Convection				
Acoustic noise level	<35dBA				
Altitude	Up to 2000m without power derating				

**Εικόνα 44:** Τεχνικά χαρακτηριστικά Αντιστροφέα 5000Watt της KLNE

#### **4.7 Βήματα για σύνδεση Φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος μέχρι 100KW**

Πληροφοριακό δελτίο για τη σύνδεση φωτοβολταϊκών σταθμών ισχύος μέχρι 100 KW για την Ελλάδα.

##### **Βήμα 1:**

Υποβολή αίτησης σύνδεσης (το ειδικό έντυπο διατίθεται από τη ΔΕΗ) στην τοπική μονάδα της ΔΕΗ (Περιοχή), με επισύναψη των εγγράφων και στοιχείων υπ' αριθμό 1 έως και 10 του εντύπου αίτησης, με ταυτόχρονη κατάθεση ποσού 300€ για σταθμούς άνω των 5KW έως και 20KW, και 500€ για σταθμούς άνω των 20KW έως και 100KW.

##### **Βήμα 2:**

Έγγραφο διατύπωση της ΔΕΗ προς τον ενδιαφερόμενο των τεχνικών και οικονομικών όρων σύνδεσης.

##### **Βήμα 3:**

Έγγραφο αποδοχή των όρων σύνδεσης από τον ενδιαφερόμενο με ταυτόχρονη υποβολή αιτήματος κατάρτισης της Σύμβασης Σύνδεσης.

##### **Βήμα 4:**

Κατάρτιση από τη ΔΕΗ της Σύμβασης Σύνδεσης και τηλεφωνική ειδοποίηση του ενδιαφερόμενου να προσέλθει για την υπογραφή. Καταβολή της προϋπολογιστικής δαπάνης των έργων σύνδεσης ταυτόχρονα με την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης.

##### **Βήμα 5:**

Έγγραφο αναγγελία της ΔΕΗ προς τον ενδιαφερόμενο της περάτωσης των έργων σύνδεσης.

##### **Βήμα 6:**

Έγγραφο δήλωση ετοιμότητας της εγκατάστασης από τον ενδιαφερόμενο, προκειμένου να ενεργοποιηθεί η σύνδεση μετά από έλεγχο της ΔΕΗ, αφού προηγουμένως (ή ταυτόχρονα) υποβάλει πλήρη τα στοιχεία υπ' αριθ. 11 έως και 14 του εντύπου αίτησης, και έχει υπογράψει συμβόλαιο κατανάλωσης ρεύματος.

### **Βήμα 7:**

Τηλεφωνική ειδοποίηση του ενδιαφερόμενου από τη ΔΕΗ για τον ορισμό του χρόνου διενέργειας του αναγκαίου ελέγχου της εγκατάστασης, προ της ενεργοποίησης της σύνδεσης, παρουσία του ενδιαφερόμενου ή του εκπροσώπου του.

### **Βήμα 8:**

Ενεργοποίηση της σύνδεσης, μετά από την επιτυχή ολοκλήρωση του ελέγχου. Σε περίπτωση που τα στοιχεία της αίτησης δεν είναι πλήρης, ή τα συνυποβαλλόμενα έγγραφα και στοιχεία είναι ελλείπει, η αίτηση δεν παραλαμβάνεται. Κατ' εξαίρεση το στοιχείο υπ' αριθμό 10 (έγκριση εργασιών από Πολεοδομία), μπορεί σε περιπτώσεις μεμονωμένων μόνο αιτήσεων για φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος  $> 20$  KW, να υποβληθεί προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης. Σε περίπτωση αλλαγής της θέσης εγκατάστασης ή επαύξησης της ισχύος του σταθμού, θα πρέπει να υποβληθεί νέα αίτηση με τα αντίστοιχα δικαιολογητικά. Αλλαγές στην ισχύουσα αίτηση γίνονται δεκτές μόνο σε περιπτώσεις μεταβολής της επωνυμίας του αιτούντος ή μείωσης της ισχύος του σταθμού με υποχρέωση έγγραφης ενημέρωσης για τα αντίστοιχα στοιχεία που μεταβάλλονται, καθώς και μεταβολές του τύπου ή και του κατασκευαστή των πλαισίων και των αντιστροφών με προσκόμιση των αντίστοιχων στοιχείων τους. Η υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης προηγείται και είναι προαπαιτούμενη της υπογραφής της Σύμβασης Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας (η τελευταία υπογράφεται με το ΔΕΣΜΗΕ για το διασυνδεδεμένο σύστημα ή με τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά). Η υπογραφή της Σύμβασης Πώλησης προηγείται και είναι προαπαιτούμενη της ενεργοποίησης της σύνδεσης. Η Υπεύθυνη Δήλωση Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη (Υ.Δ.Ε.) που θα προσκομιστεί (υπ' αριθμό 12 του εντύπου αίτησης), θα συνοδεύεται από βεβαίωση της αρμόδιας ΔΟΥ. Για την υπογραφή συμβολαίου κατανάλωσης ρεύματος χαμηλής τάσης, ο ενδιαφερόμενος θα προσκομίσει έγγραφο του Δήμου για τον καθορισμό των Δημοτικών Τελών (εφόσον υφίσταται υποχρέωση καταβολής), ή απαλλακτικό. Εάν κατά τη διενέργεια του ελέγχου διαπιστωθούν ελλείψεις ή δυσλειτουργίες στις εγκαταστάσεις του ενδιαφερόμενου, η σύνδεση θα παραμείνει ανενεργή μέχρις ότου ο ενδιαφερόμενος προβεί στις διορθωτικές ενέργειες που θα του υποδείξει η ΔΕΗ.

Σταθμοί ισχύος μέχρι 100KW συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης, μέσω μονοφασικής παροχής για ισχύ μέχρι 5KW και τριφασικής παροχής για ισχύ άνω των 5KW και μέχρι τα 100KW. Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (THD) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Εφόσον οι αντιστροφέις δεν διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης, η έγχυση συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να περιορίζεται στο 0,5% του ονομαστικού. Η προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης είναι υποχρεωτική. Στο αντίστοιχο πεδίο του εντύπου αίτησης θα περιγράφεται η ακολουθούμενη μέθοδος, η οποία θα είναι σύμφωνη με το πρότυπο VDE 0126. Οι ανωτέρω προστασίες θα εμφανίζονται είτε στα τεχνικά εγχειρίδια των αντιστροφέων είτε στα πιστοποιητικά τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Οικονομική μελέτη

#### **5.1 Εισαγωγή στην οικονομική μελέτη**

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ο οικονομικός σχεδιασμός του έργου ο οποίος αφορά το κατά πόσο κρίνεται συμφέρουσα η επιχείρηση του Φ/Β πάρκου. Για την υλοποίηση της οικονομικής μελέτης χρησιμοποιούνται κάποιοι τύποι, όπως ο τύπος της καθαρής παρούσας αξίας, ο τύπος της απόσβεσης, ο τύπος του συντελεστή χρησιμοποίησης και άλλοι.

Με απόφαση Υπουργικού Συμβουλίου με ημερομηνία 30.12.2008 και τελική έγκριση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ανακοινώθηκαν τα Σχέδια Χορηγιών για την Κύπρο 2009-2013 (έναρξη ισχύος Δευτέρα 20.07.2009) για ενθάρρυνση της ηλεκτροπαραγωγής από μεγάλα εμπορικά φωτοβολταϊκά συστήματα. Σύμφωνα με το Σχέδιο Χορηγιών, η συνολική τιμή πώλησης της παραγόμενης KWh από φωτοβολταϊκά συστήματα δυναμικότητας από 21 KW μέχρι 150KW θα είναι €0,34/KWh. Σημαντικό δεδομένο αποτελεί το γεγονός ότι η τιμή αυτή δεν χρίζει επανακαθορισμού και παραμένει αυστηρά σταθερή για όλη την διάρκεια της εικοσαετίας. Για τα μεγάλα ΦΒ συστήματα (21-150 kW), για κάθε έτος της περιόδου 2009-2013, θα εγκρίνονται από την Επιτροπή Διαχείρισης του Ειδικού Ταμείου ΑΠΕ και ΕΞΕ, αιτήσεις συστημάτων συνολικής ισχύος μέχρι 2 MW.

Στον Οικονομικό Σχεδιασμό Φωτοβολταϊκών έργων πρέπει να συνυπολογίζονται και να αξιολογούνται μερικά κρίσιμα σημεία ώστε να είναι επιτυχής και κερδοφόρα η έκβαση του όλου έργου.

- Κάθε συλλέκτης φέρει εγγύηση 25 ετών καλής λειτουργίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές από τον κατασκευαστή.
- Κάθε αντιστροφέας είναι συμβατός με τις προδιαγραφές της ΔΕΗ/ Α.Η.Κ και φέρει εγγύηση καλής λειτουργίας 10 ετών.
- Συνιστάται η ασφάλιση των συσκευών και εγκαταστάσεων από φυσικά φαινόμενα όπως κεραυνοί, σεισμοί, κατολισθήσεις και κακόβουλες πράξεις

καθώς και υπερτάσεις προερχόμενες από το δίκτυο της ΔΕΗ/ Α.Η.Κ .

- Επικίνδυνα Σημεία και Ρίσκα.
- Εάν υπάρχουν παρεκκλίσεις ή συμβιβασμοί σε τεχνικά χαρακτηριστικά και συνεπώς στο κόστος του έργου τότε το ετήσιο εισόδημα που αναμένεται, μειώνεται ανάλογα με τον βαθμό απωλειών και συχνότητας των βλαβών που προκύπτουν.
- Η απώλεια μέρους των ετήσιων εσόδων μπορεί να είναι καθοριστική για την περαιτέρω απώλεια της αυτοτελούς χρηματοδότησης του έργου από Τραπεζικούς οργανισμούς με αποτέλεσμα :
  - Να χαθεί η κυριότητα του έργου ή
  - Να αναγκαστεί να κάνει αναβάθμιση της όλης εγκατάστασης.
- Το όλο έργο πρέπει να είναι κατασκευασμένο ώστε να μπορεί να ασφαρίζεται από ασφαλιστικούς φορείς για όλους τους κινδύνους που διατρέχει και συνεπώς θα πρέπει να περιλαμβάνει όλες εκείνες τις τεχνικές διατάξεις και συσκευές που απαιτούνται για ασφάλιστρο χαμηλού κόστους και πλήρους και πολλαπλής αντικατάστασης των συσκευών με βλάβη ή καταστροφή.

Όλα τα παραπάνω που έχουν αναφερθεί πρέπει να περιλαμβάνονται στον προϋπολογισμό του έργου και να ΜΗΝ αποτελούν ξεχωριστά έξοδα τα οποία ο επενδυτής θα πληρώσει προκειμένου να εξασφαλίσει την επένδυσή του.

## **5.2 Καθαρή παρούσα αξία (NPV)**

Η καθαρά παρούσα αξία ορίζεται ως η διαφορά της παρούσας αξίας των μελλοντικών χρηματοροών (εισροές – εκροές) με το κόστος που απαιτείται για την επένδυση. Η ίδια η τιμή της NPV δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία αυτό που ενδιαφέρει είναι αν είναι θετική ή αρνητική.

Γενικά ισχύει:

- $NPV > 0$  : η αποδοτικότητα είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό.
- $NPV < 0$  : η αποδοτικότητα είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης απορρίπτεται.
- $NPV = 0$  : η αποδοτικότητα είναι οριακή και η αποδοχή του σχεδίου επένδυσης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

Η μαθηματική σχέση που μας δίνει την καθαρά παρούσα αξία είναι:

$$N.P.V = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \Leftrightarrow N.P.V = P.V - \text{cost} \Rightarrow \\ \Rightarrow N.P.V = P.V - I$$

Όπου:

$C_t$ : η ετήσια χρηματοροή ως προς την οποία υπολογίζεται η NPV

$t$ : το τρέχον έτος

$r$ : το κόστος χρήματος

$I$ : το αρχικό κεφάλαιο (ίδια κεφάλαια και δάνεια)

Στο παρακάτω παράδειγμα υπολογίζεται η καθαρά παρούσα αξία με βάση τα δεδομένα του πίνακα 2 :

$C_t$ : η ετήσια χρηματοροή από πίνακα 2

$t$ : 1-20 χρόνια

$r$ : 10%

$I$ : 480000

$$N.P.V = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \Leftrightarrow \left[ \frac{68292}{(1+0,1)^1} + \frac{68033}{(1+0,1)^2} + \dots + \frac{63538}{(1+0,1)^{20}} \right] - 480000$$

$$\Rightarrow N.P.V = 567326 - 480000 \Rightarrow 87326 > 0$$

Η καθαρά παρούσα αξία είναι μεγαλύτερη του μηδενός οπότε η επιχείρηση κρίνεται συμφέρουσα.



### 5.3 Απόσβεση

#### Ορισμός

Όταν λέμε απόσβεση εννοούμε τη φθορά ή τη μείωση της αξίας ενός σταθερού κεφαλαίου, η οποία οφείλεται στη χρησιμοποίηση του ή στην επίδραση επ' αυτού του χρόνου και της τεχνολογίας.<sup>13</sup>

Σύμφωνα με το Π.Δ. 299 για τον καθορισμό κατώτερων και ανώτερων συντελεστών απόσβεσης (Φ.Ε.Κ. 255/22 2003), για τα μηχανήματα και τις εγκαταστάσεις μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φωτοβολταϊκά συστήματα<sup>14</sup>, ο κατώτερος συντελεστής μπορεί να είναι 5% και ο ανώτερος 7%. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η διάρκεια ζωής της μονάδας θα είναι το ελάχιστο 20 έτη επιλέγουμε ως συντελεστή απόσβεσης το 5%. Σύμφωνα με το ίδιο προεδρικό διάταγμα η απόσβεση των κτηριακών εγκαταστάσεων της μονάδας μπορεί να γίνει με συντελεστή απόσβεσης από 3% έως 5%. Λαμβάνοντας και πάλι υπόψη τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης επιλέγουμε επίσης τον συντελεστή του 5%. Άρα ο γενικός συντελεστής απόσβεσης της μονάδας θα είναι 5%.

#### **Υπολογισμός εσόδων από διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα**

##### ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΧΡΗΣΤΗ

Οι επιλογές που έγιναν: Ανατολικά: **33°22'25"**  
Βόρεια: **35°10'3"**

Τοποθεσία εγκατάστασης: **ΛΕΥΚΩΣΙΑ ΚΥΠΡΟΣ**

Η περιοχή ανήκει στο **ΜΗ Διασυνδεδεμένο σύστημα**

Συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πάνελ: **80 kWp**

Σύστημα στήριξης των φωτοβολταϊκών: **Κινητό**

Έναρξη λειτουργίας πριν από : **Φεβρουάριος 2012**

Αρχική τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας **0.450 €/kWh**

Μέση ετήσια μείωση απόδοσης φωτοβολταϊκών στοιχείων **0.85 %**

---

<sup>13</sup> Η απόσβεση αντιπροσωπεύει το ποσό κατά το οποίο μειώνεται η αξία ενός σταθερού κεφαλαίου κάθε χρόνο της διάρκειας της οικονομικής του ζωής

<sup>14</sup> Παράγραφος 1, άρθρο 4, υποπαράγραφος στ

Μέση τιμή Δείκτη Τιμών Καταναλωτή 20 ετίας **1.90 %**

Συνολικές απώλειες (θερμοκρασία, πτώσεις τάσης καλωδίων, ανακλάσεις κλπ)  
**26,5%**

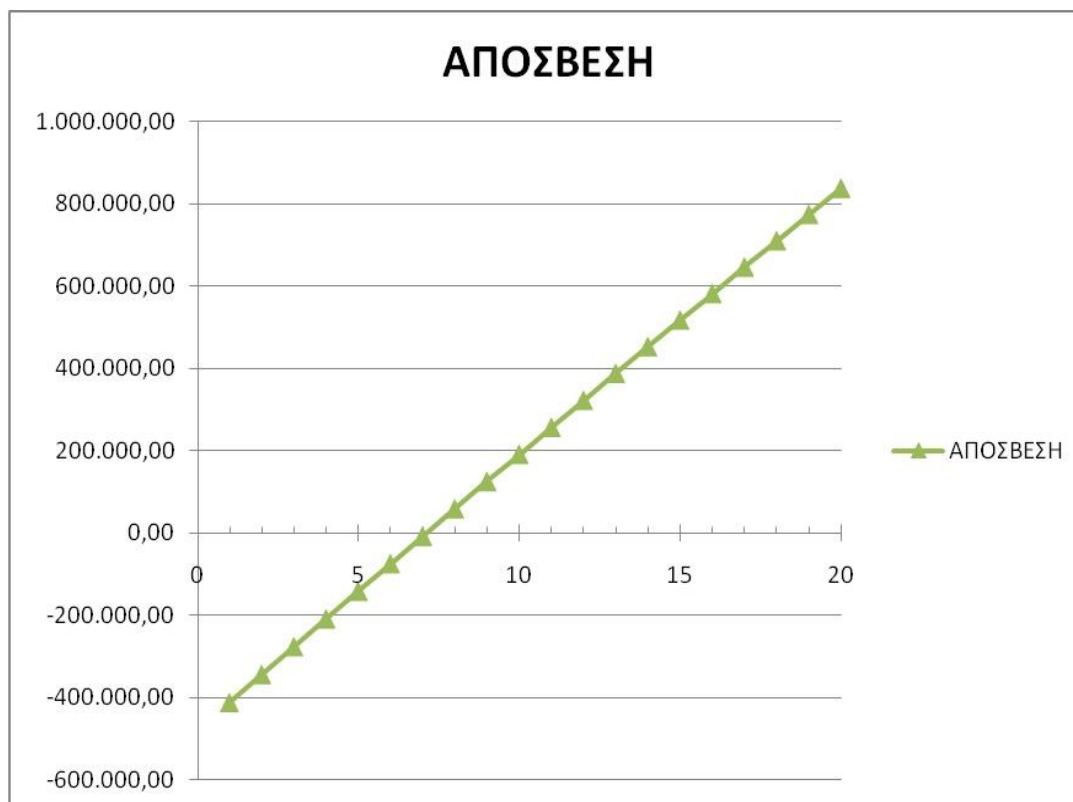
Η μέση ετήσια αναμενόμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας του **1ου** έτους θα είναι:  
**151.760,00 kWh (κιλοβατώρες)**

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Έσοδα 1 <sup>ου</sup> έτους	68.292,00 €
Έσοδα 2 <sup>ου</sup> έτους	68.033,15 €
Έσοδα 3 <sup>ου</sup> έτους	67.775,28 €
Έσοδα 4 <sup>ου</sup> έτους	67.518,38 €
Έσοδα 5 <sup>ου</sup> έτους	67.262,46 €
Έσοδα 6 <sup>ου</sup> έτους	67.007,51 €
Έσοδα 7 <sup>ου</sup> έτους	66.753,53 €
Έσοδα 8 <sup>ου</sup> έτους	66.500,51 €
Έσοδα 9 <sup>ου</sup> έτους	66.248,45 €
Έσοδα 10ου έτους	65.997,34 €
Έσοδα 11ου έτους	65.747,19 €
Έσοδα 12ου έτους	65.497,98 €
Έσοδα 13ου έτους	65.249,72 €
Έσοδα 14ου έτους	65.002,40 €
Έσοδα 15ου έτους	64.756,01 €
Έσοδα 16ου έτους	64.510,56 €
Έσοδα 17ου έτους	64.266,04 €
Έσοδα 18ου έτους	64.022,45 €
Έσοδα 19ου έτους	63.779,78 €
Έσοδα 20ου έτους	63.538,03 €

Συνολικά έσοδα 20 ετίας	1.317.758,77 €
-------------------------	----------------

Πίνακας 1: Χρονιαία Έσοδα του πάρκου<sup>15</sup>



### Διάγραμμα 1: Γράφημα Απόσβεσης

Βάση των παραπάνω υπολογισμών η απόσβεση του Φωτοβολταϊκού πάρκου θα επέλθει μεταξύ του 7<sup>ου</sup> και 8<sup>ου</sup> έτους της λειτουργίας του.

### Δανειακές απαιτήσεις

Ο απαιτούμενος χρόνος για την πραγματοποίηση της εγκατάστασης της μονάδας υπολογίζεται σε 2 μήνες. Για την εκκίνηση των εργασιών η εταιρία θα προβεί σε λήψη της προκαταβολής του 50% της επιχορήγησης από το κράτος

<sup>15</sup> <http://www.selasenergy.gr/solar-calculator-income.php>

αλλά η πληρωμή και εξόφληση των προμηθευτών θα πρέπει να γίνει με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης. Για αυτό τον λόγο απαιτείται η λήψη δανείου μικρής διάρκειας (έως 12 μηνών) το οποίο θα πρέπει να καλύπτει το ποσό της κρατικής επιχορήγησης.

#### **5.4 Κόστος**

Η μέθοδος «κόστους ενέργειας» βασίζεται στον υπολογισμό του κόστους της παραγόμενης ενέργειας, με βάση τα υφιστάμενα τεχνικο-οικονομικά δεδομένα, και στη σύγκριση του με το τρέχον κόστος των υπόλοιπων μορφών ενέργειας και κυρίως της ενέργειας από συμβατικά καύσιμα (άνθρακα, πετρέλαιο, σχάσιμα υλικά). Με την σύγκριση αυτή υπολογίζεται ο αναμενόμενος βαθμός διείσδυσης στην αγορά των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Για να προσδιορίσουμε το κόστος του φωτοβολταϊκού σταθμού χρειάζονται:

- Βασικός εξοπλισμός (Φ/Β γεννήτριες, αντιστροφείς, βάσεις, καλώδια κ.λ.π)
- Μεταφορικά
- Διαμόρφωση χώρου , περίφραξη
- Κόστος σύνδεσης ( σε μια απόσταση από το δίκτυο της τάξεως των 50-100m)
- Απαιτούμενες μελέτες

Ενδεικτικά το κόστος ενός Φωτοβολταϊκού σταθμού είναι  $6000\text{€} + \Phi.Π.Α / \text{KWp}$  και περιλαμβάνει όλα αυτά που προαναφέρθηκαν. Επομένως για κάποιους πρώτους υπολογισμούς ως ενδεικτικό κόστος της κατασκευής του σταθμού ισχύος  $80\text{KWp}$ , θεωρούμε περίπου :  $6000\text{€} / \text{KWp} * 80\text{KWp} = 480000\text{€} + \Phi.Π.Α.$

#### **5.5 Εσωτερικός δείκτης επένδυσης (IRR)**

Ο εσωτερικός δείκτης επένδυσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο που μηδενίζει την Καθαρά Παρούσα Αξία (Κ.Π.Α, N.P.V) της επένδυσης. Με το IRR μπορούν να προσδιοριστούν οι όροι δανεισμού και το σχέδιο επένδυσης, δεδομένου ότι καθορίζει το μέγιστο επιτόκιο που θα μπορούσε να πληρωθεί από τον επενδυτή χωρίς να κινδυνεύσει να χάσει τα κεφάλαια

Η μαθηματική σχέση που μας δίνει τον εσωτερικό δείκτη επένδυσης είναι:

$$N.P.V = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \Leftrightarrow N.P.V = 0$$

Από τη σύγκριση της τιμής του IRR με το επίσημο επιτόκιο της αγοράς  $r$  συμπεραίνεται η αποδοτικότητα ή μη του σχεδίου επένδυσης.

Συγκεκριμένα:

- $IRR > r$  : το σχέδιο γίνεται αποδεκτό.
- $IRR < r$  : το σχέδιο απορρίπτεται.
- $IRR = r$  : το σχέδιο θεωρείται οριακά αποδεκτό και η αποδοχή του εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

Μεταξύ δύο εναλλακτικών επενδύσεων προκρίνεται αυτή με το μεγαλύτερο  $IRR$ .

Σαν συνέχεια του παραδείγματος που υπολογίστηκε η καθαρά παρούσα αξία υπολογίζουμε και τον εσωτερικό δείκτη της επένδυσης.

$$N.P.V = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \Leftrightarrow \left[ \frac{68292}{(1+0,12)^1} + \frac{68033}{(1+0,12)^2} + \dots + \frac{63538}{(1+0,12)^{20}} \right] - 480000$$

$$\Rightarrow N.P.V = 498664 - 480000 \Rightarrow 18664$$

$$N.P.V = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - I \Leftrightarrow \left[ \frac{68292}{(1+0,13)^1} + \frac{68033}{(1+0,13)^2} + \dots + \frac{63538}{(1+0,13)^{20}} \right] - 480000$$

$$\Rightarrow N.P.V = 469381 - 480000 \Rightarrow -10619$$

**Για 12% έχουμε 18664**

**Για 13% έχουμε -10619**

$$\frac{r - 12}{13 - 12} = \frac{0 - 18664}{10619 - 18664} \Rightarrow IRR (r) = 12,62544\%$$

Επειδή το  $IRR = 12,62544\%$  είναι μεγαλύτερο από  $10\%$ , η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα.

### **5.6 Λειτουργικά κόστη**

Παρόλο που μία μονοσήμαντη απάντηση ως προς το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων είναι παρακινδυνευμένη, ακολούθως παρατίθενται κάποια ενδεικτικά οικονομικά στοιχεία. Το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο ανέρχεται περίπου στα  $4,5 \text{ €/Wp}$ . Αν σκοπεύει κανείς να τοποθετήσει σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (tracker), θα πρέπει να υπολογίσει ένα  $20\%$  παραπάνω στα κόστη του εξοπλισμού.

Τα λειτουργικά κόστη ενός φωτοβολταϊκού σταθμού περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Κόστος συντήρησης
2. Κόστος ασφάλισης (υποχρεωτικό για την δανειοδότηση του έργου)
3. Κόστος φύλαξης (συμβόλαιο με εταιρία φύλαξης, υποχρεωτικό για δανειοδότηση του έργου σε περίπτωση εγκατάστασης σε αγροτεμάχιο)
4. Διοικητικά κόστη (λογιστήριο, δημοσίευση ισολογισμών σε περίπτωση ΑΕ και ΕΠΕ, τηλεφωνικά τέλη για αυτόματη αποστολή δεδομένων σε ΔΕΣΜΗΕ - ΔΕΗ)
5. Κόστη προσωπικού (π.χ. επιστάτη στην περίπτωση μεγάλων φ/β σταθμών ή κόστη καθαρισμού πλαισίων)
6. Προφανώς, τόσο το μέγεθος του σταθμού όσο και το εταιρικό σχήμα και ο τόπος εγκατάστασης επηρεάζουν τα παραπάνω κόστη. Σε γενικές γραμμές, τα ανωτέρω κόστη κυμαίνονται συνήθως μεταξύ του  $0,5\%$  έως  $1,5\%$  του συνολικού κόστους της επένδυσης ετησίως.

Όσον αφορά το κόστος των ασφαλιστικών καλύψεων για ένα Φ/Β πάρκο ισχύος  $80\text{KW}$  η ετήσια τιμή κυμαίνεται στα  $1500 \text{ €}$ . Πιο κάτω αναφέρονται οι περιπτώσεις στις οποίες μπορεί η ασφαλιστική εταιρεία να παρέχει κάλυψη λόγω ζημίας:

- Φωτιά, Κεραυνός, Πτώση Αεροσκαφών ή αντικειμένων που πέφτουν από

αυτά.

- Έκρηξη φυσική ή χημική (ευρεία).
- Πλημμύρα.
- Θύελλα, Καταιγίδα.
- Χιόνι, Χαλάζι, Παγετός.
- Κλοπή του ασφαλισμένου Περιεχομένου συνεπεία διάρρηξης ή Ληστείας.
- Τρομοκρατικές Ενέργειες.
- Στάσεις και απεργίες - Πολιτικές ταραχές.
- Κακόβουλη βλάβη.
- Πυρκαγιά των ασφαλισμένων ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ή μηχανημάτων συνεπεία βραχυκυκλώματος.
- Ζημιά λόγω Βραχυκυκλώματος, υπέρτασης, μηχανημάτων και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
- Σεισμός και Πυρκαγιά συνεπεία Σεισμού.
- Αποκομιδή Συντριμμάτων - Εκκαθάριση Ερειπίων.
- Απώλεια Μικτών Κερδών συνεπεία Καιρικών - Φυσικών Φαινομένων (& Σεισμού) με μέγιστη περίοδο αποζημίωσης (Μ.Π.Α.) **12 μήνες.**
- Απώλεια Μικτών Κερδών συνεπεία των Λοιπών καλυπτομένων κινδύνων με μέγιστη περίοδο αποζημίωσης (Μ.Π.Α.) **12 μήνες.**

### **Εγγυήσεις καλής λειτουργίας**

Συνήθως τα συμβόλαια καλής λειτουργίας του συστήματος είναι διετή, αλλά μπορεί κανείς να τα παρατείνει για τουλάχιστον 10 χρόνια. Η on-line παρακολούθηση του συστήματος και το remote monitoring (που συνήθως είναι προαιρετικά) διασφαλίζουν συνεχή έλεγχο ώστε το σύστημα να αποδίδει πάντα τα αναμενόμενα και να υπάρχει άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση κατά την οποία δεν συμβαίνει αυτό. Ένα τέτοιο συμβόλαιο βέβαια, ανεβάζει τα λειτουργικά κόστη του συστήματος.

### 5.7 Συντελεστής Χρησιμοποίησης

Αποδοτικότητα μιας Φ/Β συστοιχίας,  $Y_{\sigma}$  (Array Yield) ορίζεται το πηλίκο της αποδιδόμενης ημερησίως (σε μηνιαία ή ετήσια βάση) ηλεκτρικής ενέργειας δια της ισχύος αιχμής της :

$$Y_{\sigma} = \frac{E_{\sigma}}{P_{P,\sigma}}$$

Ένα παράδειγμα είναι αν έχουμε ένα Φ/Β πάρκο ισχύος αιχμής  $P_p = 80KW$  το οποίο παράγει κατά την διάρκεια μιας ορισμένη ημέρας ηλεκτρική ενέργεια  $E_{\sigma} = 344 KWh$  τότε η αποδοτικότητα της συστοιχίας είναι  $Y_{\sigma} = 4,3 KWh/KWp$ . Αν στην πιο πάνω εξίσωση αντί της ημερήσιας ενέργειας τεθεί η μέση ημερήσια ισχύς από το Φ/Β πάρκο ( $E_{\sigma} = P_{\sigma} \cdot T$ ), προκύπτει ο συντελεστής χρησιμοποίησης ή εκμετάλλευσης ισχύος  $CF_{\Phi/B}$  (CAPACITY FACTOR).

$$CF_{\Phi/B} = \frac{P_{\sigma}}{P_{P,\sigma}}$$

Από φυσικής πλευράς ο συντελεστής χρησιμοποίησης ισχύος προσδιορίζει τη μέση ημερήσια ηλεκτρική ισχύ ανά μονάδα ισχύος αιχμής του Φ/Β πάρκου. Σύμφωνα με τις τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η μέση ημερήσια ισχύς προκύπτει ίση με:

$$P_{\Phi/B} = \frac{E_{\sigma}}{T_{,\sigma}} = \frac{344 KWh}{24h} = 14,33 KW$$

Και κατά συνέπεια, ο συντελεστής χρησιμοποίησης ισχύος:

$$CF_{\Phi/B} = \frac{P_{\Phi/B}}{P_{P,\sigma}} = \frac{14,33 KW}{80 KW} = 0,179$$

Κατά την μελέτη προσδιορισμού του κατάλληλου μεγέθους ΦΒ συστήματος για κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων μιας εφαρμογής, το ενδιαφέρον μετατοπίζεται από τις ημερήσιες τιμές των ηλιακών και άλλων δεδομένων στις μέσες τιμές



μεγαλύτερων χρονικών περιόδων. Η καταλληλότερη διάρκεια αξιοποίησης μέσω των τιμών ηλιακών και ανεμολογικών δεδομένων είναι ο μήνας. Στη διάρκεια ενός μηνός τα δεδομένα μεταβάλλονται μεν αλλά σε βαθμό που δεν παρουσιάζονται μεγάλες αποκλίσεις .

## Συμπεράσματα

Στην σημερινή εποχή των μεγάλων οικονομικών, κοινωνικών, περιβαλλοντικών και ενεργειακών κρίσεων, ο πλανήτης οδηγείται σε αδιέξοδο λόγω της απόλυτης εξάρτησης του στις συμβατικές μορφές ενέργειας. Η μόνη διέξοδος για την αντιμετώπιση αυτών των φαινομένων είναι η στροφή προς τις Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας οι οποίες είναι το μέλλον της ανθρωπότητας. Μέρος των Ανανεώσιμων Μορφών Ενέργειας αποτελούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα, η χρήση των οποίων ολοένα διαδίδεται παγκοσμίως. Με το πέρασμα του χρόνου, τα πλαίσια των φωτοβολταϊκών εξελίσσονται και ο βαθμός απόδοσης τους βελτιώνεται. Με την διαρκή διάδοση τους, το κόστος των φωτοβολταϊκών μειώνεται σταδιακά, ελκύοντας με αυτό τον τρόπο το ενδιαφέρον των επενδυτών.

Πρωταρχικό ρόλο για την αποτελεσματική λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος παίζει η ηλιακή ενέργεια, η οποία αποτελεί την αρχή λειτουργίας του φωτοβολταϊκού. Για την σωστή λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού σταθμού, βάση των υπολογισμών που έχουν γίνει μέσα από την έρευνα, πρέπει να μην υπάρχουν σκιάσεις πάνω στις φωτοβολταϊκές συστοιχίες, έτσι ώστε να είναι εφικτή η μέγιστη απολαβή της ηλιακής ενέργειας. Ωστόσο, για να έχουμε την μέγιστη απολαβή από την ηλιακή ενέργεια, πρέπει να τοποθετηθούν οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες με την κατάλληλη γωνία κλίσης η οποία καθορίζεται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής όπου γίνεται η εγκατάσταση ενός σταθμού. Ο χώρος όπου θα γίνει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού, πρέπει να έχει όσο το δυνατό πιο μικρή απόκλιση από το Νότο. Ιδανικά, ο τέλειος προσανατολισμός του σταθμού είναι προς τον Νότο. Το έδαφος όπου θα γίνει η εγκατάσταση, θα πρέπει να μην είναι βραχώδες και γενικά να μην υπάρχουν δέντρα που θα δυσκολεύουν την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών.

Για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών πλαισίων υπάρχουν διάφορα είδη υλικών, όπως έχουν αναφερθεί μέσα στην έρευνα. Φυσικά, ανάλογα με τις διάφορες τεχνολογίες υλικών, αλλάζει και ο βαθμός απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Όσο πιο μεγάλη είναι η απόδοση του φωτοβολταϊκού πλαισίου, τόσο πιο ακριβή είναι

η τεχνολογία κατασκευής του. Όσον αφορά τις βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών συστοιχειών, η καλύτερη επιλογή για την μεγαλύτερη απολαβή ενέργειας είναι οι ηλιοτροπικές βάσεις, οι οποίες ακολουθούν την πορεία του ήλιου από την ανατολή μέχρι την δύση, αλλά και πάλι το κόστος τους είναι υψηλό σε σχέση με τα άλλα είδη. Συμπερασματικά, η επιλογή των υλικών που χρειάζονται για την υλοποίηση του φωτοβολταϊκού σταθμού, εξαρτάται απόλυτα τόσο από την οικονομική ευχέρεια του επενδυτή όσο και από τον σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Μέσα από την οικονομική μελέτη που έγινε φαίνεται κατά πόσο κρίνεται συμφέρουσα η επένδυσή μας. Το παράδειγμα που έχει εφαρμοστεί στην πτυχιακή εργασία, δείχνει ότι η επένδυση του φωτοβολταϊκού σταθμού είναι συμφέρουσα, γιατί ένας φωτοβολταϊκός σταθμός δεν έχει πολλά λειτουργικά έξοδα. Αν και η εγκατάστασή του έχει υψηλό αρχικό κόστος, η απόσβεση του γίνεται περίπου σε επτά με οκτώ χρόνια, σύντομο χρονικό διάστημα, αν υπολογίσουμε ότι η ζωή ενός φωτοβολταϊκού σταθμού είναι περίπου εικοσι-πέντε χρόνια. Μέσα από τον τύπο της καθαράς παρούσας αξίας που έχει εφαρμοστεί στην μελέτη, το αποτέλεσμα που βρίσκουμε είναι μεγαλύτερο από 0, οπότε η επένδυση κρίνεται συμφέρουσα. Ο εσωτερικός δείκτης επένδυσης είναι αρκετά μεγάλος σε σχέση με το τραπεζικό επιτόκιο, οπότε φαίνεται επίσης και από εδώ ότι αυτή η επένδυση είναι συμφέρουσα.

Γενικά, οι εγκαταστάσεις τέτοιων φωτοβολταϊκών σταθμών κρίνονται βιώσιμες, αλλά και οικονομικά πολύ κερδοφόρες. Φυσικά, το κράτος οφείλει να παροτρύνει τέτοιες επενδύσεις, αφού είναι πράσινη ενέργεια η οποία είναι φιλική προς το περιβάλλον.

## Βιβλιογραφία

Φραγκιαδάκης Ι., Φωτοβολταϊκά Συστήματα, 2η έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2006.

Δίας Χαραλαμπόπουλος, Βασίλης Π. Κονταράς, Νανά Παυλακέλλη 2001, Αειφόρος χρήση ενέργειας

Mark E. Hazen 1996, Alternative Energy

Christopher Koroneos et al, Exergy analysis of renewable energy sources, Renewable Energy vol. 28 2003

Καλδέλλης Κ. Ι., Διαχείριση της Αιολικής Ενέργειας, 2<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα 2005.

Ζωγραφάκης Ν., Σημειώσεις για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Εξοικονόμηση Ενέργειας, Οκτώβριος 2005

Κασίνης Σόλωνας , Έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Κύπρο, Οικοενημέρωση Μάρτιος 2010

Κασίνης Σόλωνας , Αιολικά και Φωτοβολταϊκά συστήματα στην Κύπρο

Δρα. Πουλλικκός Ανδρέας, Η Καθυστέρηση στην κατάρτιση μακροχρόνιας ενεργειακής πολιτικής, Οικοενημέρωση Μάρτιος 2010

## Ιστοσελίδες

- [www.cie.org.cy](http://www.cie.org.cy)
- [www.cera.org.cy](http://www.cera.org.cy)
- [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
- [www.environsa.com](http://www.environsa.com)
- [www.selasenergy.gr](http://www.selasenergy.gr)
- <http://www.seapek.com/el>
- [www.mcit.gov.cy](http://www.mcit.gov.cy)
- [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr)
- [www.conergy.com](http://www.conergy.com)

- [www.kyocerasolar.com](http://www.kyocerasolar.com)
- [www.sharp-solar.com/en/](http://www.sharp-solar.com/en/)
- [www.mitsubishielectric.com](http://www.mitsubishielectric.com)
- [www.sma-america.com/en\\_US.html](http://www.sma-america.com/en_US.html)
- [www.kinglongpower.com/main.html](http://www.kinglongpower.com/main.html)
- [www.elyros.com/pdf/pdf\\_website.pdf](http://www.elyros.com/pdf/pdf_website.pdf)
- [www.4m.gr/products/n3299.htm](http://www.4m.gr/products/n3299.htm)
- [www.suncon.gr](http://www.suncon.gr)
- [www.erpasa.com](http://www.erpasa.com)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### Ο ΠΕΡΙ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΝΟΜΟΣ

(ΝΟΜΟΙ 90 του 1972, 56 του 1982, 7 του 1990, 28 του 1991, 91(I) του 1992, 55(I) του 1993, 72(I) του 1998, 59(I) του 1999, 142(I) του 1999, 241(I) του 2002 και 29(I) του 2005)

Εντολή αρ. 2 του 2006,

σύμφωνα με το άρθρο 6 του Νόμου

Ο Υπουργός Εσωτερικών, ασκώντας τις εξουσίες που παρέχονται σε αυτόν με βάση το άρθρο 6 του περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας Νόμου, εκδίδει την παρούσα Εντολή με σκοπό την καθοδήγηση των Πολεοδομικών Αρχών αναφορικά με τις αρχές, τα κριτήρια και τη διαδικασία άσκησης πολεοδομικού ελέγχου σε σχέση με αιτήσεις για τη χωροθέτηση Μονάδων Παραγωγής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

Υπό το φως της Οδηγίας 2001/77/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του εθνικού στόχου που έχει τεθεί για παραγωγή σημαντικού ποσοστού της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), έχει καταστεί αναγκαίος ο καθορισμός ολοκληρωμένης χωροθετικής πολιτικής για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών, αιολικών πάρκων και άλλων μονάδων αξιοποίησης ΑΠΕ.

Αυθύπαρκτες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις για την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατό να επιτραπούν σε κατάλληλη, κατά την κρίση της Πολεοδομικής Αρχής περιοχή, νοουμένου ότι ικανοποιούνται τα κριτήρια της παραγράφου 4.1.2, μη συμπεριλαμβανομένων των περασμάτων διέλευσης αποδημητικών πτηνών, αεροδρομίων και αεροδιαδρόμων, έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης με το δίκτυο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας και δεν επιβαρύνουν το μικροκλίμα στον περίγυρο τους και τις ανέσεις γειτονικών χρήσεων και αναπτύξεων (ανακλάσεις και αντικατοπτρισμοί, αύξηση της θερμότητας τοπικά, κ.ο.κ.). Ανάλογα με την κλίμακα και δυναμικότητα της εγκατάστασης, η Πολεοδομική Αρχή θα απαιτεί την αναγκαία απόσταση από τα όρια του τεμαχίου της ανάπτυξης, η οποία δεν

θα είναι μικρότερη των 6,0 μ.

**4.1.2** Μεμονωμένη ανεμογεννήτρια και αιολικό πάρκο δεν θα επιτρέπεται στις ακόλουθες περιοχές:

- (α) Εντός ήδη καθορισμένου Ορίου Ανάπτυξης.
- (β) Εντός της λωρίδας κατάληψης εγγεγραμμένου ή υπό εγγραφή δημόσιου ή δασικού δρόμου, δρόμου σχεδίου αναδασμού, μονοπατιού ή εγγεγραμμένου δικαιώματος διόδου. Στην περίπτωση δικαιώματος διόδου, είναι δυνατό να επιτραπεί όπως η έλικα ανεμογεννήτριας εκτείνεται πάνω από το δικαίωμα.
- (γ) Σε αρχαιολογικό χώρο ή αρχαίο μνημείο Πίνακα Α ή Β.
- (δ) Σε Κρατικό Δάσος (εξαιρουμένων των περιοχών της παραγράφου 4.2.1(ζ))
- (ε) Σε καθορισμένη Ακτή και Περιοχή Προστασίας της Φύσης, Γεωμόρφωμα, Προστατευόμενο Τοπίο, Περιοχή Προστασίας του Δικτύου Φύση 2000 και οποιαδήποτε άλλη καθορισμένη περιοχή προστασίας της φύσης. Κατ' εξαίρεση, σε περιοχή Προστατευόμενου Τοπίου που καθορίζεται σε σχέση με υδατοφράκτη, είναι δυνατό να επιτραπεί ανεμογεννήτρια ή αιολικό πάρκο, κατόπιν διαβούλευσης με το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, που θα επικεντρώνεται στην προστασία της ορθολογικής και απρόσκοπτης λειτουργίας του υδατοφράκτη.
- (στ) Σε καθορισμένη Ζώνη Ειδικής Προστασίας άγριων πτηνών και βιοτόπων που καθορίζονται με βάση το Νόμο 152 (Ι)/2003 και σε απόσταση μέχρι και 500 μ. από διάδρομο και πέρασμα διέλευσης αποδημητικών πτηνών, όπως καθορίζεται από το Ταμείο Θήρας.
- (ζ) Αεροδρόμιο, αεροδιάδρομο και στρατιωτική εγκατάσταση, έργο ή περιοχή.

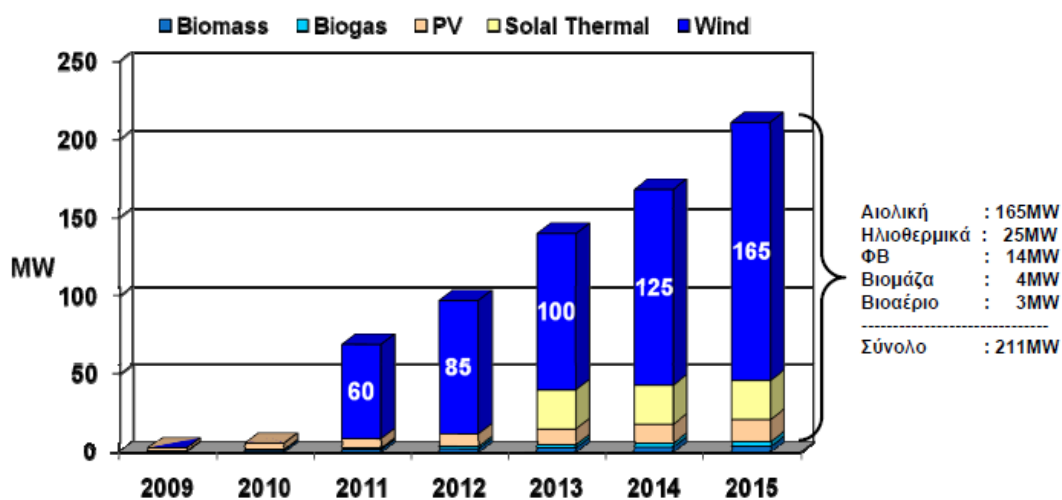
## Σχέδια Παροχής Χορηγιών

### Μεγάλης Κλίμακας Επενδύσεις για Ηλεκτροπαραγωγή

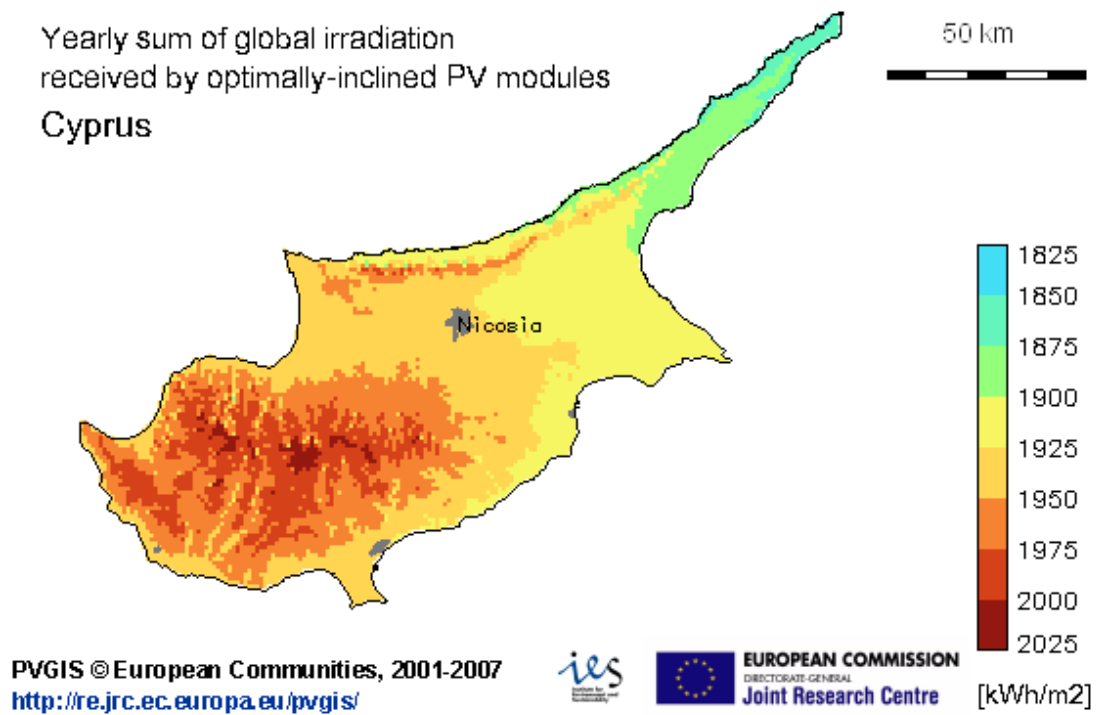
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΚΙΛΟΒΑΤΩΡΑΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΜΕΧΡΙ 2015 (MW)
Μεγάλα Εμπορικά Αιολικά Συστήματα	0.166	165
Μεγάλα Φωτοβολταϊκά Συστήματα (21-150KW)	0.34	14 (2 MW ανά έτος)
Ηλιοθερμικά Συστήματα	0.26	25
Συστήματα Αξιοποίησης Βιομάζας	0.135	4
Συστήματα Αξιοποίησης Βιοαερίου	0.1145	3

- Το Σχέδιο Υπόκειται σε έγκριση από την ΕΕ
- Διάρκεια επιδότησης 20 χρόνια
- Αντισταθμιστικά 2% στις γειτνιάζουσες κοινότητες (Αιολικά, Ηλιοθερμικά και Βιομάζα)

### Σχέδια Παροχής Χορηγιών Μεγάλης Κλίμακας Επενδύσεις για Ηλεκτροπαραγωγή







Ένα Φωτοβολταϊκό σύστημα ονομαστικής ισχύος ενός κιλοβάτ (1KWp), εγκατεστημένο σε παραλιακή περιοχή της Κύπρου, με γωνία πλαισίων 27ο και κατεύθυνση ακριβώς Νότια, με ακίνητα πλαίσια παράγει περισσότερο από 1500KWh τον χρόνο, ως μέσο όρο των πρώτων 20 χρόνων λειτουργίας του.

Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου



**ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΑΗΚ**

Περίοδος	Φωτοβολταϊκά Συστήματα		Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς		Συνολική Παραγωγή	
	Αριθμός	Αύξηση %	kW	Αύξηση%	kWh	Αύξηση%
17/2/2005 - 31/12/2005	38		154,86		65.849	
1/1/2006 - 31/12/2006	133	250,0	577,50	272,9	322.311	389,47
1/1/2007 - 31/12/2007	196	47,4	843,39	46,0	932.959	189,46
1/1/2008 - 31/12/2008	321	63,8	1.586,37	88,1	1.636.867	23,90

Ιαν 2009	346	7,8	1.710,83	7,8	126.924
Φεβ 2009	357	3,2	1.787,04	4,5	81.348
Μαρ 2009	366	2,5	1.840,78	3,0	171.796
Απρ 2009	377	3,0	1.939,04	5,3	210.676
Μάι 2009	389	3,2	2.018,63	4,1	248.197
Ιούν 2009	400	2,8	2.104,36	4,2	262.846
Ιούλ 2009	412	3,0	2.192,57	4,2	340.241
Αυγ 2009	422	2,4	2.276,80	3,8	343.893

Συνολική Παραγωγή (17/2/2005 – 31/8/2009): 4.743.907kWh

**Σημείωση:**

Το πρώτο Φωτοβολταϊκό Σύστημα ισχύος 4,84kW συνδέθηκε στις 17/02/2005.

Ετοιμασία: ..... Ημερ: 18/9/2009  
Υποτομάρχης (Γενική Γραμματεία)

Έλεγχος/Εγκριση: ..... Ημερ: 18/9/2009  
Διευθύντης Εκμετάλλευσης