

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ
ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

υπό

ΧΑΡΙΣΙΟΥ ΚΑΛΛΙΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΗ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2010

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Χρυσή Λασπίδου
Επίκουρος Καθηγητής υπό διορισμό, Τμήμα Πολιτικών
Μηχανικών
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Ερρίκος Σταπουντζής
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Παντελής Δημήτρης
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Χρυσή Λασπίδου για την πολύτιμη βοήθεια της και την καθοδήγηση της για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Έπειτα θέλω να ευχαριστήσω εκ των προτέρων την υπόλοιπη επιτροπή για την προσεκτική ανάγνωση. Θέλω επίσης να ευχαριστήσω τον καθηγητή της Πολυτεχνικής Σχολής Ξάνθης Παντοκράτορα Αστέριο για τις πολύτιμες συμβουλές του. Θέλω να ευχαριστήσω τον πατέρα μου για την βοήθεια του με τα αρχιτεκτονικά σχέδια καθώς και την Χαρούλα για την συμβολή της σε αυτά. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω όλους τους φίλους για την υπομονή και την συντροφιά που μου κράτησαν κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας καθώς και την μάνα μου για την συμπαράσταση και την προσοχή της.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΤΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΧΑΡΙΣΙΟΥ ΚΑΛΛΙΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2010

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Λασπίδου Χρυσή, Αναπληρωτής Καθηγητής

Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετούμε τα κίνητρα τα οποία μας οδηγούν στην χρήση των φωτοβολταϊκών ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Η συνθήκη του Κιότο που θέτει τους περιβαλλοντικούς στόχους για την Ε.Ε., η ισχύουσα νομοθεσία, και η τελευταία υπουργική απόφαση θέτουν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Εξετάζουμε τα υλικά κατασκευής, την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στοιχείων καθώς και τα Φβ συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται. Εξετάζουμε το νομοθετικό πλαίσιο αναδρομικά, την ισχύουσα νομοθεσία, τις διαδικασίες αδειοδότησης, καθώς και τις επιδοτήσεις βάσει του αναπτυξιακού νόμου. Έπειτα εξετάζουμε την κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα και την χρήση των Φβ εκεί. Τέλος κάνουμε μία μελέτη-εφαρμογή για την εγκατάσταση διασυνδεδεμένου Φβ συστήματος στην στέγη μονοκατοικίας στην περιοχή της Ξάνθης. Αντλούμε τα κλιματολογικά δεδομένα και το ηλιακό δυναμικό της περιοχής από το PVGIS και κάνουμε χρήση του προγράμματος PVSYST για την μελέτη. Εξετάζουμε την παραγωγή ενέργειας από το σύστημα και τον χρόνο απόσβεσης της αρχικής επένδυσης.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή – Κίνητρα και Στόχοι.....	8
1 Κίνητρα.....	8
1.1 Κλιματική αλλαγή-Οικολογικό πρόβλημα	8
1.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο	11
1.3 Ελληνική πραγματικότητα - Χρήση Φωτοβολταϊκών.....	15
2. Στόχοι της εργασίας.....	19
Κεφάλαιο 2: Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων	20
2.1 Υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων	20
2.1.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	20
2.1.2 Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.....	21
2.1.3 Πλαίσια άμορφου πυριτίου (Thin films)	22
2.2 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού στοιχείου	23
2.3 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου.	26
2.4 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	27
2.5 Φωτοβολταϊκές συστοιχίες.....	29
2.6 Φωτοβολταϊκά συστήματα	31
2.6.1 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα	32
2.6.2 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα	34
2.7 Τεχνολογίες οικιακών ΦΒ συστημάτων.....	36
2.7.1 Centralized Τεχνολογία	36
2.7.2 String Τεχνολογία.....	37
2.7.3. Multistring Τεχνολογία.....	39
2.7.4 AC- PV Module Τεχνολογία	40
Κεφάλαιο 3: Νομοθετικό πλαίσιο και ισχύουσα νομοθεσία.....	42

3.1 Το συνταγματικό πλαίσιο	42
3.2 Αναδρομή νομοθετικού πλαισίου και ισχύουσα νομοθεσία	43
3.3 Προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ΦΒ συστήματος	50
3.4 Επιδοτήσεις βάσει του αναπτυξιακού νόμου	53
3.5 Διαδικασίες αδειοδότησης.....	55
3.6 Τεχνικές διευκρινήσεις από την Δ.Ε.Η. :	59
Κεφάλαιο 4: Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια και χρήση φ/β	60
4.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ΦΒ.....	62
4.2 Χρήση των ΦΒ ως Δομικά Στοιχεία και η ενσωμάτωση σε κτίρια (BIPV).....	64
4.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης ΦΒ ως δομικά στοιχεία (BIPV)	66
4.4 Η παρούσα κατάσταση και οι εφαρμογές στον Ελλαδικό χώρο	68
Κεφάλαιο 5 : Μελέτη σε μονοκατοικία	73
5.1 Σχεδιασμός και μεθοδολογία.....	73
5.2 Κλιματολογικά δεδομένα-Χρήση PVGIS	75
5.2.1 Διαδικτυακή Εφαρμογή -PVGIS	80
5.2.2 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την συγκεκριμένη τοποθεσία.....	81
5.2.3 Μέση Ημερήσια Ακτινοβολία-Θερμοκρασία αέρα.....	85
5.2.4 Εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	86
5.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην μονοκατοικία.....	89
5.4 Τύποι ΦΒ κατάλληλα για ενσωμάτωση σε κτίρια.....	91
5.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ΦΒ πάνελ.....	92
5.6 Χρήση λογισμικού PVSYST για την μελέτη εγκατάστασης	93
5.7 Υπολογισμός απόσβεσης της επένδυσης και Εξωτερικού Ρυθμού Απόδοσης (External Rate of Return -ERR)	101
Συμπεράσματα.....	103
Βιβλιογραφία.....	105

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή – Κίνητρα και Στόχοι

Σε κάθε εποχή στην ιστορική εξέλιξη οι άνθρωποι προσπαθούσαν να επιλύσουν προβλήματα που αφορούσαν τουλάχιστον την επιβίωση τους. Σήμερα, στην αυγή του 21^{ου} αιώνα καλούμαστε να απαντήσουμε στο ερώτημα της ενεργειακής κάλυψης. Εν άρχει αυτό το ερώτημα δεν φαίνεται να είναι ερώτημα επιβίωσης, όμως ο τρόπος με τον οποίο παράγονταν η ενέργεια τους τελευταίους αιώνες ήταν τόσο επιβλαβής για το φυσικό περιβάλλον, επιφέροντας ένα σωρό από οικολογικά προβλήματα που σήμερα η απάντηση στο ερώτημα της ενεργειακής κάλυψης τίθεται σε διαφορετική βάση. Τίθεται στη βάση της επιβίωσης της ανθρωπότητας αλλά και του φυσικού περιβάλλοντος.

1 Κίνητρα

1.1 Κλιματική αλλαγή-Οικολογικό πρόβλημα

Η καταστροφή του πλανήτη αναδεικνύεται σε υπαρξιακό ζήτημα για τον άνθρωπο. Και ήρθε η ώρα να αναλάβει την ευθύνη αυτής της εφιαλτικής πραγματικότητας. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος, οι κλιματολογικές αλλαγές (σε έναν βαθμό), η ρύπανση του εδάφους και των νερών, η αποψίλωση των δασών, η συνεχής μείωση των ενεργειακών πηγών, η διάβρωση των εδαφών, η εξαφάνιση πάνω από 800 είδη φυτών και ζώων την τελευταία εικοσαετία, είναι αποτελέσματα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και προάγγελοι ενός πολύ ζοφερού μέλλοντος. Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες:

- έως το 2100 η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη αναμένεται να αυξηθεί κατά 1,4 έως και 5,8 βαθμούς Κελσίου.
- στο τέλος της πρώτης εκατονταετίας του νέου αιώνα η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να αυξηθεί κατά 9 έως και 88 εκατοστά, απειλώντας ακόμη και την ύπαρξη πολλών παραθαλάσσιων περιοχών και νησιών.
- η ερημοποίηση απειλεί το 70% της επιφάνειας της Γης, προκαλώντας προβλήματα σε 100 χώρες του πλανήτη με πληθυσμό της τάξης του ενός δισεκατομμυρίου.

- το 40% αυτών που απομένουν από τα παλαιά δάση θα εξαφανιστεί μέσα σε 10 ή 20 χρόνια. (Στοιχεία από Greenpeace)

Έχει επίσης υπολογιστεί ότι αν συνεχίσουμε με τα σημερινά ενεργειακά πρότυπα σε 30 χρόνια θα έχουμε κατασπαταλήσει το 25% των παγκόσμιων αποθεμάτων, ενώ θα έχουμε βομβαρδίσει την ατμόσφαιρα με εκατοντάδες χιλιάδες τόνους μονοξειδίου του άνθρακα, του πιο επικίνδυνου από τα αέρια του «θερμοκηπίου». Τι είναι όμως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνεισφέρουν στην επιδείνωση αυτού;

Η ενέργεια του ήλιου θερμαίνει την επιφάνεια της γης και καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η θερμότητα αντανακλάται στην ατμόσφαιρα ως ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας (Σχήμα 1). Ένα μέρος της ενέργειας απορροφάται στην ατμόσφαιρα από τα αέρια του θερμοκηπίου (υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, μονοξείδιο του αζώτου, φθοριούχα αέρια θερμοκηπίου). (www.europa.eu)



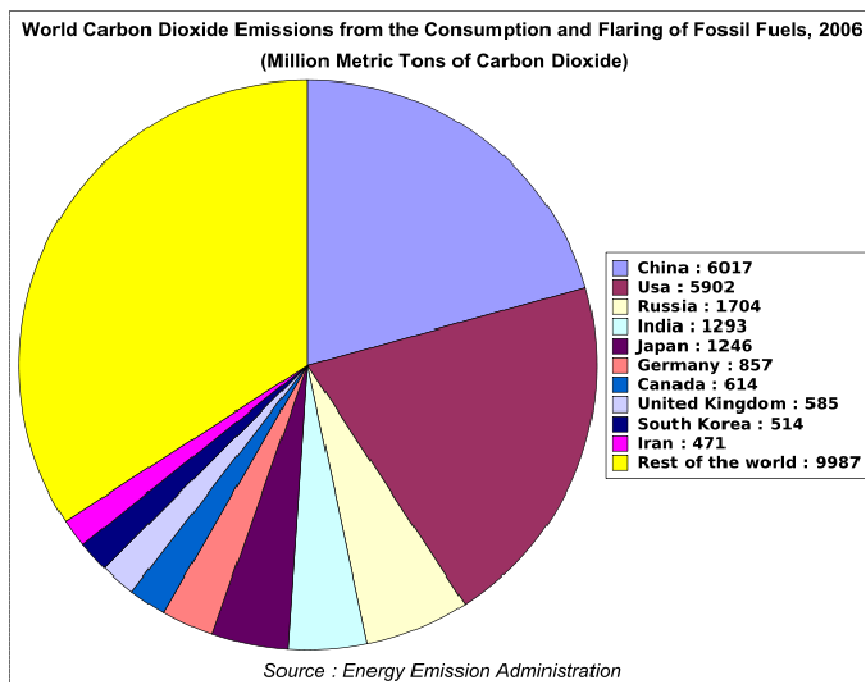
Σχήμα 1: Παγίδευση της ακτινοβολίας, φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η ατμόσφαιρα λειτουργεί όπως τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, αφήνοντας το ορατό ηλιακό φως να εισέλθει και απορροφώντας την εξερχόμενη ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας, διατηρώντας ζεστό το εσωτερικό του. Αυτή η φυσική διαδικασία ονομάζεται "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν -18°C , ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους $+15^{\circ}\text{C}$. Ωστόσο, οι ανθρωπογενείς

δραστηριότητες συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μεθανίου και πρωτοξειδίου του αζώτου, τα οποία ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνουν τη θερμοκρασία. Αυτή η υπερθέρμανση που προκαλεί ο ανθρώπινος παράγοντας ονομάζεται "ενισχυμένο" φαινόμενο του θερμοκηπίου και σαφώς έχει επιπτώσεις:

- **Λιώσιμο των πολικών πάγων:** Η περιοχή του αρκτικού πάγου στο Βόρειο Πόλο έχει μειωθεί κατά 10% τις τελευταίες δεκαετίες, και το πάχος του πάγου πάνω από το νερό έχει μειωθεί κατά περίπου 40%. Στην άλλη άκρη του κόσμου, τμήματα του στρώματος πάγου στην ήπειρο της Ανταρκτικής έχουν γίνει ασταθή.
- **Εξαφάνιση παγετώνων:** Είναι πιθανό ότι το 75% των παγετώνων στις Ελβετικές Άλπεις θα εξαφανιστεί έως το 2050.
- **Άνοδος της στάθμης της θάλασσας:** Τον τελευταίο αιώνα, η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 12 έως 22 εκατοστά, και αναμένεται να ανεβαίνει ακόμη πιο γρήγορα στο μέλλον.
- **Ακραία καιρικά φαινόμενα:** Κατά την τελευταία δεκαετία, υπήρξαν τρεις φορές περισσότερες φυσικές καταστροφές λόγω καιρού στον κόσμο απ' ό,τι τη δεκαετία του '60, όπως καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασίες και δασικές πυρκαγιές. Όλα αυτά τα φαινόμενα έχουν μεγάλο ανθρώπινο και οικονομικό κόστος.
- **Η φύση απειλείται:** Πολλά είδη ζώων και φυτών δε θα μπορέσουν να αντιμετωπίσουν την άνοδο της θερμοκρασίας και τις αλλαγές στο φυσικό τους οικότοπο.

Σε αυτά τα πλαίσια είναι πλέον αναγκαία τόσο για τον άνθρωπο ως οντότητα που ζει και αναπαράγεται στο πλανήτη Γη όσο και για την ίδια την φύση και τον πλανήτη, η μείωση των παραγόντων που δυσχεραίνουν και επιταχύνουν την περιβαλλοντική καταστροφή. Κατά συνέπεια ο τρόπος με τον οποίο παράγεται αλλά και καταναλώνεται ενέργεια είναι βασικά σημεία τα οποία πρέπει ριζικά να αλλάξουμε (Bates, 1990). Στην κατεύθυνση αυτή και κυρίως στο να πετύχουμε παγκόσμια μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) (Σχήμα 2) βρίσκεται το πρωτόκολλο που υπογράφηκε στο Kyoto της Ιαπωνίας στις 11 Δεκεμβρίου το 1997.



Σχήμα 2: Κατανομή παγκόσμιων εκπομπών ρύπων διοξειδίου του άνθρακα

1.2 Το πρωτόκολλο του Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992, από το σύνολο σχεδόν των κρατών. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση αυτή, κάνοντάς την νόμο του Κράτους τον Απρίλιο του 1994, ν.2055/1994(ΦΕΚ60Α/15-4-1994).

Στόχος της Σύμβασης είναι “η σταθεροποίηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, σε επίπεδα τέτοια ώστε να προληφθούν επικίνδυνες επιπτώσεις στο κλίμα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες”.

Λίγα χρόνια μετά, και συγκεκριμένα το 1997, καθορίστηκε στα πλαίσια της σύμβασης αυτής ένα σημαντικό νομικό εργαλείο για τον έλεγχο των εκπομπών, γνωστό και ως Πρωτόκολλο του Κιότο. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Το Πρωτόκολλο προβλέπει τον εξής καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα (Πίνακας 1)

Πίνακας 1: Προβλεπόμενη μείωση εκπομπών για την περίοδο 2008-2012

Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

υπολογίζοντας το μέσο όρο των προαναφερόμενων ετών. Τα εν λόγω 5 έτη είναι γνωστά ως πρώτη περίοδος υποχρεώσεων. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, το Πρωτόκολλο προβλέπει διάφορα μέσα, όπως: ενίσχυση ή θέσπιση εθνικών πολιτικών μείωσης των εκπομπών (αύξηση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας, προώθηση των βιώσιμων μορφών γεωργίας, ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κ.ά.)· καθώς και μηχανισμούς συνεργασίας με τα άλλα συμβαλλόμενα μέρη, όπως άδειες εκπομπής και από κοινού εφαρμογή. Το Πρωτόκολλο προσφέρει ευελιξία ως προς τον τρόπο με τον οποίο οι χώρες δύνανται να επιτύχουν τους στόχους τους. Για παράδειγμα έχουν τη δυνατότητα να αντισταθμίσουν εν μέρει τις εκπομπές τους αυξάνοντας τις λεγόμενες «καταβόθρες» (sinks), δηλαδή τα δάση, τα οποία απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Οι χώρες μπορούν επίσης να συμβάλλουν στα έξοδα έργων άλλων χωρών που έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω της λεγόμενης Κοινής Εφαρμογής (JI) και του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης (CDM) που αναφέρονται ως «ευέλικτοι μηχανισμοί» και περιγράφονται παρακάτω.

- 1. Από Κοινού Εφαρμογή (AKE) (Joint Implementation, JI):** Επιτρέπει σε χώρες που υπέγραψαν το Πρωτόκολλο και εκπληρώνουν τα καθορισμένα κριτήρια καταλληλότητας να χρηματοδοτούν ή/και να φιλοξενούν έργα παραγωγής μείωσης των εκπομπών αποκτώντας έτσι ποσοστά ή Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (MME) (Emission Reduction Units, ERU). Οι MME προστίθενται εξ ολοκλήρου ή μέρος τους στο ποσό των Καθορισμένων Ποσοστιαίων Μονάδων (ΚΠΜ) (Assigned

Amount Units, AUU) , που αναλογούν στις εκπομπές της χώρας που πραγματοποιεί την επένδυση, ενώ ταυτόχρονα αφαιρούνται από το αντίστοιχο ποσό της χώρας που φιλοξενεί τέτοια έργα. Ο υπολογισμός τους βασίζεται στην εκτίμηση της πραγματοποιούμενης μείωσης εκπομπών ενός τέτοιου έργου , ως προς τη βασική γραμμή (baseline), δηλαδή το εκτιμώμενο επίπεδο εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που θα υπήρχε χωρίς την πραγματοποίηση του εν λόγω έργου.

2. **Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (ΜΚΑ) (Clean Development Mechanism) (CDM):** Καλύπτει έργα από συνεργασίες μεταξύ χωρών, του παραρτήματος Β του πρωτοκόλλου που δεν εντάσσονται σε αυτό. Οι μειώσεις ως προς τη βασική γραμμή (baseline) από έργα ΜΚΑ καλούνται Επικυρωμένες Πιστωτικές Μονάδες Μείωσης Εκπομπών (ΕΠΜΜΕ) (Certified Emission Reductions , CERs). Έργα για πυρηνική ενέργεια εξαιρούνται από τον ΜΚΑ. Όλα τα συμβαλλόμενα μέρη πρέπει να πληρούν τρεις βασικές απαιτήσεις: εθελοντική συμμετοχή σε ΜΚΑ, ίδρυση εθνικής αρχής έργων ΜΚΑ και επικύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο.
3. **Διεθνής Εμπορία Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΔΕΔΕ) (International Emissions Trading, IET):** αφορά τις αγοραστικές συναλλαγές των ήδη παραγόμενων δικαιωμάτων , ενώ η από Κοινού Εφαρμογή και ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης αποτελούν μηχανισμούς παραγωγής δικαιωμάτων εκπομπών αερίων Θερμοκηπίου. Σύμφωνα με το (ΔΕΔΕ) εταιρείες ή χώρες που μείωσαν οικονομικά και αποτελεσματικά τις εκπομπές τους δύναται να πωλήσουν τις μειώσεις τους σε άλλες που επιζητούν μειώσεις, προκειμένου να διαθέτουν τις καθορισμένες ποσοστιαίες μονάδες εκπομπών που τους αναλογούν.(unfccc.int)

Οι δύο μηχανισμοί παραγωγής δικαιωμάτων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (ΑΚΕ) και (ΜΚΑ) που αναλύθηκαν παραπάνω αφορούν:

Την ανάπτυξη Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (εισαγωγή αιολικής, ηλιακής και γεωθερμικής ενέργειας, βιομάζας και υδροηλεκτρικών μικρής κλίμακας(μικρότερα των 20MW)), μεγάλα υδροηλεκτρικά, αντικατάσταση καυσίμου (φυσικό αέριο αντί άνθρακα, βιομάζα αντί πετρελαίου), την ενεργειακή αποτελεσματικότητα (συνδυασμένος κύκλος παραγωγής θερμότητας και ισχύος, διαδικασίες βελτιστοποίησης συστημάτων φωτισμού και απομόνωσης, εξοπλισμός χαμηλής ενέργειας), την κατακράτηση και αποθήκευση διαφεύγοντος αερίου (επεξεργασία

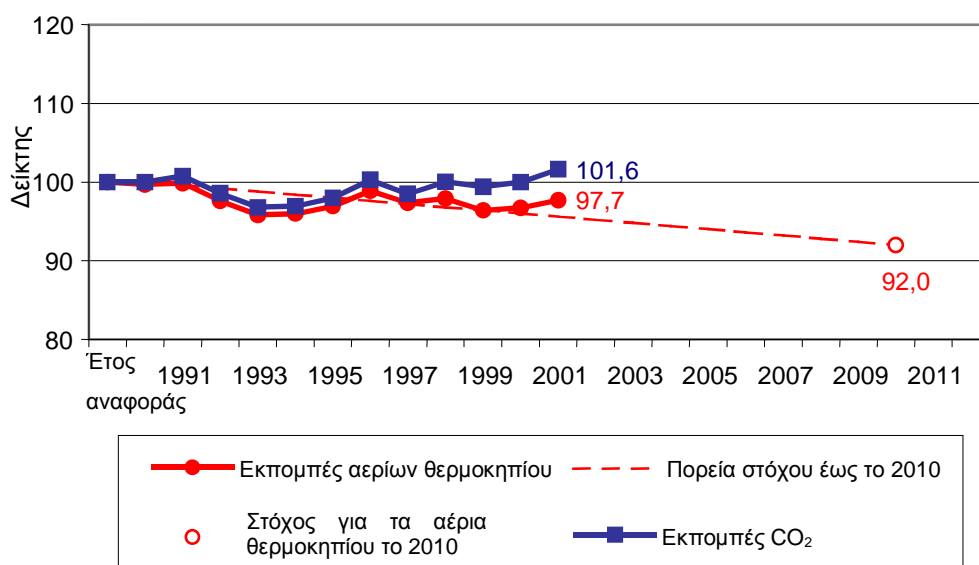
απορριμμάτων, γεωλογική κατακράτηση CO₂, συλλογή αερίου από χωματερές, βιοαέριο).

Βέβαια τα τελευταία χρόνια οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ,τουλάχιστον στους κόλπους της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν αναπτυχθεί και ωριμάσει στην αγορά πράγμα το οποίο διαφαίνονταν ήδη από το πιλοτικό στάδιο εφαρμογής τους, αφού μέχρι το 2002 κατείχαν το 34.6% των καταγεγραμμένων έργων ΑΚΕΔ¹ όντας δεύτερη επιλογή των επενδυτών πίσω από τα έργα ενεργειακής αποτελεσματικότητας, όμως οι εμπειρίες που αποκόμισαν οι επενδυτές σχετικά με τέτοια έργα παραγωγής μείωσης εκπομπών τους οδήγησαν σε στροφή των επιλογών τους κυρίως σε ΑΠΕ έπειτα και από την αποδοχή του πρωτοκόλλου του Κιότο από την Ρωσία και την τελική εφαρμογή του στις 16 Φεβρουαρίου του 2005.

Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα δέχτηκε τις δεσμεύσεις του πρωτοκόλλου του Κιότο με την απόφαση [2002/358](http://eur-lex.europa.eu) στις 25 Απριλίου το 2002. (<http://eur-lex.europa.eu>) αξίζει να αναφέρουμε ότι οι Η.Π.Α. δεν έχουν υπογράψει το πρωτόκολλο του Κιότο παρά το γεγονός ότι κατέχουν περίπου το 22% στο παγκόσμιο χάρτη των εκπομπών CO₂. (<http://www.eia.doe.gov>). Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998, παράλληλα με τα υπόλοιπα Κράτη Μέλη της ΕΕ και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Όλα τα Κ-Μ της ΕΕ κύρωσαν το Πρωτόκολλο το Μάιο 2002. Η Ελλάδα το κύρωσε με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117).Το Πρωτόκολλο θέτει νομικά δεσμευτικούς στόχους και ώστε έως το 2008-2012 οι βιομηχανικές χώρες να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ως προς συγκεκριμένο έτος αναφοράς² (Σχήμα 3).

¹ Σύμφωνα με τον κατάλογο έργων ΑΚΕΔ των Ηνωμένων Εθνών(UNFFC) και του φορέα έργων ΜΚΑ του CDMWatch

² Με έτος αναφοράς το 1990



Σχήμα 3 : Στόχοι που έθεσε η Ε.Ε. για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου

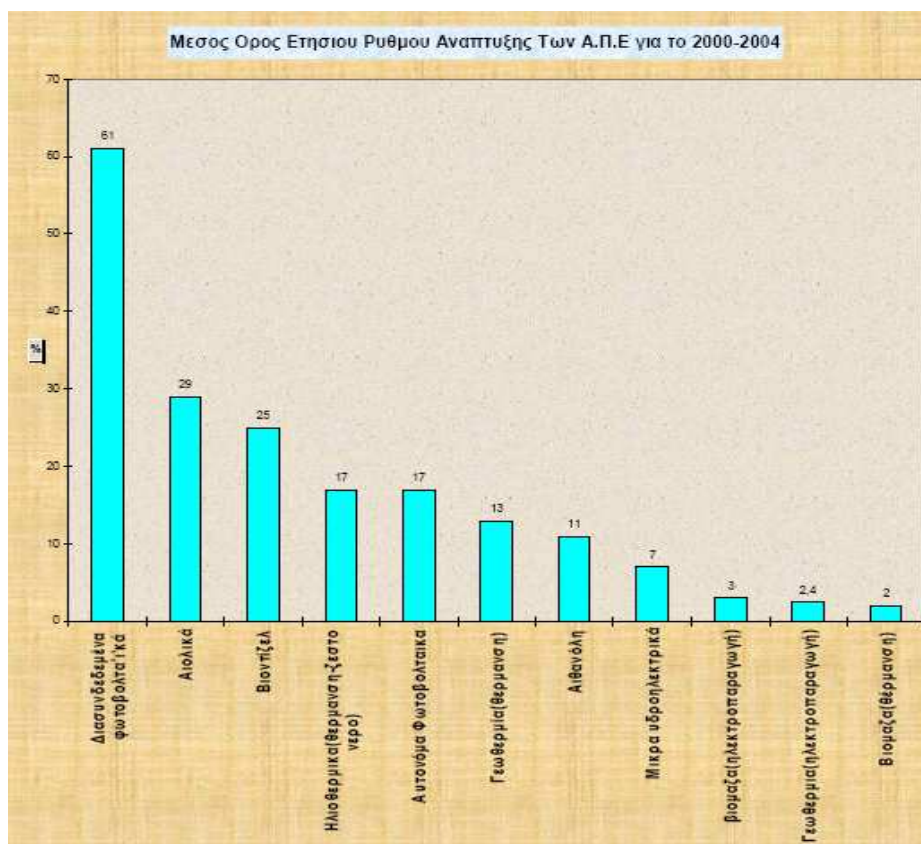
Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια στην ΕΕ-15, πράγμα το οποίο αφορά την παρούσα διπλωματική εργασία, αξίζει να αναφέρουμε ότι η συνολική παραγόμενη ενέργεια από Φ/Β το 1989 ανέρχονταν σε 4,4 MWp ενώ το 2000 σε 88 MWp, άρα σχεδόν εικοσαπλασιάστηκε η παραγωγή από Φ/Β. Σε αυτήν την αύξηση συντέλεσε τόσο η μείωση του κόστους των Φ/Β πάνελ όσο και το θεσμικό πλαίσιο που δημιουργήθηκε βάσει του οποίου προωθούνταν η ανάπτυξη των Φ/Β.

Τελικώς τόσο η τεράστια ανάγκη να αναστείλουμε την κλιματική αλλαγή και όλες τις επιπτώσεις που αυτή επιφέρει στον πλανήτη και το περιβάλλον όσο και το υπάρχον θεμελιακό θεσμικό πλαίσιο που εξασφαλίζει το πρωτόκολλο του Κιότο μας οδηγούν στην παραγωγή ενέργειας μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

1.3 Ελληνική πραγματικότητα - Χρήση Φωτοβολταϊκών

Παρόλο που το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας είναι ιδανικό για την εκμετάλλευση της φ/β τεχνολογίας, μέχρι και το τέλος του 20^{ου} αιώνα, η συνεισφορά της ηλιακής ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτη. Περιοριζόταν κυρίως σε αυτόνομα φ/β συστήματα για απομακρυσμένες από το κεντρικό δίκτυο περιοχές, ενώ και σε αυτή τη περίπτωση ο αριθμός και το μέγεθος ήταν πολύ περιορισμένα.

Όμως τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια πολύ μεγάλη αλλαγή. Ο κλάδος της φ/β τεχνολογίας γνωρίζει μια έκρηξη επενδυτικού ενδιαφέροντος, απόρροια της αλλαγής της πολιτείας ως προς την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών γενικότερα και της φ/β τεχνολογίας πιο συγκεκριμένα (Σχήμα 4). Οι γενναίες επιδοτήσεις σε συνδυασμό με την αυξημένη τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β συστήματα είχαν ως αποτέλεσμα αυξημένο επενδυτικό ενδιαφέρον, καθώς η φ/β τεχνολογία κατέστη όχι μόνο βιώσιμη, αλλά και κερδοφόρα επένδυση με ελάχιστο ρίσκο. Το αποτέλεσμα ήταν μια χωρίς



Σχήμα 4: Ρυθμός ανάπτυξης των ΑΠΕ (πηγή:ΥΠ.ΑΝ.)

προηγούμενο εκτίναξη του αριθμού των αιτήσεων για την χορήγηση άδειας κατασκευής φ/β πάρκων (Σχήμα 5). Ο στόχος των 700MW που είχε τεθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φ/β συστήματα, καλύφθηκε πολύ γρήγορα (τέλος του 2007). Επιπρόσθετα η διυπουργική απόφαση για την κατάρτιση ειδικού προγράμματος ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων με Αρ. Πρωτ: 12323 / ΓΓ: 175 που υπογράφηκε στις 4

- Περιορισμός του ρυθμού ανάπτυξης νέων κεντρικών σταθμών ισχύος συμβατικής τεχνολογίας. Συμβολή στη μείωση των διακοπών ηλεκτροδότησης λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου ΔΕΗ.
- Σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο και κάθε μορφής εισαγόμενη ενέργεια και εξασφάλιση της παροχής ενέργειας μέσω αποκεντρωμένης παραγωγής.
- Κοινωνική προσφορά του παραγωγού / καταναλωτή και συμβολή στην αιεφόρο ανάπτυξη, την ποιότητα ζωής και προστασία του περιβάλλοντος στα αστικά κέντρα και στην περιφέρεια.
- Ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων με σημαντική συμβολή σε αναπτυξιακούς και κοινωνικούς στόχους.
- Ανάπτυξη της Ελληνικής Βιομηχανίας Φ/Β Συστημάτων με άριστες προοπτικές για πλήρη κάλυψη της Ελληνικής αγοράς και εξαγωγικές δραστηριότητες. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ανάπτυξη Ελληνικής τεχνογνωσίας. Εκτίμηση 2004: 2 βιομηχανίες για κατασκευή Φ/Β, 3 μονάδες για ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος και 3 μονάδες παραγωγής μπαταριών για Φ/Β εφαρμογές.
- Προώθηση των στόχων της ΕΕ και του Κyoto σχετικά με τη μείωση των αερίων ρύπων και τη διείσδυση των ΑΠΕ στη συνολική ηλεκτροπαραγωγή, σε ποσοστό 20% (Κ.Α.Π.Ε., www.cres.gr)

Οι κύριες εφαρμογές Φ/Β συστημάτων στον Ελλαδικό χώρο ξεκίνησαν να είναι οι εγκαταστάσεις της ΔΕΗ στα νησιά (Κύθνος, Αρκοί, Αντικύθηρα, Γαύδος, Σίφνος κλπ.), η ηλεκτροδότηση του συνόλου του φαρικού δικτύου από την αντίστοιχη υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού, αναμεταδότες σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, καθώς και διάφορες εγκαταστάσεις στα πλαίσια πιλοτικών εφαρμογών μέσω επιδοτούμενων έργων της ΕΕ, αλλά και του επιχειρησιακού προγράμματος ανταγωνιστικότητας και ναυτιλίας (ΕΠΑΝ), μετά όμως από την ψήφιση του νόμου Ν 3468/2006 ξεκίνησε η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων σε αρκετά μέρη της Ελλάδας.

Η εγκατεστημένη ισχύς στην Ελλάδα εκτιμάται σε 2,2MWp στο τέλος του έτους 2003, το 50% των οποίων είναι Φ/Β εγκαταστάσεις διασυνδεδεμένες στο δίκτυο. Η ετήσια παραγωγή ενέργειας από Φ/Β κατά το 2002 και 2003, ήταν 2,3GWh και 2,7 G Wh

αντίστοιχα. Το εκτιμώμενο δυναμικό της βιομηχανίας Φ/Β στην Ελλάδα είναι 60–70 άτομα και ο ετήσιος κύκλος εργασιών είναι της τάξης των €3 εκατομμυρίων. Αντίστοιχα, ο ετήσιος εθνικός προϋπολογισμός για Φ/Β τεχνολογίες εκτιμάται σε €2,2 εκατομμύρια.

Η δραστηριότητα είναι αντίστοιχη της αγοράς των ηλιακών συλλεκτών ζεστού νερού. Η ανάπτυξη της αγοράς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προώθηση βέλτιστων μέτρων και κινήτρων εκ μέρους της πολιτείας (Κ.Α.Π.Ε.)

2. Στόχοι της εργασίας

Αυτή η εργασία προσπαθεί να αναδείξει έργα μικρής κλίμακας τα οποία συντελούν στην κάλυψη ενός ενεργειακού ποσοστού των αναγκών της Ελλάδας σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συγκεκριμένα φωτοβολταϊκών στοιχείων. Θέλει με αυτόν τον τρόπο να συμβάλει στην προώθηση έργων με περιβαλλοντική ευαισθησία και προοπτική. Επίσης θέλει να δείξει ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών είναι μια συμφέρουσα επενδυτική επιλογή για τον Ελλαδικό χώρο. Έτσι, με δεδομένο το θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχεδιάζεται ένα διασυνδεδεμένο σύστημα φωτοβολταϊκών σε στέγη μονοκατοικίας στην πόλη της Ξάνθης με τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού (PVSYST) που λαμβάνει υπόψη την ηλιοφάνεια και τις καιρικές συνθήκες της περιοχής. Χρησιμοποιούνται ιστορικά μετεωρολογικά δεδομένα και το ανάγλυφο της περιοχής από το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών PVGIS. Τα δεδομένα αυτά εισάγονται στο λογισμικό όπως και οι διαστάσεις του διαθέσιμου χώρου εγκατάστασης στη μονοκατοικία και απορρέει ο σχεδιασμός του συστήματος και η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας. Ακολουθεί η οικονομική ανάλυση του συστήματος, όπου λαμβάνεται υπόψη η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ, όπως και το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών και έτσι προκύπτει ο χρόνος απόσβεσης της αρχικής επένδυσης από τον ιδιώτη.

Κεφάλαιο 2: Τεχνολογίες φωτοβολταϊκών στοιχείων

2.1 Υλικά κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων

Οι τεχνολογίες των φβ που συναντώνται σήμερα ποικίλουν ως προς το βασικό υλικό κατασκευής, την ικανότητα μετατροπής και το κόστος. Μια συνοπτική αναφορά των κυριότερων χαρακτηριστικών τους ακολουθεί στη συνέχεια.

2.1.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

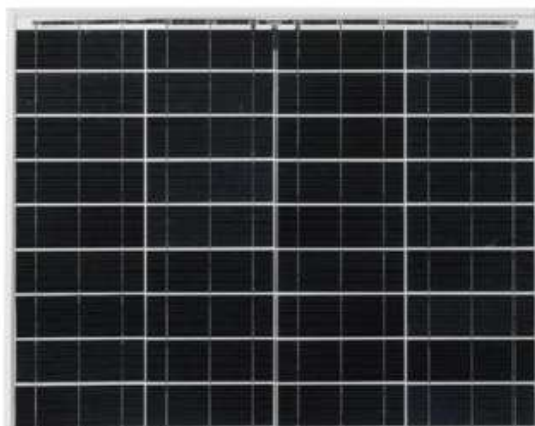
Τα πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Σχήμα 8) κατασκευάζονται από κρυσταλλικό πυρίτιο- βασικό ημιαγώγιμο υλικό. Το κρυσταλλικό πυρίτιο μορφοποιείται σε μεγάλα φύλλα, τα οποία μπορούν να καταταμηθούν σε συγκεκριμένο μέγεθος και να χρησιμοποιηθούν σε ένα πλαίσιο. Τα πλαίσια αυτού του είδους είναι πιο ακριβά από τα πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου καθώς προέρχονται από πυρίτιο καλύτερης ποιότητας-καθαρότητας, ωστόσο χαρακτηρίζονται από υψηλότερη ικανότητα μετατροπής και συχνά σε βάθος χρόνου παρουσιάζουν καλύτερη σχέση κόστους-απόδοσης. Η ικανότητα μετατροπής τους είναι της τάξης του 15-18%, κάτι που σημαίνει ότι από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνειά τους, το παραπάνω ποσοστό μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.(Goetzberger & Hoffmann, 2005, σσ.23-25)



Σχήμα 8: ΦΒ πλαίσιο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

2.1.2 Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

Τα πολυκρυσταλλικά πλαίσια πυριτίου (Σχήμα 9) έχουν ένα μέτριο κόστος σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες που είναι διαθέσιμες στις μέρες μας, και σίγουρα χαμηλότερο από τα αντίστοιχα μονοκρυσταλλικά εξαιτίας της χαμηλότερης ποιότητας πυριτίου που χρησιμοποιούν, παρόλο που το κόστος παραγωγής των μεμονωμένων ηλιακών στοιχείων που τα αποτελούν παραμένει υψηλό. Το μειονέκτημα σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά πλαίσια είναι η σχετικά μειωμένη ικανότητα μετατροπής που κυμαίνεται σε 12-14%. .(Goetzberger & Hoffmann, 2005, σσ.25-27)



Σχήμα 9 Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο

2.1.3 Πλαίσια άμορφου πυριτίου (Thin films)

Τα thin-film πλαίσια διαφέρουν σημαντικά από τα κρυσταλλικά, από την αρχική φάση κατασκευής τους. Αντί το πυρίτιο να χυτευθεί και στη συνέχεια να καταταμηθεί σε στοιχεία, το άμορφο πυρίτιο δεν παρουσιάζει κρυσταλλική δομή και μπορεί να εφαρμοστεί σαν μια λεπτή ημιαγώγιμη μεμβράνη πάνω σε διαφορετικά υλικά. Εκτός από το άμορφο πυρίτιο, με τον ίδιο τρόπο μπορούν χρησιμοποιηθούν το σύμπλοκο δισηληνιούχου χαλκού με ίνδιο (copper indium diselenide, CIS) και το τελουριούχο κάδμιο (CdTe).



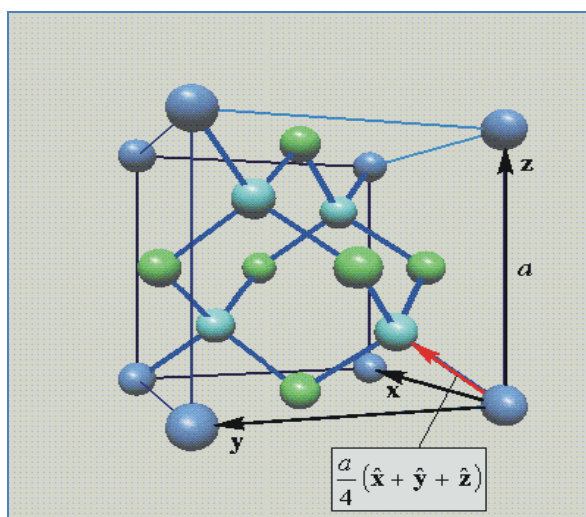
Σχήμα 10 : Πλαίσια άμορφου πυριτίου (Thin film)

Το βασικό πλεονέκτημα των thin-film πλαισίων έγκειται στο χαμηλό κόστος κατασκευής και η πολλαπλή χρησιμότητα τους. Επειδή για την κατασκευή τους απαιτείται λιγότερος χρόνος και κόστος, μπορούν να παραχθούν πιο αποδοτικά. Από την άλλη πλευρά, επειδή οι μεμβράνες αυτές εφαρμόζονται σε λεπτές επιστρώσεις σε διάφορα υλικά, είναι δυνατή η κατασκευή εύκαμπτων, σταθερής μορφής, ή ασυνήθιστου μεγέθους πλαισίων. Ωστόσο, τα πλαίσια thin-film παρουσιάζουν κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Παρόλο που υπερέχουν σε κόστος κατασκευής και “ευλυγισία”, υστερούν πολύ σε ικανότητα μετατροπής με συνέπεια να παρουσιάζουν τη χαμηλότερη ανάμεσα σε όλες τις υπάρχουσες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών (4-5%). Τα συγκεκριμένα πλαίσια χρησιμοποιούν πυρίτιο με χαμηλά επίπεδα καθαρότητας γεγονός

που μπορεί να οδηγήσει σε επιπρόσθετες απώλειες μετατροπής όταν τα πλαίσια αυτά αρχίσουν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. (Goetzberger & Hoffmann, 2005, σσ.43-51)

2.2 Αρχή λειτουργίας φωτοβολταϊκού στοιχείου

Οι αρχές της φυσικής των ημιαγωγών απεικονίζονται καλύτερα στη περίπτωση του πυριτίου ενός στοιχείου της ομάδας IV του περιοδικού πίνακα. Οι κρύσταλλοι του πυριτίου σχηματίζουν το ονομαζόμενο «πλέγμα διαμαντιού», στο οποίο κάθε άτομο έχει τέσσερις πλησιέστερους γείτονες στις κορυφές ενός τετραέδρου. Η τετραπλή τετραεδρική διάταξη είναι αποτέλεσμα της διάταξης των δεσμών, η οποία χρησιμοποιεί τα τέσσερα εξωτερικά ηλεκτρόνια (σθένους) από κάθε άτομο πυριτίου (Σχήμα 11). Κάθε δεσμός περιλαμβάνει δύο ηλεκτρόνια και μπορείτε εύκολα να δείτε ότι όλα τα ηλεκτρόνια σθένους συμπεριλαμβάνονται στους δεσμούς. Υπάρχουν πολλοί άλλοι σημαντικοί για τη βιομηχανία ημιαγωγοί που κρυσταλλώνονται με παραπλήσια πλέγματα, και έχουν μια παρόμοια διευσθέτηση των περιφερειακών δεσμών. Αυτή η κρυσταλλική δομή έχει μια βαθιά επίδραση πάνω στα ηλεκτρονικά και οπτικά χαρακτηριστικά των ημιαγωγών.



Σχήμα 11: Το πλέγμα αδάματος.

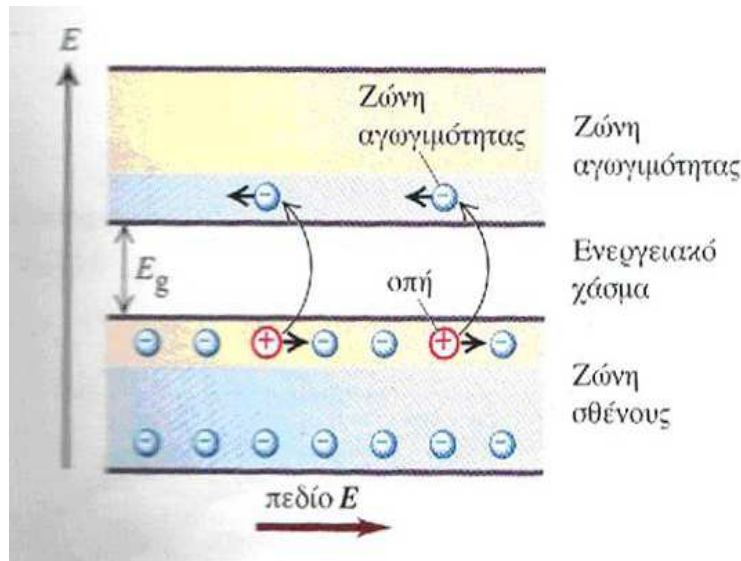
Σύμφωνα με τη θεωρία των κβάντων, η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου μέσα στον κρύσταλλο πρέπει να βρίσκεται μέσα σε καλώς καθορισμένες ζώνες. Οι ενέργειες των ηλεκτρονίων σθένους, τα οποία σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ των ατόμων,

παριστάνουν ακριβώς μια τέτοια ζώνη καταστάσεων, τη ζώνη σθένους. Η επόμενη υψηλότερη ζώνη είναι η ζώνη αγωγιμότητας, η οποία διαχωρίζεται από τη ζώνη σθένους, από το ενεργειακό διάκενο ή διάκενο ζώνης. Το πλάτος του διαύκενου ζώνης $E_c - E_v$ είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του ημιαγωγού και συνήθως συμβολίζεται με το E_g . Ο Πίνακας 2 δίνει τα διάκενα ζώνης των περισσότερων σημαντικών ημιαγωγών για εφαρμογές ηλιακών στοιχείων.

Υλικό	Ενεργειακό χάσμα (eV)	Τύπος χάσματος
κρυσταλλικό Si	1.12	Έμμεσο
άμορφο Si	1.75	Άμεσο
CuInSe ₂	1.05	Άμεσο
CdTe	1.45	Άμεσο
GaAs	1.42	Άμεσο
LnP	1.34	Άμεσο

Πίνακας 2: Ενεργειακά χάσματα των κύριων ημιαγωγών για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (οι τιμές χάσματος δίνονται σε θερμοκρασία δωματίου).

Σύμφωνα με τη θεωρία των κβάντων, η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου μέσα στον κρύσταλλο πρέπει να βρίσκεται μέσα σε καλώς καθορισμένες ζώνες. Οι ενέργειες των ηλεκτρονίων σθένους, τα οποία σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ των ατόμων, παριστάνουν ακριβώς μια τέτοια ζώνη καταστάσεων, τη ζώνη σθένους. Η επόμενη υψηλότερη ζώνη είναι η ζώνη αγωγιμότητας, η οποία διαχωρίζεται από τη ζώνη σθένους, από το ενεργειακό διάκενο ή διάκενο ζώνης. Το πλάτος του διαύκενου ζώνης ($E_c - E_v$) είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του ημιαγωγού και συνήθως συμβολίζεται με το E_g . Ο Πίνακας 2 δίνει τα διάκενα ζώνης των περισσότερων σημαντικών ημιαγωγών για εφαρμογές ηλιακών στοιχείων. Ένας καθαρός ημιαγωγός (ο οποίος ονομάζεται ενδογενής) περιέχει ακριβώς το σωστό αριθμό των ηλεκτρονίων για να γεμίσει τη ζώνη σθένους και επομένως, η ζώνη αγωγιμότητας είναι άδεια (Σχήμα 12). Τα ηλεκτρόνια μέσα σε πλήρη ζώνη σθένους δεν μπορούν να κινηθούν όπως για παράδειγμα οι μπίλιες μέσα σ' ένα τελείως γεμάτο κιβώτιο μ' ένα καπάκι στην κορυφή. Για πρακτικούς σκοπούς, ένας καθαρός ημιαγωγός είναι και μονωτής.



Σχήμα 12: Διάγραμμα ζώνης και κατανομή οπών ηλεκτρονίων μέσα στους ημιαγωγούς

Οι ημιαγωγοί μπορεί να γίνουν ηλεκτρικά αγώγιμοι αν εισαχθούν μέσα στην ζώνη αγωγιμότητας φορείς ή μετακινηθούν από τη ζώνη σθένους. Ένας τρόπος για να το επιτύχουμε είναι να εισάγουμε στον ημιαγωγό προσμείξεις. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται ντοπάρισμα (doping). Όπως θα δούμε, το "ντοπάρισμα" δίνει αυτή την δυνατότητα άσκησης ελέγχου σε μεγάλο βαθμό πάνω στα ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά ενός ημιαγωγού και βρίσκεται στην καρδιά της βιομηχανικής διαδικασίας κατασκευής όλων των ημιαγώγιμων υλικών (Bube, 1998, σ.149). Υποθέστε ότι κάποια άτομα της ομάδας ν (για παράδειγμα φώσφορος) προστίθεται σ' ένα τήγμα πυριτίου από το οποίο παράγεται η κρυσταλλική μορφή. Τέσσερα από τα πέντε εξωτερικά ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται για να γεμίσει η ζώνη σθένους και το πρόσθετο ηλεκτρόνιο από κάθε άτομο πρόσμειξης, προσφέρεται στην ζώνη αγωγιμότητας. Γι' αυτό το λόγω τα άτομα αυτά πρόσμειξης ονομάζονται δότες. Τα ηλεκτρόνια μέσα στη ζώνη αγωγιμότητας είναι ευκίνητα και ο κρύσταλλος γίνεται αγωγός. Από τη στιγμή που το ρεύμα μεταφέρεται από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια, αυτός ο τύπος του ημιαγωγού ονομάζεται τύπος n (N). Μια παρόμοια κατάσταση παρατηρείται όταν το πυρίτιο ντοπάρεται με άτομα πρόσμειξης της ομάδας III (για παράδειγμα βόριων) τα οποία ονομάζονται αποδέκτες. Από τη στιγμή που χρειάζονται τέσσερα ηλεκτρόνια ανά άτομο για να γεμίσει πλήρως η ζώνη σθένους αυτό το ντοπάρισμα δημιουργεί έλλειψη ηλεκτρονίων μέσα σ' αυτή τη ζώνη. Τα ηλεκτρόνια που λείπουν ονομάζονται οπές και συμπεριφέροντε ως θετικά φορτισμένα σωματίδια, τα οποία είναι ευκίνητα και μεταφέρουν ρεύμα. Ένας

ημιαγωγός που το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται ως επί το πλείστον από οπές ονομάζεται τύπος-p (P). Οι επικρατέστεροι φορείς σ' έναν δεδομένο ημιαγωγό ονομάζονται φορείς πλειονότητας. Παραδείγματα φορέων πλειονότητας είναι τα ηλεκτρόνια στον ημιαγωγό τύπου - n και οι οπές στον τύπου - p. Ο αντίθετος τύπος των φορέων, των οποίων η συγκέντρωση είναι γενικώς πολύ μικρότερη, ονομάζονται φορείς μειονότητας (Chapin, Fuller, Pearson, 1954).

2.3 Απόδοση φωτοβολταϊκού στοιχείου.

Ως απόδοση ενός φ/β στοιχείου ορίζεται το πηλίκο της μέγιστης ισχύος (Pmax), που αποδίδει, προς το γινόμενο της προσπίπτουσας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της επιφάνειας Sc του φ/β στοιχείου:

$$n_c = \frac{P_{\max}}{G \cdot S_c} = \frac{I_{\max} \cdot V_{\max}}{G \cdot S_c}$$

Ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος (Pmax) προς το γινόμενο της βραχυκυκλωμένης έντασης (Isc) και της ανοιχτοκυκλωμένης τάσης (Voc) ενός φ/β στοιχείου, ονομάζεται συντελεστής πλήρωσης FF (fill factor):

$$FF = \frac{I_{\max} \cdot V_{\max}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

Επομένως η απόδοση του φ/β στοιχείου μπορεί να γραφτεί και ως εξής:

$$n_c = \frac{I_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF}{G \cdot S_c}$$

Ως μέγιστη ισχύ του φ/β στοιχείου θεωρούμε αυτήν που λαμβάνουμε όταν η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι 1000W/m², υπό τις ακόλουθες συνθήκες:

- Θερμοκρασία φ/β στοιχείου 25⁰ C.
- Μάζα αέρα 1,5

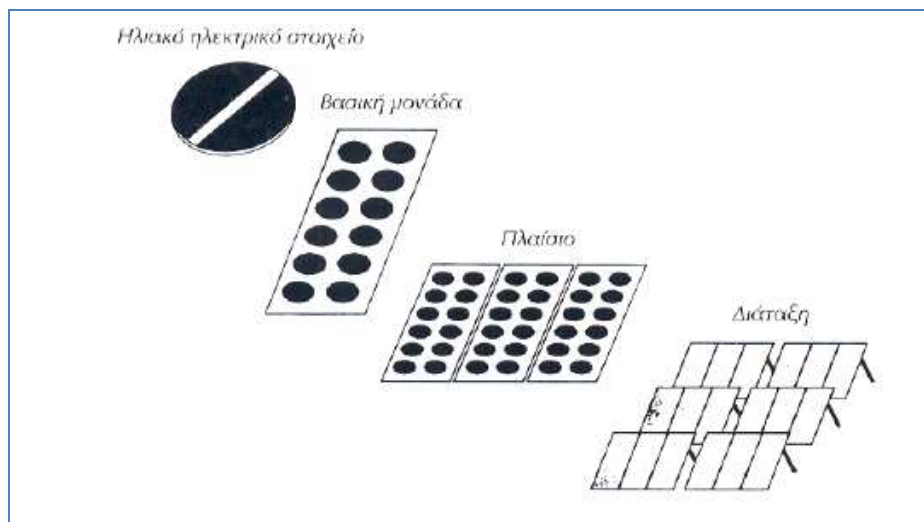
Η τιμή αυτή της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας ονομάζεται και ένταση ακτινοβολίας ενός ήλιου, δηλαδή:

$$1sun = 1000 \frac{w}{m^2} = 1 \frac{kW}{m^2}$$

Αντίστοιχα η ισχύς που παράγεται από ένα φ/β πλαίσιο όταν δέχεται ακτινοβολία 1SUN με την ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνειά του ονομάζεται Watt αιχμής (Wp-peak Watt) (Pulfrey, 1978, Καπλάνης, 2004)

2.4 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

Η καρδιά του συστήματος είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Αυτή αποτελείται από φωτοβολταϊκές βασικές μονάδες, οι οποίες είναι εσωτερικώς συνδεδεμένες για να σχηματίσουν μια μονάδα παραγωγής ισχύος DC. Η φυσική συγκέντρωση των βασικών μονάδων με τα στοιχεία υποστήριξης τους συνήθως ονομάζεται διάταξη. (σχήμα 13)



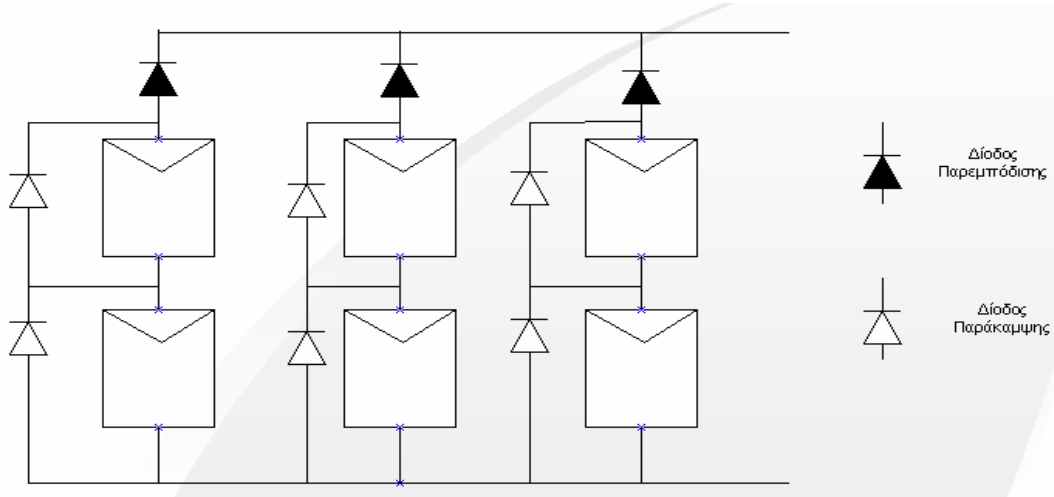
Σχήμα 13 Η Φωτοβολταϊκή ιεραρχία

Η φωτοβολταϊκή μονάδα αποτελεί τη βασική μονάδα κατασκευής της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Η δομή μιας βασικής μονάδας που βασίζεται πάνω σε στοιχεία κρυσταλλικού ή ημικρυσταλλικού πυριτίου αναλύθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο και αυτός είναι ο τύπος της βασικής μονάδας, η οποία χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη και θα πρέπει να εξετάσουμε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της με περισσότερη λεπτομέρεια. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φ/β συστήματος είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φ/β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο, αν ένα φ/β στοιχείο

σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα. Έτσι τα φ/β πλαίσια ομαδοποιούνται σε φ/β συστοιχίες και τοποθετούνται σε κοινή βάση στήριξης, η οποία είναι συνήθως μεταλλική. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται έτσι ώστε η τάση εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή (Luque, 2003). Ο αριθμός των ηλεκτρικών στοιχείων μέσα σε μια βασική μονάδα ρυθμίζεται από την τάση της βασικής μονάδας. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του συστήματος συνήθως πρέπει να ταιριάζει με την ονομαστική τάση του υποσυστήματος αποθήκευσης. Οι περισσότερες εκ των φωτοβολταϊκών βασικών μονάδων, που κατασκευάζονται βιομηχανικά έχουν, επομένως, σταθερές διατάξεις, οι οποίες μπορούν να συνεργασθούν ακόμη και με μπαταρίες των 12Volt. Προνοώντας για κάποια υπέρταση προκειμένου να φορτισθεί η μπαταρία και να αντισταθμιστεί χαμηλότερη έξοδος, κάτω από συνθήκες χαμηλότερες των κανονικών, έχει βρεθεί ότι μια ομάδα των 33 έως 36 ηλιακών στοιχείων σε σειρά συνήθως εξασφαλίζουν αξιόπιστη λειτουργία. Έτσι η ισχύς των βασικών μονάδων πυριτίου συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 40 και 60 W. Οι παράμετροι της βασικής μονάδας καθορίζονται από τον κατασκευαστή κάτω από τις ακόλουθες κανονικές συνθήκες:

- Ακτινοβολία $1 \text{ kw} \setminus m^2$
- Φασματική κατανομή AM 1,5
- Θερμοκρασία ηλιακού στοιχείου $25^0 C$

Ένα σχηματικό διάγραμμα μιας Φ.Β. γεννήτριας που αποτελείται από αρκετές βασικές μονάδες παρουσιάζεται στο σχήμα (14) Επιπρόσθετα, πέρα από τις φωτοβολταϊκές βασικές μονάδες η γεννήτρια περιέχει διόδους παράκαμψης και παρεμπόδισης. Καθώς θα δούμε παρακάτω αυτές οι διόδοι προστατεύουν την μονάδα και αποτρέπουν τη γεννήτρια να ενεργεί ως ένα φορτίο στο σκοτάδι (Foley, 1995).



Σχήμα 14: Η φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

2.5 Φωτοβολταϊκές συστοιχίες

Πιο συγκεκριμένα τώρα θα αναφέρουμε τους βασικούς τύπους των φωτοβολταϊκών συστοιχιών. Ο πιο απλός τύπος φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι ο **σταθερός (fix)** στον οποίον τα πλαίσια έχουν μια μικρή κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό για το βόρειο ημισφαίριο (Σχήμα 15). Τα βασικά πλεονεκτήματά τους είναι η σταθερότητά τους και το μικρό τους βάρος, ενώ το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους είναι η μικρή παραγωγή ενέργειας καθώς δεν εκμεταλλεύεται με το μέγιστο βαθμό την ηλιακή ενέργεια.



Σχήμα 15 Σταθερή συστοιχία με κλίση στο οριζόντιο επίπεδο

Ένας πιο σύνθετος τύπος φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι οι **στρεφόμενες συστοιχίες** οι οποίες αποτελούνται από κινητά πλαίσια τα οποία παρακολουθούν την κίνηση του ήλιου με σκοπό να μεγιστοποιήσουν το ποσό της προσλαμβανόμενης ηλιακής

ακτινοβολίας. Η κίνησή τους μπορεί να γίνεται είτε στον οριζόντιο είτε στον πολικό άξονα και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, της στρεφόμενες συστοιχίες ανά άξονα και τις περιστροφικές συστοιχίες δύο αξόνων (Σχήμα 16).



Σχήμα 16 Στρεφόμενη συστοιχία σε δύο άξονες

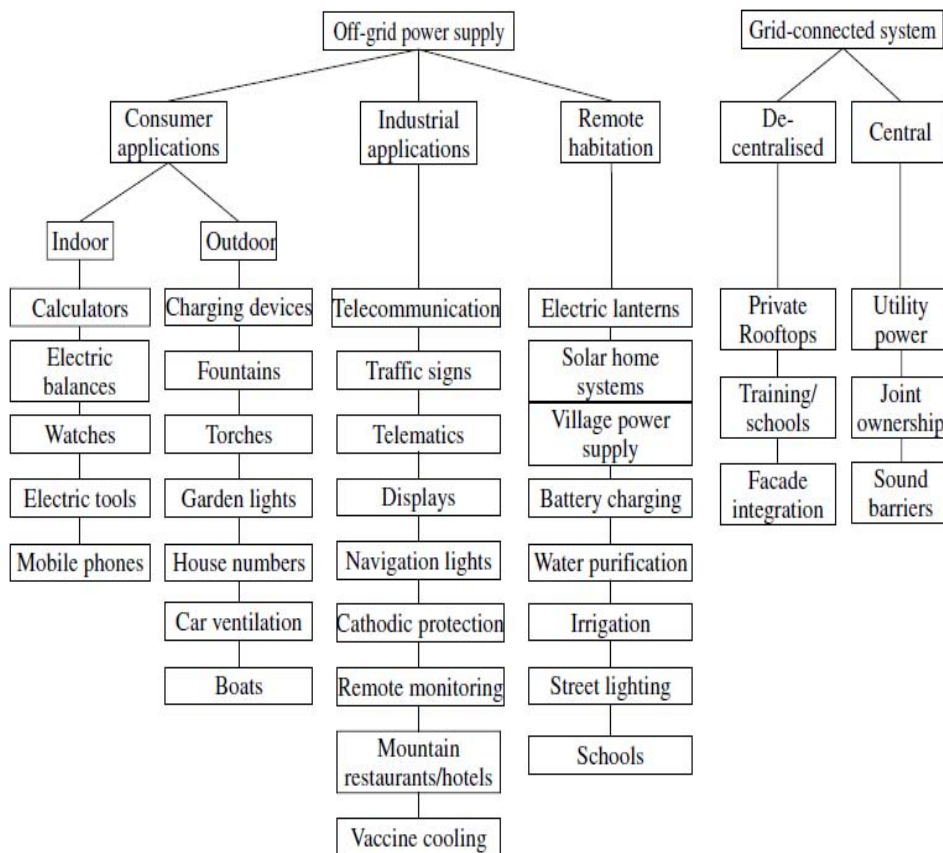
Στην πρώτη κατηγορία έχουμε έναν άξονα κίνησης, ο οποίος μπορεί να είναι ή ο πολικός ή ο οριζόντιος. Ο πολικός άξονας πλεονεκτεί όσον αφορά την συγκομιδή ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας έναντι του οριζόντιου άξονα κάνει όμως την εγκατάσταση πιο περίπλοκη μηχανικά. Στις περιστροφικές συστοιχίες δύο αξόνων, όπως γίνεται αντιληπτό η κίνηση των πλαισίων γίνεται σε δύο άξονες με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν τη μέγιστη δυνατή συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας. Η κίνηση αυτή πραγματοποιείται με τη βοήθεια θερμοϋδραυλικών διατάξεων, μικροϋπολογιστών για την πρόβλεψη της θέσης του ήλιου και ηλιακών αισθητήρων, όπως φώτο-αντιστάσεις και φωτοτρανζίστορ.

Τέλος ένας άλλος σχεδιασμός που βοηθά στην αύξηση της απόδοσης ενός φ/β συστήματος είναι οι **συστοιχίες με ανακλαστήρες/κάτοπτρα** και κατ' επέκταση οι στρεφόμενες συστοιχίες με ανακλαστήρες/κάτοπτρα. Η παρακολούθηση του ήλιου επιτυγχάνεται είτε περιστρέφοντας την συστοιχία προς την κατεύθυνση των ηλιακών ακτινών, είτε ανακλώντας τις ακτίνες με την χρήση περιστροφικών κατόπτρων προς το φ/β πλαίσιο. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν κινητά μέλη, ωστόσο το πλεονέκτημα της χρήσης κινητών κατόπτρων, αντί των κινητών συστοιχιών, είναι ότι η καταπόνηση,

την οποία δέχεται η συστοιχία αποφεύγεται. Επιπλέον οι ανακλαστές θα πρέπει να περιστρέφονται κατά το ήμισυ από ότι οι συστοιχίες, αφού το φαινόμενο της ανάκλασης διπλασιάζει την κίνηση του κατόπτρου.

2.6 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Ένα φ/β σύστημα, το οποίο παράγει ηλεκτρική ενέργεια για να εξυπηρετήσει τη ζήτηση κάποιων φορτίων, αποτελείται από πολλά επιμέρους συστατικά. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια επισκόπηση των συστατικών αυτών που συνθέτουν ένα πλήρες φ/β σύστημα το οποίο μπορεί να είναι αυτόνομο ή μεμονωμένο (stand alone system), διασυνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο (Grid connected system) ή υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα (hybrid - autonomous system). Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει μεγάλη γκάμα εφαρμογών, η οποία ξεκινάει από μια μικρή αριθμομηχανή και μπορεί να φτάσει σε μονάδα παραγωγής ενέργειας της τάξης των megawatt. Στο παρακάτω σχήμα συνοψίζονται πολλές από τις εφαρμογές αυτές.



2.6.1 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελούν ίσως τις πληρέστερες εφαρμογές της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, από τα οποία θα μπορούσαν να αντλούν συμπληρωματική ενέργεια ή να στέλνουν την περίσσεια της παραγόμενης. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Ειδικότερα για τον ελληνικό χώρο, ο οποίος έχει πολυάριθμα μικρά νησιά και μικρούς οικισμούς, τα αυτόνομα φ/β συστήματα έχουν βρει πολλές εφαρμογές, ενώ υπάρχουν ακόμα πολλές δυνατότητες ανάπτυξης. Στα σχήματα 17, 18 φαίνεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα ενός τέτοιου συστήματος.

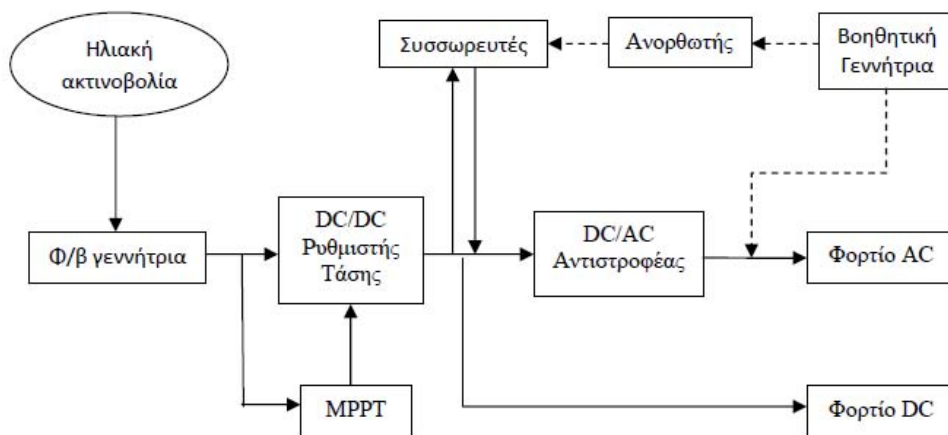


Σχήμα 17

Αποτελείται καταρχήν από τη **φ/β γεννήτρια**, η οποία είναι και το βασικότερο συστατικό του συστήματος, αφού εκεί γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Έπειτα περιλαμβάνει **συσσωρευτές** για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, σε περιόδους που η παραγόμενη ενέργεια εμφανίζει περίσσεια και για την χρησιμοποίησή της, όταν η παραγωγή είναι ανεπαρκής. Όπως είναι κατανοητό η χωρητικότητα των μπαταριών είναι δεδομένη και υπάρχει το ενδεχόμενο να μην καλύπτουν τις ανάγκες του φορτίου σε παρατεταμένες περιόδους συννεφιάς ή κάποιας βλάβης του συστήματος (Goetzberger & Hoffmann, 2005, σσ.95-105). Από την άλλη η επιλογή συσσωρευτών πολύ μεγάλης χωρητικότητας κρίνεται οικονομικά ασύμφορη. Η

ιδανικότερη λύση είναι μια βοηθητική γεννήτρια (συνήθως ντιζελογεννήτρια), η οποία τίθεται σε λειτουργία όταν είναι αναγκαίο. Συχνά τα συστήματα αυτά καλούνται **υβριδικά φ/β συστήματα** και μπορεί να περιέχουν και άλλες εναλλακτικές βοηθητικές πηγές ενέργειας (π.χ. ανεμογεννήτρια). Έχουμε για παράδειγμα ένα συνδυασμό δυο ηλεκτρικών πηγών όπου η μια πηγή δρα συμπληρωματικά ως προς την άλλη. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτόνομους σταθμούς με την χρήση υβριδικών συστημάτων έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος και να αυξάνεται η βεβαιότητα ικανοποίησης των απαιτήσεων των φορτίων όλες τις χρονικές στιγμές (Goetzberger & Hoffmann, 2005, σ.102). Στα αυτόνομα - υβριδικά Φ/Β συστήματα, η συνεργασία της Φ/Β γεννήτριας γίνεται συνήθως με ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ντίτζελ (H/Z) ή με ανεμογεννήτριες ή και με τα δύο. Τα περισσότερα πάντως υβριδικά-αυτόνομα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούν H/Z ντίτζελ σε συνεργασία με την Φ/Β γεννήτρια καθώς μια πηγή ενέργειας όπως είναι το H/Z ντίτζελ που παρέχει προγραμματιζόμενη ισχύ όταν αυτή είναι απαραίτητη (Σχήμα 12). Στα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται και μπαταρίες επιπρόσθετα στη ντιζελογεννήτρια αφού αυτές μειώνουν την απαίτηση να λειτουργεί η ντιζελογεννήτρια υπό συνθήκες μερικής φόρτισης. Έτσι οι μπαταρίες ικανοποιούν την διακύμανση των ημερήσιων φορτίων, και η ντιζελογεννήτρια φροντίζει για την ικανοποίηση των διακυμάνσεων μεγάλης χρονικής περιόδου. Για παράδειγμα, η ντιζελογεννήτρια χρησιμοποιείται στην κατάσταση της χειρότερης περίπτωσης καιρικών φαινομένων όπως μια παρατεταμένη συννεφιά κάποιων ημερών ή εβδομάδων. Η καλύτερη λειτουργία των υβριδικών – αυτόνομων συστημάτων ανεμογεννήτριας - Φ/Β καθώς και η πιο οικονομική λειτουργία τους με την προσθήκη H/Z παρατηρείται στους μήνες της Άνοιξης. Εκείνες οι μέρες είναι αρκετά δροσερές (η απόδοση των Φ/Β ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας) και συνήθως πνέουν ισχυροί άνεμοι. Ο δρόμος που ακολουθούν οι ακτίνες του ηλίου δεν είναι τόσο μακρύς όπως είναι το Καλοκαίρι, ούτε φυσικά αυτές πέφτουν τόσο πλάγια στη γη όπως πέφτουν το Χειμώνα.

Τέλος αναπόσπαστα συστατικά ενός αυτόνομου συστήματος είναι οι διατάξεις για την μετατροπή της παραγόμενης ενέργειας από τα φ/β στοιχεία σε μορφή κατάλληλη για την τροφοδότηση των φορτίων, οι οποίες περιέχουν έναν **DC/DC μετατροπέα** σε συνδυασμό με έναν **ανιχνευτή μέγιστης ισχύος (MPPT)** και έναν **DC/AC αντιστροφέα**.



Σχήμα 18: Απλοποιημένο διάγραμμα αυτόνομου φ/β συστήματος. Εάν χρησιμοποιηθεί μια βοηθητική πηγή ενέργειας, όπως φαίνεται στο σχήμα με την διακεκομμένη γραμμή, τότε το σύστημα καλείται υβριδικό φ/β σύστημα.

2.6.2 Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα

Η συγκεκριμένη εφαρμογή αυτών των συστημάτων είναι και η περισσότερο χρησιμοποιούμενη λόγω του ότι είναι η πιο συμφέρουσα εφόσον το τοπικό ή το εθνικό δίκτυο είναι σε απόσταση αρκετά προσιτή ως προς την τοποθεσία της Φ/Β εγκατάστασης. Διότι η περίσσεια της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στο Φ/Β σύστημα, διοχετεύεται και πωλείται στο δίκτυο, ενώ από την άλλη μεριά, το δίκτυο καλύπτει τις ανάγκες του συστήματος όταν δεν επαρκεί η παραγωγή της Φ/Β γεννήτριας.(Goetzberger & Hoffmann, 2005, σ.107).

Ένας μετρητής ενέργειας χρησιμοποιείται για να καταγράψει την ενέργεια που μεταφέρθηκε προς το δίκτυο, και ένας άλλος μετρητής την ενέργεια που μεταφέρθηκε από το δίκτυο (υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ένας μόνο μετρητής που εκτελεί και τις δύο μετρήσεις). Η τιμή της ενέργειας που καταγράφουν οι δύο μετρητές κοστολογείται συνήθως με διαφορετικό τρόπο(πιο πάνω αναφέρουμε την τιμή που κοστολογεί η ΔΕΗ την αγορά από φωτοβολταϊκά αλλά όσον αφορά το πόσο πουλάει εξαρτάται από την χρήση του χώρου που τα έχουμε εγκαταστήσει). Όπως αναφέραμε και παραπάνω η ύπαρξη της μπαταρίας δεν είναι επιβεβλημένη αφού η χρήση της σε ένα τέτοιο σύστημα περιορίζεται στην τροφοδότηση των απότομων αιχμών του φορτίου πράγμα που μπορεί όμως να γίνει και από το ηλεκτρικό δίκτυο,

καθώς και στην αποθήκευση της επιπλέον ενέργειας που παράγεται από τα Φ/Β, πράγμα που μπορεί πάλι να γίνει από το ηλεκτρικό δίκτυο (το δίκτυο παίζει τελικά το ρόλο της μπαταρίας). Φυσικά ένα τέτοιο σύστημα χωρίς την ύπαρξη της μπαταρίας και επακόλουθα του ρυθμιστή φόρτισής της έχει ένα κόστος που είναι περίπου το μισό του κόστους εάν είχε και μπαταρία, ενώ εμφανίζει βελτιωμένη απόδοση. Γενικά σε ένα τέτοιο σύστημα το πλεόνασμα της ενέργειας είτε αποθηκεύεται στις μπαταρίες για να χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια της μη ικανοποιητικής παραγωγής της, ή πωλείται στο ηλεκτρικό δίκτυο. Το απόθεμα ενέργειας στις μπαταρίες χρησιμοποιείται ακαριαία ως ενίσχυση εάν η παροχή ισχύος από το Φ/Β σύστημα είναι σημαντικά μειωμένη από κάποια τυχαία παρουσία σύννεφων. Επιπρόσθετα η αποθήκευση της ενέργειας στις μπαταρίες μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των απαιτήσεων τροφοδότησης ισχύος από το ηλεκτρικό δίκτυο στις ώρες των απότομων αιχμών του φορτίου (Markvart, 2003).

Έτσι αποθηκεύοντας ενέργεια από το δίκτυο στις μπαταρίες σε ώρες χαμηλής απαίτησης ισχύος για να χρησιμοποιηθεί όταν το τοπικό φορτίο την χρειάζεται σε ώρες απότομων αιχμών του φορτίου πετυχαίνεται η μείωση της χρησιμοποίησης μονάδων γεννητριών οι οποίες θα λειτουργήσουν με ένα μεγάλο κόστος για να καλύψουν αυτές τις απότομες αιχμές.

Τα συστήματα αυτά από πλευράς δομής αποτελούνται από:

- την Φ/Β γεννήτρια,
- την μπαταρία (αν αυτό κρίνεται αναγκαίο)
- το ρυθμιστή φόρτισης (όταν υπάρχει μπαταρία)
- και τον ειδικής κατασκευής αντιστροφέα.

Τα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα χωρίζονται σε Οικιστικά (Residential PV) και Ενσωματωμένα σε κτίρια (Building integrated PV). Κάποια ακόμα από τα πλεονεκτήματά τους εκτός από το μειωμένο κόστος και την βελτιωμένη τους απόδοση είναι ότι επειδή τα συστήματα αυτά είναι εγκατεστημένα στο σημείο της χρήσης τους οι απώλειες της μεταφοράς ισχύος ελαττώνονται, ενώ η ενσωμάτωση της Φ/Β γεννήτριας στα κτίρια έχει το πλεονέκτημα της μη χρησιμοποίησης επιπρόσθετης έκτασης γης,

μείωση του κόστους του εξοπλισμού στήριξης και χρήση των Φ/Β ως δομικού υλικού της επιφάνειας των κτιρίων.

2.7 Τεχνολογίες οικιακών ΦΒ συστημάτων

Ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα καθορίζει την μέγιστη παραγόμενη ισχύ ενώ η εν σειρά και παράλληλα σύνδεση τους καθορίζει την τιμή της τάσης και του ρεύματος που μπορεί να δώσει το πλαίσιο.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα θετικά και αρνητικά των σημαντικότερων εφαρμοζόμενων τεχνολογιών οικιακών Φ/Β συστημάτων ενός ή και περισσότερων Φ/Β πλαισίων (Soeren Baekhoej Kjaer et al.2005).

2.7.1 Centralized Τεχνολογία

Η centralized τεχνολογία είναι από τις παλαιότερες που εφαρμόστηκαν και αποσκοπεί στην παραγωγή μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία μεταφέρονται στο δίκτυο μέσω ενός μόνου αντιστροφέα (Σχήμα 17). Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από ένα πλέγμα Φ/Β πλαισίων, τα οποία χωρίζονται σε εν σειρά ομάδες εξασφαλίζοντας έτσι υψηλή τιμή συνεχούς τάσης, ενώ η απαιτούμενη τιμή εντάσεως επιτυγχάνεται με την παράλληλη σύνδεση των παραπάνω ομάδων. Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνοτροπίας, αποτελεί η χρήση ενός μόνου ελέγχου ανάχνευσης του σημείου λειτουργίας μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος (M.P.P.T. ελεγκτής) και η χρήση διόδων ισχύος ώστε να αποφευχθεί η λειτουργία ορισμένων εν σειρά ομάδων ως φορτία λόγω σκίασης.

Θετικά:

- Παραγωγή μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας από ένα μόνο Φ/Β σύστημα (έως και 10kW).
- Η εν σειρά διασύνδεση των πλαισίων εξασφαλίζει αρκετά υψηλή τιμή συνεχούς τάσης στην είσοδο του μετατροπέα αποφεύγοντας κατά αυτόν τον τρόπο την ενίσχυση αυτής

(είτε με μετατροπέα συνεχούς τάσης σε συνεχή είτε με Μ/Σ) προκειμένου να παραχθεί εναλλασσόμενη τάσης κατάλληλης τιμής στην έξοδο του μετατροπέα.

Αρνητικά:

- Παρατηρούνται αρκετά μεγάλες τιμές τάσης διασύνδεσης μεταξύ Φ/Β πλέγματος και αντιστροφέα με αποτέλεσμα:

1. Αυξημένος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.

2. Υψηλό κόστος καλωδίωσης και συστήματος προστασίας.

3. Ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού για την εγκατάσταση του συστήματος.

- Κίνδυνος φαινομένων hotspot (κίνδυνος υπερθέρμανσης μεμονωμένων ηλιακών κυψελών) στα Φ/Β πλαίσια κατά την διάρκεια μερικής σκίασης.

- Απώλειες εξαιτίας των διόδων ισχύος που χρησιμοποιούνται για την παράλληλη σύνδεση των εν σειρά ομάδων.

- Η εφαρμογή κεντρικού M.P.P.T. ελέγχου δεν επιτρέπει σε όλα τα πλαίσια να λειτουργούν στο σημείο μέγιστης ισχύος, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο συνολικός βαθμός απόδοσης.

- Ο σχεδιασμός τους δεν αφήνει περιθώρια τεχνικών προσαρμογών και επέκτασης.

- Δεν είναι εύκολη η εγκατάσταση τους σε αστικές περιοχές εξαιτίας της μεγάλης απαιτούμενης επιφάνειας.

- Υψηλό κόστος κατασκευής.

- Σχετικά χαμηλό βαθμό απόδοσης συγκρινόμενη με άλλες τεχνολογίες.

2.7.2 String Τεχνολογία

Η string τεχνολογία, που αντικατέστησε την centralized, τυγχάνει μεγάλης αποδοχής σε πρωτοπόρες χώρες στο χώρο των φωτοβολταϊκών, όπως η Γερμανία. Σε αντίθεση με πριν, κάθε μονάδα αποτελείται από μία ομάδα εν σειρά συνδεδεμένων Φ/Β πλαισίων

καταλήγοντας σε έναν αντιστροφέα. Βέβαια η τεχνοτροπία αυτή οδηγεί στην παραγωγή μικρότερων ποσών ενέργειας. Στο Σχήμα 19 απεικονίζεται ένα οικιακό Φ/Β σύστημα string τεχνολογίας.

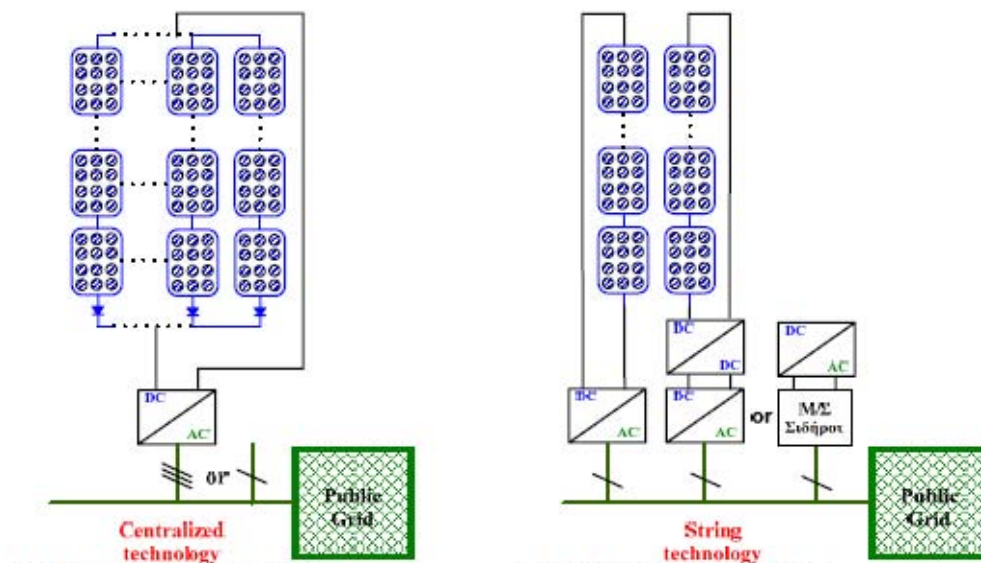
Θετικά:

- Η εν σειρά διασύνδεση των πλαισίων δεν καθιστά απαραίτητη την ενίσχυση της τάσης εισόδου του μετατροπέα.
- Χαμηλότερο κόστος κατασκευής ανά μονάδα.
- Ο χώρος που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας μονάδας είναι αρκετά μικρότερος.
- Ο M.P.P.T. έλεγχος είναι αποδοτικότερος σε σχέση με αυτόν της centralized τεχνολογία, μιας και εφαρμόζεται σε μικρότερο αριθμό πλαισίων.
- Δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή διόδων ισχύος.
- Δυνατότητα επέκτασης της εγκατάστασης με χρήση περισσότερων μονάδων.
- Υψηλότερος βαθμός απόδοσης σε σχέση με την centralized τεχνολογία.

Αρνητικά:

Παραμένουν τα προβλήματα που επιφέρουν οι υψηλές τάσεις στα σημεία διασύνδεσης, καθώς επίσης και ο κίνδυνος εμφάνισης φαινομένου hotspot.

- Ανάλογα με το πλήθος των Φ/Β πλαισίων που χρησιμοποιούνται, η ισχύς που μπορεί να παραχθεί κυμαίνεται μεταξύ των 0.5 και 1kW.
- Παρά την μείωση της απαιτούμενης επιφάνειας, η εφαρμογή τους σε αστικές περιοχές παραμένει δύσκολη.



Σχήμα 19 :Φ/Β συστήματα centralized και string τεχνολογίας

2.7.3. Multistring Τεχνολογία

Η τεχνολογία multistring αποτελεί μια επέκταση της string τεχνολογίας που κερδίζει συνεχώς έδαφος στην παγκόσμια αγορά των Φ/Β συστημάτων. Η τεχνοτροπία αυτή παρέχει τη δυνατότητα παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογης τάξης με αυτή της centralized τεχνολογία, αλλά χωρίς τα μειονεκτήματα που συνοδεύουν την τελευταία. Στην πραγματικότητα χρησιμοποιούνται πολλές αλυσίδες εν σειρά συνδεδεμένων Φ/Β πλαισίων οι οποίες συνδέονται σε έναν κεντρικό αντιστροφέα μέσω ανεξάρτητων μετατροπέων συνεχούς τάσης σε συνεχή όπως φαίνεται και στο σχήμα 20.

Θετικά:

- Η παραπάνω ιδιαιτερότητα καθιστά πιο εύκολη την επέκταση του συστήματος απλά συνδέοντας στον αντιστροφέα περισσότερες αλυσίδες πλαισίων με τους μετατροπείς τους.
- Παραγωγή ανάλογων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας με αυτά της centralized τεχνολογίας χωρίς όμως τα προβλήματα της τελευταίας.

Αρνητικά:

- Η ύπαρξη ενός επιπλέον μετατροπέα αυξάνει οδηγεί σε αύξηση του κόστους.
- Διατηρεί τα μειονεκτήματα της string τεχνολογίας.

2.7.4 AC- PV Module Τεχνολογία

Η τεχνολογία των AC-PV Module, είναι και η νεότερη στο χώρο των οικιακών Φ/Β εφαρμογών. Πρόκειται για φωτοβολταϊκές διατάξεις μικρής ισχύος, στις οποίες ενσωματώνεται ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας συνεχούς τάσης σε μονοφασική εναλλασσόμενη και οι οποίες συνδέονται απ' ευθείας στο δίκτυο χαμηλής τάσης των αστικών περιοχών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 20. Η απουσία διασυνδέσεων τύπου πλέγματος ή/και αλυσίδας μεταξύ Φ/Β πλαισίων, καθώς και η δυνατότητα καλύτερου ελέγχου κάθε αυτόνομης διάταξης (Φ/Β πλαίσιο και αντιστροφέας), οδηγούν σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα του όλου συστήματος. Ο αντιστροφέας μπορεί να είναι ενσωματωμένος είτε στο πίσω μέρος του των πλαισίων, είτε στο μηχανισμό στήριξης του. Σε σχέση με τις παραπάνω τεχνολογίες τα AC Module έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

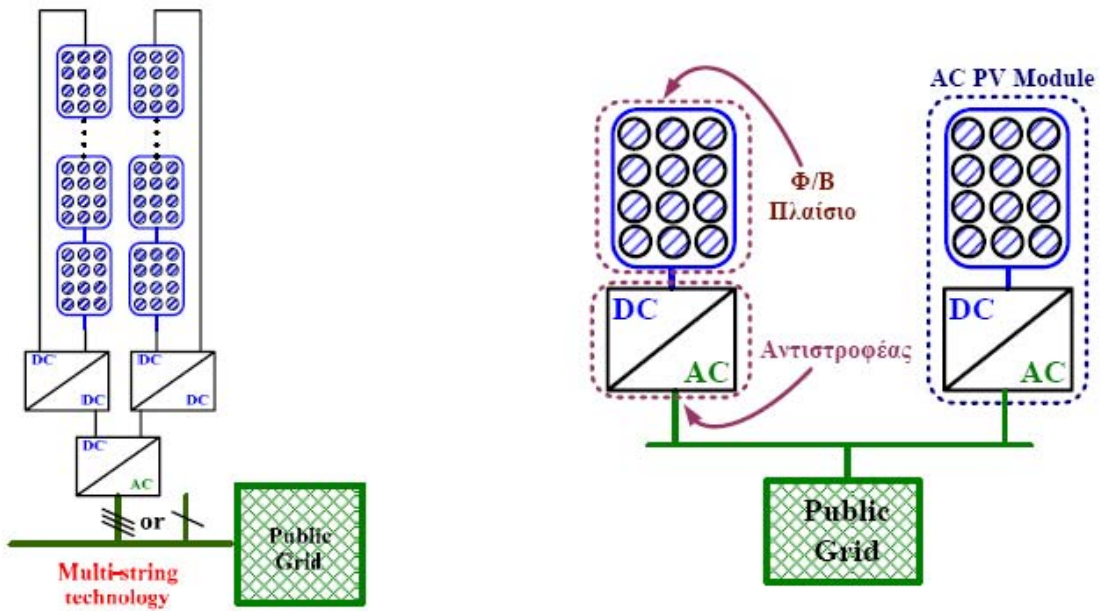
Θετικά:

- Η αντιστοιχία ενός αντιστροφέα ανά πλαίσιο επιτρέπει τον βέλτιστο M.P.P.T. έλεγχο.
- Οι τάσεις στα σημεία διασύνδεσης είναι αρκετά χαμηλές.
- Μικρό κόστος κατασκευής.
- Δεν απαιτείτε εξειδικευμένο προσωπικό για την εγκατάσταση του συστήματος.
- Οι απαιτήσεις επιφανείας ανά μονάδα είναι ελάχιστες, κάτι που τα καθιστά κατάλληλα ακόμα και για αστικές εφαρμογές.
- Παρουσιάζει καλύτερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τις προηγούμενες τεχνολογίες..

Αρνητικά:

- Η αποδιδόμενη ισχύς ανά Φ/Β μονάδα δεν ξεπερνάει τα 350W στις μέρες μας.

- Είναι απαραίτητη η ανύψωση της τάσης του Φ/Β πλαισίου.



Σχήμα20: Φ/Β συστήματα τεχνολογίας multistring και AV PV module

Κεφάλαιο 3: Νομοθετικό πλαίσιο και ισχύουσα νομοθεσία

Το ζήτημα της χρήσης και της ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και γενικότερα των Α.Π.Ε. δεν αφορά μόνο την τεχνολογία η οποία είναι κάθε φορά διαθέσιμη από μέρους της έρευνας και εν τέλει της επιστήμης. Πέραν αυτών των απαραίτητων προϋποθέσεων για την ανάπτυξη μίας νέας εφαρμογής της τεχνολογίας είναι αναγκαίες και οι αλλαγές στο θεσμικό και νομοθετικό πλαίσιο ούτως ώστε να μπορέσει η κάθε τεχνολογική πρόοδος να «βρεί» πρόσφορο έδαφος για να μπορέσει να εφαρμοστεί και να αναπτυχθεί.

Στο επόμενο κομμάτι περιγράφεται η ιστορική διαδρομή σε επίπεδο νομοθεσίας για την υποδοχή και ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και των φωτοβολταϊκών όπως επίσης και οι πρόσφατες νομοθετικές αλλαγές στο κομμάτι που αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε στέγες κτιρίων και σπιτιών

3.1 Το συνταγματικό πλαίσιο

Το Σύνταγμα δεν περιλαμβάνει, ασφαλώς, κανόνες που αναφέρονται άμεσα στην παραγωγή ενέργειας. Ωστόσο, εμπεριέχει διατάξεις που σχετίζονται με τις Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, όπως ήδη σημειώθηκε παραπάνω, το άρθρο 24 παρ. 1 Συντ. κατοχυρώνει ρητά την αρχή της αειφορίας. Σύμφωνα, έτσι, με τη διάταξη αυτή *«Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του καθενός. Για τη διαφύλαξή του το Κράτος έχει υποχρέωση να παίρνει ιδιαίτερα προληπτικά ή κατασταλτικά μέτρα στο πλαίσιο της αρχής της αειφορίας»*. Είναι εν προκειμένω σαφές ότι η ανωτέρω θεμελιώδης αρχή του «περιβαλλοντικού Συντάγματος», στο μέτρο που περιλαμβάνει την υποχρέωση διασφάλισης του περιβαλλοντικού κεφαλαίου και αποτροπής της εξάντλησης των περιβαλλοντικών αγαθών, εναρμονίζεται απόλυτα με την αξιοποίηση και, μάλιστα, στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, των Α.Π.Ε. Η αξιοποίηση, συνεπώς, των Α.Π.Ε., στο μέτρο που αποτελεί μορφή προστασίας (ή, ακριβέστερα, περιορισμού της βλάβης) του περιβάλλοντος, συνιστά δομικό στοιχείο της αρχής της αειφορίας. Από την άποψη αυτή, η επέκταση της χρήσης των Α.Π.Ε. αποτελεί λόγο δημοσίου συμφέροντος, τον

οποίο οφείλει η Πολιτεία να επιδιώκει. Ο λόγος αυτός δημοσίου συμφέροντος, είναι δυνατόν να δικαιολογήσει περιορισμούς στην ατομική ελευθερία, ενώ συγχρόνως προσλαμβάνει τον χαρακτήρα «δημόσιας ωφέλειας», η οποία καθιστά επιτρεπτή την απαλλοτρίωση ιδιοκτησιών, σύμφωνα με τους ορισμούς του άρθρου 17 του Συντάγματος.

Επισημαίνεται, ακόμη, ότι η αρχή της αειφορίας που θεσπίζεται στο άρθρο 24 παρ. 1 Συντ. διαμορφώνει το κανονιστικό πλαίσιο, εντός του οποίου διεξάγονται οι συναφείς δικαιικές και αξιακές σταθμίσεις στις περιπτώσεις εκείνες όπου η αξιοποίηση των Α.Π.Ε. συγκρούεται με ορισμένα περιβαλλοντικά αγαθά, όπως είναι για παράδειγμα η προστασία των δασών ή των οπτικών πόρων. Είναι, έτσι, σαφές ότι η επίλυση της ανωτέρω «ενδοπεριβαλλοντικής» σύγκρουσης προϋποθέτει σειρά επιμέρους αξιακών σταθμίσεων με βασικό γνώμονα την αρχή της αειφορίας³ (Παπακωνσταντίνου, 2004)

3.2 Αναδρομή νομοθετικού πλαισίου και ισχύουσα νομοθεσία

Οι πρώτες προσπάθειες για ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα ξεκινούν το 1985 με τον πρώτο νόμο για θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μετά η επόμενη ουσιαστική προσπάθεια έγινε το 1994 με το ν. 2244/1994 όπου θεσπίστηκαν ευνοϊκές ρυθμίσεις για τις ΑΠΕ και είχαμε την έντονη εμφάνιση επενδυτικού ενδιαφέροντος και από την πλευρά των ιδιωτών. Η νομική ρύθμιση των Α.Π.Ε., μάλιστα, χαρακτηρίστηκε, όπως συμβαίνει συχνά με διατάξεις οι οποίες αφορούν καινοφανή ζητήματα, από σημαντικές ελλείψεις και αντιφάσεις. Κατά τη διάρκεια, ωστόσο, των ετών που ακολούθησαν σημειώθηκε αξιοσημείωτη πρόοδος. Ειδικότερα, το νομοθετικό πλαίσιο κατέστη σταδιακά πληρέστερο και αποτελεσματικότερο. Για την εξέλιξη αυτή συνέβαλαν οι εξής κυρίως παράγοντες: α) Η συνειδητοποίηση από την Κυβέρνηση του γεγονότος ότι το σημερινό ενεργειακό

³ Στις σταθμίσεις αυτές διεισδύουν κριτήρια τα οποία προέρχονται από την αρχή της αναλογικότητας. Ελέγχεται, έτσι, για παράδειγμα το μέγεθος της καταστροφής των δασικών ή οπτικών πόρων που καταστρέφονται για την κατασκευή έργων αξιοποίησης Α.Π.Ε. (λ.χ. αιολικά πάρκα). Η στάθμιση στην περίπτωση αυτή σχετίζεται αφενός με την έκταση και το μέγεθος της καταστροφής των συγκεκριμένων περιβαλλοντικών αγαθών και αφετέρου με το όφελος που προκύπτει για το συνολικότερο περιβαλλοντικό ισοζύγιο η χρήση των Α.Π.Ε. Η υπεροχή, επομένως, της μίας ή της άλλης λύσης συνιστά αποτέλεσμα *in concreto* στάθμισης των διακυβευόμενων συμφερόντων

ισοζύγιο της χώρας, το οποίο βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά στη χρήση του λιγνίτη και του πετρελαίου, συνιστά τροχοπέδη για την οικονομική ανάπτυξη, ενώ υποβαθμίζει ολοένα περισσότερο το φυσικό περιβάλλον. β) Η ανάδειξη και ενίσχυση του κανονιστικού περιεχομένου των συνταγματικών αρχών της αειφορίας και της βιώσιμης ανάπτυξης, οι οποίες επιβάλλουν ευρύτερη αξιοποίηση των Α.Π.Ε. Επισημαίνεται, μάλιστα, ότι η αρχή της αειφορίας περιλήφθηκε ήδη ρητά στο συνταγματικό κείμενο (άρθρο 24 παρ. 1 εδ. β' Συντ.). γ) Η τάση απελευθέρωσης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και η κατάργηση του κρατικού μονοπωλίου στο πεδίο αυτό. δ) Η θέσπιση κανόνων του ενωσιακού και του διεθνούς δικαίου, οι οποίοι επιβάλλουν τη λήψη άμεσων μέτρων για τη μείωση των καταστρεπτικών για το περιβάλλον εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και άλλων στοιχείων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στο πλαίσιο αυτό καταγράφεται και η σημαντική ανάπτυξη διεθνών κειμένων που αναφέρονται στην ανάγκη αφενός περιορισμού των σύγχρονων βλαπτικών για το φυσικό περιβάλλον πηγών ενέργειας (πετρέλαιο, λιγνίτης, πυρηνική ενέργεια) και αφετέρου επέκτασης της αξιοποίησης των Α.Π.Ε⁴. Το εθνικό νομοθετικό πλαίσιο περιλαμβάνει τις εξής διατάξεις:

ι) Οι διατάξεις του ν. 2244/1994. Όπως ήδη σημειώθηκε, με το ν. 2244/1994 (ΦΕΚ 168 Α') εισάγονται για πρώτη ουσιαστικά φορά ειδικές ρυθμίσεις για την εκμετάλλευση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, με το άρθρο 3 παρ. 1 του νόμου προβλέπεται ότι «Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού ηλεκτροπαραγωγής απαιτείται άδεια που χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερομένου». Εξαιρούνται, ωστόσο, σύμφωνα με την παράγραφο 3 του ανωτέρω άρθρου της υποχρέωσης προς λήψη άδειας εγκατάστασης οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με ισχύ μέχρι 20 KW, καθώς και οι εφεδρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος μέχρι 150 KW. Ακόμη, η ίδια διάταξη ορίζει ότι «τα αιολικά και ηλιακά συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας νοούνται μόνο ως ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις».

Η παράγραφος 5 του ανωτέρω άρθρου, εξάλλου, προβλέπει: «Για τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής, για τους οποίους χορηγείται άδεια εγκατάστασης,

⁴ Για το σχετικό διεθνές και κοινοτικό νομικό πλαίσιο βλ. Π. Πατρώνου/Β. Καραγεώργου/Α. Παπαπετρόπουλου, Διεθνείς και κοινοτικές δεσμεύσεις της Ελλάδας για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο: www.nomosphysis.org.gr (Ιούλιος 2004)

απαιτείται και άδεια λειτουργίας. Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, ύστερα από αίτηση του ενδιαφερόμενου και έλεγχο από τις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας, για την τήρηση των όρων εγκατάστασης και λειτουργίας των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Αν ο σταθμός συνδέεται με τα δίκτυα της Δ.Ε.Η., η λειτουργία του απαγορεύεται πριν από τη σύναψη της σχετικής σύμβασης».

Επισημαίνεται, τέλος, ότι με το άρθρο 4 του νόμου προβλέφθηκαν κυρώσεις για την παραβίαση των ανωτέρω υποχρεώσεων. Σύμφωνα, έτσι, με τις εν λόγω διατάξεις σε περίπτωση εγκατάστασης ή λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής χωρίς τις αναγκαίες άδειες ή παράβασης των όρων και περιορισμών των αδειών αυτών επιβάλλεται στους παραγωγούς πρόστιμο, καθώς και προσωρινή ή οριστική διακοπή της λειτουργίας του σταθμού. Προβλέπεται, ακόμη, η δυνατότητα διακοπής της λειτουργίας του σταθμού, αν διαπιστωθεί κίνδυνος για τη ζωή και την υγεία των εργαζομένων στον σταθμό, την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και το περιβάλλον.

ii) Η απόφαση Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας. Με την απόφαση Δ6/Φ1/ΟΙΚ.8295/19.4.1995 του Υπουργού Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας (ΦΕΚ Β' 385) προβλέφθηκαν αφενός οι διαδικασίες και τα δικαιολογητικά που απαιτούνται για την έκδοση των αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και αφετέρου οι γενικοί τεχνικοί και οικονομικοί όροι των συμβάσεων μεταξύ παραγωγών και ΔΕΗ, οι λεπτομέρειες διαμόρφωσης των τιμολογίων καθώς και οι όροι διασύνδεσης.

iii) ν. Οι διατάξεις του ν. 2773/1999. Με το ν. 2773/1999 (ΦΕΚ Α' 286) επιχειρείται η συνολική ρύθμιση της απελευθέρωσης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής από Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, με το άρθρο 2 του νόμου ορίζεται ως «παραγωγός από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» «ο παραγωγός, ο οποίος παράγει ηλεκτρική ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)». Παραγωγή, εξάλλου, από Α.Π.Ε. είναι «η ηλεκτρική ενέργεια η προερχόμενη από: 1. Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου. 2. Συνδυασμό των ανωτέρω»

iv) Η απόφαση Δ6/Φ1/2000 του Υπουργού Ανάπτυξης

Με την εν λόγω Υπουργική Απόφαση καθορίζεται εκ νέου η διαδικασία έκδοσης αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών παραγωγής ηλεκτρισμού με χρήση

Α.Π.Ε., με βάση τις διατάξεις των νόμων 2244/1994 και 2773/1999. Ρυθμίζεται, ειδικότερα, η διαδικασία υποβολής του σχετικού αιτήματος και των δικαιολογητικών στην αρμόδια Υπηρεσία (άρθρο 3), τα δικαιολογητικά που απαιτούνται (άρθρα 4-5), η διαδικασία της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (άρθρο 8), οι όροι για την εγκατάσταση ή επέκταση των σταθμών αυτών (10-12), καθώς και η διαδικασία έκδοσης άδειας λειτουργίας τους (άρθρα 14-18)

v) Οι διατάξεις του ν. 2941/2001

Με τις διατάξεις του άρθρου 2 του ν. 2941/2001 (ΦΕΚ Α'201), επιχειρείται η απλοποίηση των διαδικασιών για την αδειοδότηση των Α.Π.Ε. Όπως, μάλιστα, αναφέρεται στην Εισηγητική Έκθεση του νόμου «είναι γνωστή η ανάγκη ευρείας διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας στα πλαίσια διεθνών δεσμεύσεων της για την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παράλληλα είναι αναγκαία η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού [ώστε] να μην εξαρτάται από τις τιμές του δολαρίου και του πετρελαίου».

vi) Οι διατάξεις του ν. 3175/2003. Με το ν. 3175/2003 (ΦΕΚ Α' 207) τροποποιούνται διατάξεις του ν. 2773/1999 που αφορούν την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

vii) Η ΚΥΑ 1726/18.04.2003. Με τις διατάξεις της ΚΥΑ 1726/18.04.2003 (ΦΕΚ Β' 552) ρυθμίζεται η διαδικασία προκαταρκτικής περιβαλλοντικής εκτίμησης και αξιολόγησης, έγκρισης περιβαλλοντικών όρων καθώς και έγκρισης επέμβασης ή παραχώρησης δάσους ή δασικής έκτασης στο πλαίσιο της έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. Συγκεκριμένα, ορίζονται οι αρμόδιες αδειοδοτούσες υπηρεσίες, καθώς και οι γνωμοδοτούσες υπηρεσίες που συμμετέχουν στη σχετική διαδικασία (άρθρα 2-4). Επίσης, προβλέπονται τα αντικείμενα των γνωμοδοτήσεων αυτών (άρθρο 5), η διαδικασία για την έκδοση έγκρισης επέμβασης (άρθρο 6), οι προθεσμίες εντός των οποίων πρέπει να ενεργούν οι ανωτέρω αρμόδιες υπηρεσίες (άρθρο 7), καθώς και το περιεχόμενο των σχετικών φακέλων (άρθρο 8). Τέλος, παρέχεται η δυνατότητα στους ιδιοκτήτες αιολικών πάρκων να μεταβάλλουν μέχρι 15% την ισχύ του και να ανατοποθετήσουν τις ανεμογεννήτριες χωρίς να απαιτείται τροποποίηση των περιβαλλοντικών όρων ή της άδειας εγκατάστασης (άρθρο 9).

viii) Ν 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις» (ΦΕΚ Α΄ 129 27.6.2006). Βασικές ρυθμίσεις του νόμου είναι ότι επιτρέπεται σε ιδιώτες η δημιουργία μονάδας παραγωγής ηλεκτρισμού με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά απαιτεί κατά κανόνα άδεια από το Υπουργείο Ανάπτυξης και ότι ο διαχειριστής του δικτύου διανομής ηλεκτρικού ρεύματος είναι υποχρεωμένος να αγοράζει την ενέργεια που παράγουν νόμιμα αδειοδοτημένες μονάδες. Ο νόμος μεταγράφει μεταξύ άλλων και την Οδηγία 2001/77/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Ο 3468 προδιαγράφει τις άδειες (παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας, δόμησης) και τις εγκρίσεις (περιβαλλοντικών όρων, εργασιών μικρής κλίμακας από την αρμόδια πολεοδομική υπηρεσία) που απαιτούνται (ή δεν απαιτούνται) ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας (κατηγορία) και την περιοχή στην οποία δημιουργείται. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι ανεξαρτήτως της κατηγορίας ενός έργου, απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων αν το έργο βρίσκεται σε περιοχή Ramsar, Natura 2000, εθνικούς δρυμούς και αισθητικά δάση.

Ο ίδιος νόμος καθορίζει τις συμβάσεις (αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ ή ΔΕΗ) και τις τιμές πώλησης (σε Ευρώ/μεγαβατώρα) της ενέργειας που παράγεται στον ΔΕΣΜΗΕ ή στη ΔΕΗ αντίστοιχα. Σημειώνεται εδώ ότι η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για 10 έτη και μπορεί να παρατείνεται για 10 επιπλέον έτη, μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού, εφόσον αυτή υποβάλλεται τρεις τουλάχιστον μήνες πριν από τη λήξη της αρχικής σύμβασης.

Ας σημειωθεί ότι ένα επενδυτικό σχέδιο ΑΠΕ ύψους 100.000 Ευρώ και άνω μπορεί να ενταχθεί στο καθεστώς του αναπτυξιακού Ν. 3299/04 με τις τροποποιήσεις του επενδυτικού Νόμου 3522/2006 και να επωφεληθεί από κρατική ενίσχυση σε ποσοστό έως και 60%. Τέλος, οι τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας που καθορίζονται στον 3468, ισχύουν και για τον ιδιώτη-καταναλωτή της ΔΕΗ: εφόσον εγκαταστήσει στην κατοικία του διασυνδεδεμένο με τη ΔΕΗ σύστημα παραγωγής από ΑΠΕ (π.χ. ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ή μια ανεμογεννήτρια), μπορεί να πουλήσει τυχόν πλεόνασμα ενέργειας και να επωφεληθεί και αυτός (Παπακωνσταντίνου, 2004).

ix) Νόμος 3734/09, ο οποίος τροποποιεί τον Ενεργειακό Νόμο 3468/06, οι σημαντικότερες διατάξεις του, που αφορούν άμεσα τους ενδιαφερόμενους επενδυτές φωτοβολταϊκών πάρκων, είναι:

1. Δεσμευτικό χρονοδιάγραμμα αξιολόγησης των φακέλων - αιτήσεων για άδειες και εξαιρέσεις αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά. Το χρονοδιάγραμμα για χορήγηση άδειας παραγωγής από φωτοβολταϊκούς σταθμούς και για έκδοση απόφασης εξαίρεσης προβλέπει την αξιολόγηση και εξαίρεση αντίστοιχα μέχρι τις 28/2/2009 για όσες αιτήσεις έχουν υποβληθεί έως και την 31/5/2007 (ήδη διαφαίνεται καθυστέρηση από τη ΡΑΕ), τις 30/4/2009 για όσες αιτήσεις έχουν υποβληθεί έως και 30/6/2007, και - τις 31/12/2009 για όσες αιτήσεις έχουν υποβληθεί έως 29/2/2008.

2. Νέες τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, με σταδιακή μείωση των τιμών εισόδου στο σύστημα από τον Αύγουστο 2010 (πίνακας 3). Οι τιμές αυτές θα είναι εγγυημένες για μια 20ετία (και για τα παλιά συμβόλαια που ήδη ισχύουν) και θα αναπροσαρμόζονται ετησίως με το 25% του πληθωρισμού του προηγούμενου έτους. Οι τιμές αυτές κλειδώνουν με την υπογραφή της σύμβασης αγοραπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ (ή τη ΔΕΗ για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά) και στη συνέχεια δίνεται η δυνατότητα επιπλέον 18 μηνών για την υλοποίηση του έργου με χρήση αυτής της τιμής. Αν το έργο καθυστερήσει πάνω από 18 μήνες, θα έχει την τιμή πώλησης που ισχύει τη στιγμή της έναρξης λειτουργίας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι οι τιμές παραμένουν σταθερές έως και το 2011.

3. Οι άδειες παραγωγής ή αποφάσεις εξαίρεσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά πάρκα δεν επιτρέπεται να μεταβιβασθούν πριν την έναρξη λειτουργίας τους. Οι υποψήφιοι επενδυτές που αναμένουν τις άδειες και εξαιρέσεις αδειών παραγωγής θα πρέπει άμεσα να κινηθούν για την έκδοση των υπολοίπων δικαιολογητικών που απαιτούνται για την υποβολή του φακέλου του επενδυτικού τους σχεδίου στις διατάξεις του Αναπτυξιακού Νόμου 3299/04. Τα δικαιολογητικά αυτά είναι η έγκριση περιβαλλοντικών μελετών και οι όροι σύνδεσης από τη ΔΕΗ για εξαιρέσεις και άδειες παραγωγής, ενώ ειδικά για τις άδειες παραγωγής απαιτείται και άδεια εγκατάστασης. Ο Αναπτυξιακός Νόμος προβλέπει ποσοστό επιχορήγησης 40% επί του προϋπολογισμού του έργου, με τουλάχιστον 25% ίδια συμμετοχή και το υπόλοιπο ποσό από τραπεζικό δανεισμό. Οι αιτήσεις για επιχορήγηση συνοδευόμενες από τεχνοοικονομική μελέτη και τα απαραίτητα δικαιολογητικά υποβάλλονται στο Υπουργείο Οικονομίας και Οικονομικών.

Πίνακας 3 : Τιμές πώλησης της παραγόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Έτος	Μήνας	A	B	Γ	Δ
		Διασυνδεδεμένο		Μη διασυνδεδεμένο	
		> 100kW	<= 100kW	> 100kW	<= 100kW
2009	Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00	500,00
2009	Αύγουστος	400,00	450,00	450,00	500,00
2010	Φεβρουάριος	400,00	450,00	450,00	500,00
2010	Αύγουστος	392,04	441,05	441,05	490,05
2011	Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43	466,03
2011	Αύγουστος	351,01	394,88	394,88	438,76
2012	Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53	417,26
2012	Αύγουστος	314,27	353,56	353,56	392,84
2013	Φεβρουάριος	298,87	336,23	336,23	373,59
2013	Αύγουστος	281,38	316,55	316,55	351,72
2014	Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56	336,18
2014	Αύγουστος	260,97	293,59	293,59	326,22
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά		1,3 x ΜΟΤΣν-1	1,4 x ΜΟΤΣν-1	1,4 x ΜΟΤΣν-1	1,5 x ΜΟΤΣν-1
ΜΟΤΣ (ν-1):	Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1				

Διευκρινίζεται ότι για την χωροθέτηση Φ/Β συστημάτων, ανεξαρτήτως ισχύος, εφαρμόζονται οι κατευθύνσεις του Ειδικού Πλαισίου για τις ΑΠΕ, σύμφωνα με τις οποίες δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση σε περιοχές, οι οποίες είναι χαρακτηρισμένες ως:

A) Κηρυγμένα διατηρητέα μνημεία της Παγκόσμιας Πολιτισμικής Κληρονομιάς,

B) Περιοχές απολύτου προστασίας της φύσης και του τοπίου,

Γ) Πυρήνες των Εθνικών Δρυμών,

Δ) Οικότοποι περιοχών που έχουν ενταχθεί στο δίκτυο Φύση 2000,

Ε) Δάση και γεωργικές γαίες υψηλής παραγωγικότητας

ΣΤ) Περιοχές που υπάγονται σε ειδικό καθεστώς χρήσεων γης, βάσει του οποίου δεν επιτρέπεται η χωροθέτηση εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας.

x)ΚΥΑ 4/6/2009 (ΦΕΚ 1079/Β/04.06.2009).Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων. Υπουργική απόφαση αναφορικά με τους όρους εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων, ισχύος μέχρι 10 KW, σε δώματα και στέγες κτιρίων, καθώς και η κοινή υπουργική απόφαση για τα φωτοβολταϊκά στις εκτός σχεδίου περιοχές. Σχετικά με την εγκατάσταση των Φ/Β στα δώματα και στις στέγες των κτηρίων δεν θα απαιτείται οικοδομική άδεια παρά μόνο έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας.

Για την σύνδεση των Φ/Β συστημάτων με τη ΔΕΗ απαιτείται απλώς η προσκόμιση των θεωρημένων από την πολεοδομία σχεδίων (τοπογραφικό, κάτοψη δώματος ή στέγης), καθώς και η έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας.

Για την βέλτιστη οργάνωση των δωματίων και των στεγών, παράλληλα με την αισθητική αναβάθμιση των κτηρίων, κωδικοποιούνται όλες οι σχετικές διατάξεις του οικοδομικού και κτιριοδομικού κανονισμού, έτσι ώστε να μην θίγεται η συνολική μορφή των κτηρίων και το άμεσο περιβάλλον τους. Συγκεκριμένα:

-Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων πάνω από την απόληξη του κλιμακοστασίου, του φρεατίου ανελκυστήρα και οποιασδήποτε άλλης κατασκευής.

-Σε περίπτωση τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών στοιχείων σε στέγες, θα πρέπει αυτή να γίνεται εντός του όγκου της στέγης, ακολουθώντας την κλίση τους και να απέχει 0,50 μ. από το περίγραμμα αυτής, ώστε να εξασφαλίζεται η αισθητική εικόνα του κτιρίου.

-Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που τοποθετούνται στο δώμα του κτιρίου θα πρέπει να οριοθετούνται περιμετρικά με σθηαίο συμπαγές μέγιστου ύψους 1,20 μ., για αισθητικούς λόγους και για την προστασία της εγκατάστασης. Η απόσταση από το σθηαίο του δώματος πρέπει να είναι εσωτερικά αυτού 1,00 μ., για λόγους ασφάλειας.
(ΦΕΚ 1079/Β/04.06.2009)

3.3 Προϋποθέσεις για την εγκατάσταση ΦΒ συστήματος

Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα των Φ/Β συστημάτων έχουν φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις

πολύ μικρές επιχειρήσεις και τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο θα εγκατασταθεί το Φ/Β σύστημα.

Για την περίπτωση Φ/Β συστήματος σε κοινόχρηστο χώρο του κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνον Φ/Β συστήματος. Δικαίωμα ένταξης στο πρόγραμμα στην περίπτωση αυτή έχουν μόνον οι κύριοι των οριζόντιων ιδιοκτησιών που εκπροσωπούνται από το διαχειριστή ή έναν εκ των κυρίων των οριζόντιων ιδιοκτησιών μετά από παραχώρηση της χρήσης του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου από τους υπόλοιπους συνιδιοκτήτες. Αναγκαία προϋπόθεση είναι να υπάρχει η σύμφωνη γνώμη όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου, με ευθύνη των ενδιαφερομένων.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενεργής παροχής ρεύματος στο όνομα του κυρίου του Φ/Β συστήματος στο κτίριο όπου εγκαθίσταται. Επιπλέον, μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό της ιδιοκτησίας του κυρίου που εγκαθίστανται το Φ/Β σύστημα πρέπει να καλύπτεται από χρήση ανανεώσιμων πηγών ενεργείας στο χώρο που εγκαθίσταται το σύστημα (π.χ. ύπαρξη ηλιακού θερμοσίφωνα, ηλιοθερμικών).

Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται αίτηση Σύμβασης Συμψηφισμού προς τον Προμηθευτή, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει Σύμβαση Προμήθειας στο όνομα του κυρίου του Φ/Β συστήματος. Η διαδικασία πρέπει να έχει ολοκληρωθεί εντός 15 ημερών, από την ημερομηνία παραλαβής του αιτήματος.

Η ενεργοποίηση της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος πραγματοποιείται από την αρμόδια Περιοχή του Δικτύου της ΔΕΗ μετά α) την παραλαβή αντιγράφου της Σύμβασης Συμψηφισμού από τον Προμηθευτή β) την υποβολή Υπεύθυνης Δήλωσης Μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας με τα αναγκαία συνημμένα σε αυτή και γ) την υποβολή Υπεύθυνης Δήλωσης του κυρίου του Φ/Β συστήματος με την οποία θα δεσμεύεται ότι δεν θα προβεί σε οποιαδήποτε τροποποίηση στην εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος.

Η σύμβαση συμψηφισμού που υπογράφεται μεταξύ του Προμηθευτή και του κυρίου του Φ/Β συστήματος έχει διάρκεια ισχύος 25 έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του Φ/Β συστήματος.

Η Σύμβαση Συμψηφισμού λύεται αυτοδικαίως με την παρέλευση του διαστήματος των 25 ετών. Σε περίπτωση που ο κύριος του Φ/Β συστήματος αλλάξει προμηθευτή τότε

λύεται η σύμβαση αυτοδικαίως και συνάπτεται νέα σύμβαση συμψηφισμού για το υπολειπόμενο εκ των 25 ετών διάστημα. Τυχόν λύση της Σύμβασης Προμήθειας επιφέρει αυτοδικαίως και τη λύση της Σύμβασης Συμψηφισμού.

Ο Προμηθευτής δύναται να καταγγείλει τη Σύμβαση Συμψηφισμού στην περίπτωση που ο κύριος του Φ/Β συστήματος δεν είναι συνεπής στις υποχρεώσεις του που απορρέουν από τη Σύμβαση Συμψηφισμού, κατόπιν έγγραφης ειδοποίησής του και άπρακτης παρέλευσης προθεσμίας 15 ημερών (περίοδος αποκατάστασης).

Ο κύριος του Φ/Β συστήματος μπορεί να καταγγείλει τη Σύμβαση Συμψηφισμού χωρίς την επίκληση κάποιου σπουδαίου λόγου, κατόπιν υποβολής σχετικού εγγράφου, εντός διαστήματος 15 ημερών από την επίδοση του εγγράφου. Η πίστωση από την παραγόμενη ενέργεια Φ/Β συστήματος εμφανίζεται στο λογαριασμό ρεύματος του κυρίου του Φ/Β συστήματος. Ουσιαστικά ο λογαριασμός ρεύματος επέχει θέση τιμολογίου αγοράς. Το ποσό αυτό της πίστωσης συμψηφίζεται με τις χρεώσεις που προκύπτουν από τη Σύμβαση Προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος με τη ΔΕΗ. Στην περίπτωση που ο συνολικός λογαριασμός ρεύματος είναι πιστωτικός, τότε το ποσό πιστώνεται στον τραπεζικό λογαριασμό του κυρίου του Φ/Β συστήματος στην ημερομηνία λήξης του λογαριασμού ρεύματος. Ως παραγόμενη ενέργεια από το Φ/Β σύστημα θεωρείται η παραγόμενη ενέργεια, μείον της μικρής απορροφούμενης ενέργειας για ίδια κατανάλωση από το inverter τη νύχτα και τυχόν συνοδευτικό εξοπλισμό (πχ. κάμερα, συναγερμός). Για το λόγο αυτό ο μετρητής του Φ/Β συστήματος είναι διπλής εγγραφής (μέτρηση παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα - μέτρηση αναρροφούμενης ενέργειας). Η καταμέτρηση της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα πραγματοποιείται ταυτόχρονα με τη καταμέτρηση της παροχής ρεύματος, δηλ. εφαρμόζεται ο ίδιος κύκλος καταμέτρησης με αυτόν της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Στην περίπτωση που δεν καταστεί δυνατή η λήψη ένδειξης κατά την ημερομηνία της προγραμματισμένης καταμέτρησης τότε η εκκαθάριση της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα θα γίνεται στην ημερομηνία της επόμενης ημερομηνίας προγραμματισμένης καταμέτρησης. Η τιμή της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β σύστημα ορίζεται σε 0,55€/kWh για τις συμβάσεις συμψηφισμού που συνάπτονται τα έτη 2009, 2010 και 2011. Η τιμή μειώνεται κατά 5% ετησίως για τις συμβάσεις συμψηφισμού που συνάπτονται το διάστημα 1.1.2012 μέχρι και 31.12.2019. Στην περίπτωση που η ενεργοποίηση της σύνδεσης του Φ/Β

συστήματος γίνει μετά την παρέλευση 6 μηνών από τη σύναψη συμφωνησιμού, τότε ως τιμή αναφοράς θα λαμβάνεται η τιμή που αντιστοιχεί στο έτος που πραγματοποιείται η ενεργοποίηση της σύνδεσης του συστήματος. (ΔΕΗ)

3.4 Επιδοτήσεις βάσει του αναπτυξιακού νόμου

Οι επιδοτήσεις σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ανέρχονται σε 20-40% του συνολικού κόστους της επένδυσης ανάλογα με την περιοχή και το εταιρικό σχήμα που πραγματοποιεί την επένδυση (Πίνακας 4). Σημειώνουμε ότι το ελάχιστο ύψος του προϋπολογισμού μιας επένδυσης πρέπει να είναι 100.000 € προκειμένου να μπορεί να επιδοτηθεί από τον αναπτυξιακό νόμο. Η τροποποίηση του αναπτυξιακού νόμου (Ν.3752/09) προβλέπει ότι όταν ξαναρχίσει η διαδικασία υποβολής αιτήσεων στη ΡΑΕ, τα έργα με ισχύ άνω των 2 MWp δεν θα δικαιούνται επιδότησης από τον αναπτυξιακό. Αντίθετα, δεν υπάρχει όριο για τις αιτήσεις που έχουν υποβληθεί μέχρι τώρα.

Πίνακας 4 : Ποσοστά επιδότησης σύμφωνα με την περιοχή και το μέγεθος της επιχείρησης

Κατηγορία Επιχείρησης	Περιοχή σύμφωνα με τον αναπτυξιακό		
	A	B	Γ
Μεγάλη	20%	30%	40%
Μεσαία	30%	40%	40%
Μικρή	40%	40%	40%
Πολύ Μικρή	40%	40%	40%

Πίνακας 5 : Γεωγραφικές περιοχές για τον Αναπτυξιακό νόμο

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΕΡΙΟΧΕΣ
A	Περιλαμβάνει τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης, πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.Π.Ε.) και των νησιών των Νομών αυτών που εντάσσονται στην Περιοχή Β'.
B	Περιλαμβάνει τις Βιομηχανικές Επιχειρηματικές Περιοχές (Β.Ε.Π.Ε.) και τα νησιά των Νομών της Γεωγραφικής Ζώνης Α', τους Νομούς της Περιφέρειας Θεσσαλίας (Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων), τους Νομούς της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου (Κυκλάδων, Δωδεκανήσου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων (Κέρκυρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου), τους Νομούς της Περιφέρειας Κρήτης (Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων), τους Νομούς της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδικής, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας (Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας).
Γ	Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης (Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ηπείρου (Άρτας, Πρέβεζας, Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου (Λέσβου, Χίου, Σάμου), τους Νομούς της Περιφέρειας Πελοποννήσου (Λακωνίας, Μεσσηνίας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας (Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας).

Πίνακας 6 : Κατηγοριοποίηση του μεγέθους των εταιρειών

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ				
	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
Εργαζόμενοι	<10	<50	<250	>250
Κύκλος Εργασιών	<2 εκ. €	<10 εκ. €	<50 εκ. €	≥50 εκ. €
Σύνολο Ενεργητικού	<2 εκ. €	<10 εκ. €	<43 εκ. €	≥43 εκ. €

Προϋποθέσεις για υπαγωγή επενδυτικού σχεδίου στον Αναπτυξιακό

- Έγκριση Περιβαλλοντικών όρων
- Άδεια παραγωγής ή εξαίρεση
- Προσφορά Σύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού με το Δίκτυο
- Πιστοποιητικό ISO κατασκευαστή
- Άδεια εγκατάστασης (για φωτοβολταϊκούς σταθμούς ισχύος >150 kWp)

3.5 Διαδικασίες αδειοδότησης

Μετά την ψήφιση του Ν. 3468/06 και τη δημοσίευση σχετικών υπουργικών αποφάσεων, έχουν αλλάξει οι διαδικασίες για την αδειοδότηση και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Επιχειρούμε παρακάτω μία σύνοψη των διαδικασιών με βάση την ισχύουσα σήμερα νομοθεσία. Θυμίζουμε έως το 2006, τα μόνα νέα έργα που μπορούν να προχωρήσουν ήταν αυτά με ισχύ κάτω των 20 KWp. Καθοριστική παράμετρος για τις ακολουθούμενες διαδικασίες είναι η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος. Έτσι, διακρίνουμε τα συστήματα στις εξής κατηγορίες (Πίνακας 6):

Πίνακας 7: Προβλεπόμενες άδειες που απαιτούνται ανάλογα του έργου

Φωτοβολταϊκά συστήματα μικρότερα των 20 κιλοβάτ (kWp)

ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ	ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ
<ul style="list-style-type: none"> - Άδεια παραγωγής - Άδεια εγκατάστασης - Άδεια λειτουργίας - Εξαιρέση της ΡΑΕ από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής, εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της ΡΑΕ - Άδεια δόμησης - Έγκριση περιβαλλοντικών όρων εφόσον το σύστημα δεν εγκαθίσταται εντός περιοχών NATURA 2000, Εθνικών Δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος 	<ul style="list-style-type: none"> - Σύμβαση σύνδεσης με τη ΔΕΗ (στην οποία ζητείται και έγγραφο καταλληλότητας από την Πολεοδομία) - Σύμβαση αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ (ή ΔΕΗ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά)

Φωτοβολταϊκά συστήματα με ισχύ από 20 έως 150 κιλοβάτ (kWp)

ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ	ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ
<ul style="list-style-type: none"> - Άδεια παραγωγής - Άδεια εγκατάστασης - Άδεια λειτουργίας - Άδεια δόμησης 	<ul style="list-style-type: none"> - Εξαιρέση της ΡΑΕ από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής - Έγκριση περιβαλλοντικών όρων - Σύμβαση σύνδεσης με τη ΔΕΗ - Σύμβαση αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ (ή ΔΕΗ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά)

Φωτοβολταϊκά συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη των 150 kWp

ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ	ΑΠΑΙΤΟΥΝΤΑΙ
<p>- Άδεια δόμησης</p> <p>Δεν απαλλάσσονται από την υποχρέωση έκδοσης οικοδομικής άδειας οι δομικές κατασκευές όπως τα οικήματα στέγασης του εξοπλισμού ελέγχου και των μετασχηματιστών</p>	<p>- Άδεια παραγωγής</p> <p>- Άδεια εγκατάστασης</p> <p>- Άδεια λειτουργίας</p> <p>- Έγκριση περιβαλλοντικών όρων</p> <p>- Σύμβαση αγοροπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας με ΔΕΣΜΗΕ (ή ΔΕΗ για τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά)</p>

Οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί ισχύος έως 500 κιλοβάτ (kWp) χαρακτηρίζονται ως 'μη οχλούσες δραστηριότητες (οι μεγαλύτερης ισχύος είναι χαμηλής όχλησης) σύμφωνα με την ΚΥΑ της 4-11-2004 (Δ6/Φ1/Οικ.19500). Ως εκ τούτου επιτρέπεται η εγκατάστασή τους σε περιοχές εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων, εντός ορίων οικισμών με πληθυσμό μικρότερο των 2.000 κατοίκων ή οικισμών προϋφισταμένων του 1923, καθώς και σε εκτός σχεδίου περιοχές.

- Πρέπει να αποφεύγεται η επιλογή οικοπέδων σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών.(ΣΕΦ)

Έπειτα περιγράφεται σε βήματα η διαδικασία σύνδεσης με τη Δ.Ε.Η για ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας μέχρι 100KW:

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' αριθ. 1 έως και 10 του εντύπου αίτησης,⁽¹⁾ με ταυτόχρονη κατάθεση ποσού 300 € για σταθμούς άνω των 5 kW και έως και 20 kW, και 500 € για σταθμούς άνω των 20 kW και έως και 100 kW.

Βήμα 2: Έγγραφη διατύπωση της ΔΕΗ προς τον ενδιαφερόμενο των τεχνικών και οικονομικών όρων σύνδεσης.

Βήμα 3: Έγγραφη 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 της. Καταβολή της

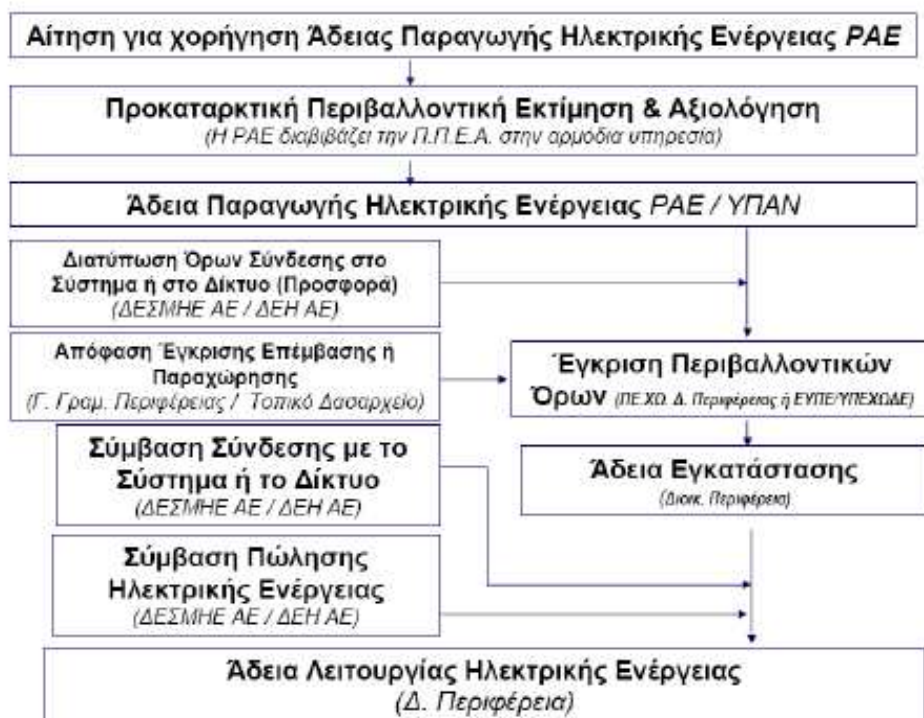
προϋπολογιστικής δαπάνης των έργων σύνδεσης ταυτόχρονα με την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης.

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⁽³⁾ και έχει υπογράψει συμβόλαιο κατανάλωσης ρεύματος.⁽⁴⁾

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 (Σχήμα 21)



Σχήμα 21 : Δομικό διάγραμμα διαδικασίας αδειοδότησης για μεγάλα έργα

3.6 Τεχνικές διευκρινήσεις από την Δ.Ε.Η. :

- Σταθμοί ισχύος μέχρι 100 kW συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης, μέσω μονοφασικής παροχής προκειμένου για ισχύ μέχρι 5 kW και τριφασικής παροχής προκειμένου για ισχύ άνω των 5 kW και μέχρι τα 100 kW.
- Οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας θα πρέπει να είναι οι εξής:

	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Τάση	-20% έως +15% της ονομαστικής	-20% έως +15% της ονομαστικής
Συχνότητα	+/- 0,5 Hz	από 51 Hz έως 47,5 Hz

- Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (THD) του ρεύματος των αντιστροφών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%.
- Εφόσον οι αντιστροφείς 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 αντιστροφών είτε στα πιστοποιητικά τους.

(Στο **παράρτημα Α παρατίθεται** η αίτηση για σύνδεση στη Δ.Ε.Η)

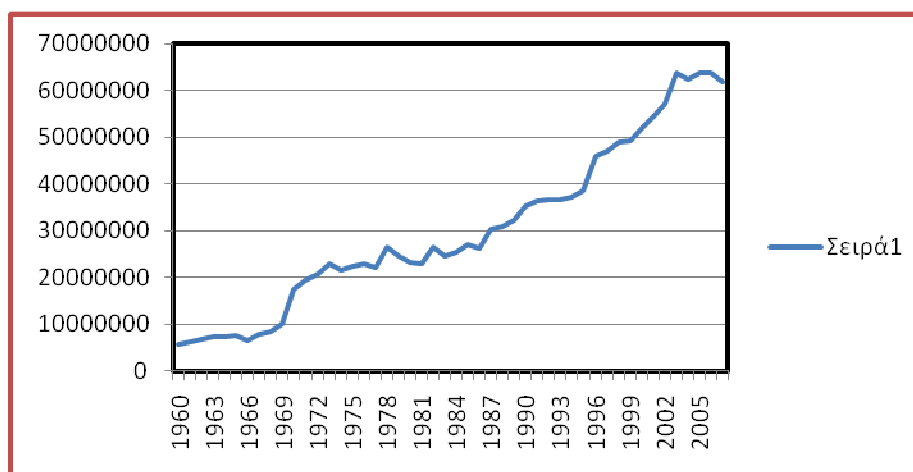
Κεφάλαιο 4: Κατανάλωση ενέργειας σε κτίρια και χρήση φ/β

Η χρήση Φ/Β για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο θεωρείται σημαντική από περιβαλλοντική σκοπιά αλλά όχι πάντα από οικονομική. Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις, για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας. Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Επιπρόσθετα η **ΚΥΑ 4/6/2009** που περιγράφεται στο κεφάλαιο της νομοθεσίας ανοίγει τον δρόμο για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε σπίτια και κτίρια μέσω απλών διαδικασιών αφού απαιτούνται απλώς η προσκόμιση των θεωρημένων από την πολεοδομία σχεδίων (τοπογραφικό, κάτοψη δώματος ή στέγης), καθώς και η έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας.

Στην Ε.Ε. ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της τελικής ενέργειας σε απόλυτες τιμές (40%). Έχει καταγραφεί ότι η θέρμανση των κτιρίων κατέχει σημαντικό μέρος των συνολικών ενεργειακών καταναλώσεών τους (69%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στις Ευρωπαϊκές Βόρειες χώρες όπως η Φινλανδία και η Δανία, όπου οι δριμείς χειμώνες είναι μεγάλης διάρκειας, η θέρμανση κατοικιών ανέρχεται στα 1,5 ΤΠΠ⁵/κατοικία (1997), ενώ στην Ελλάδα το αντίστοιχο ποσό είναι 0,9 ΤΠΠ/κατοικία(τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου). Η μέση κατανάλωση ενέργειας/κατοικία για θέρμανση έχει ελαφρά μειωθεί στην Ε.Ε. από το 1990, ενώ η θεωρητική ειδική κατανάλωση των νέων κατοικιών στην Ε.Ε. είναι κατά 22% μικρότερη από το 1985 (ΚΑΠΕ, 2002). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο οι κατοικίες, όσο και οι ηλεκτρικές συσκευές είναι ενεργειακά πιο αποδοτικές, αν και οι απαιτήσεις σε άνεση είναι αυξημένες. Επί πλέον, υπάρχουν αυστηρότερα κριτήρια ενεργειακής απόδοσης που έχουν θεσπιστεί σε αρκετές χώρες την τελευταία 5ετία. Στην Ελλάδα, χώρα Μεσογειακή με πολύ λιγότερες απαιτήσεις σε θέρμανση κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής

⁵ 1ΤΠΠ =11630 kWh (Τόνοι Ισοδύναμου Πετρελαίου)

ενεργειακής κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου (ΚΑΠΕ, 2005). Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρικό ρεύμα και 18% καυσόξυλα. Σε αντίθεση με το σύνολο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στην Ελλάδα η κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια παρουσιάζει αυξητική τάση (ΚΑΠΕ, 2005). Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα εμφανής στον κτιριακό τομέα, ο οποίος καλύπτει το 36% περίπου της συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 7%. Επιπλέον, τα κτίρια ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), βασικού αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου(Σχήμα 22).



Σχήμα 22 : Κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα σε MWh

Με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια 1 m² μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 kW. Η ενέργεια η οποία προσπίπτει συνολικά σε ένα έτος σε μια επιφάνεια εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση και το προσανατολισμό της επιφάνειας. Για τη περιοχή της Αθήνας, η τιμή της ετήσιας ενέργειας που προσπίπτει σε μια οριζόντια επιφάνεια 1 m² κυμαίνεται περίπου στις 1.500 kWh. Με δεδομένο ότι τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν στην αγορά

μετατρέπουν περίπου το 11% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, ένα πλαίσιο επιφάνειας 1 m² παράγει περίπου 110 Wp.

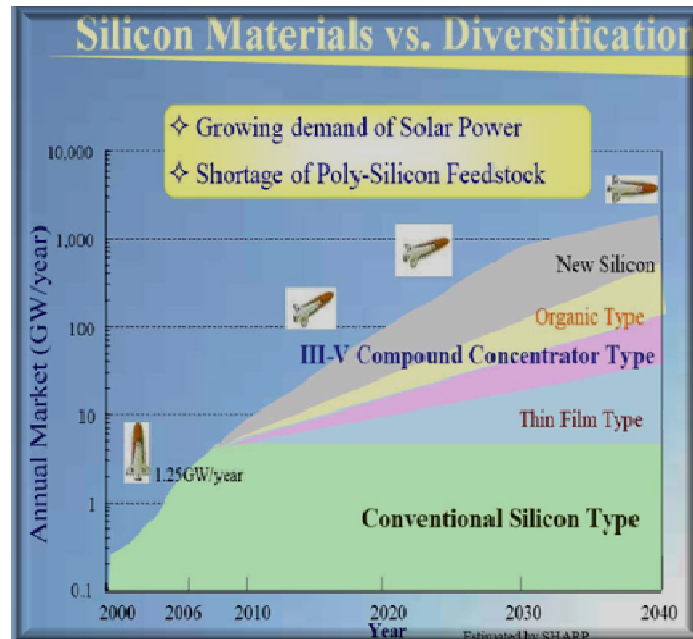
4.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ΦΒ

Βασικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας των Φ/Β είναι η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο σημείο χρήσης. Άλλα πλεονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- μηδενική ρύπανση της ατμόσφαιρας,
- μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (πάνω από 25 χρόνια)
- αθόρυβη λειτουργία,
- μηδαμινό κόστος συντήρησης και λειτουργίας,
- δυνατότητα ενσωμάτωσης τους σε οροφές, προσόψεις κτιρίων ως κύρια δομικά στοιχεία,
- δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ενεργειακές απαιτήσεις.

Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί έντονο ενδιαφέρον για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων ενσωματωμένων σε κτίρια. Στις εφαρμογές αυτές τα Φ/Β συστήματα εγκαθίστανται σε κτίρια για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενώ συγχρόνως τα Φ/Β πλαίσια χρησιμοποιούνται και σαν δομικά στοιχεία για τη κάλυψη εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου, όπως π.χ. σε οροφές, προσόψεις, σκίαστρα κλπ. Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν ομοίως και σε κατασκευές του ευρύτερου οικιστικού περιβάλλοντος, όπως σε υπαίθρια πάρκινγκ, στέγαστρα, ηχοπετάσματα κλπ. Τα οφέλη από τη μεγάλης κλίμακας εφαρμογή των Φ/Β σε κτίρια είναι πολλαπλά. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β είναι η μόνη τεχνολογία που μπορεί να εφαρμοσθεί σε αστικό περιβάλλον με μηδενική ρύπανση. Η παραγωγή των Φ/Β προκύπτει κατά τις ώρες αιχμής της ζήτησης, υποστηρίζοντας το σύστημα παραγωγής ενέργειας σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής. Λόγω δε της κατανεμημένης παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα σημεία ζήτησης μειώνονται οι απώλειες στο σύστημα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος των Φ/Β πλαισίων αποτελούσε το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την ευρεία εξάπλωση της Φ/Β τεχνολογίας. Παρόλα αυτά, το κόστος του εξοπλισμού για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων μειώνεται ως αποτέλεσμα της αύξησης του μεγέθους της παγκόσμιας αγοράς που

επιτρέπει την εφαρμογή οικονομικών κλίμακας στα εργοστάσια παραγωγής (σχήμα 23,24). Με λίγα λόγια η αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης οδηγεί στη μείωση του κόστους για αυτόν ακριβώς τον λόγο τα Φ/Β αποτελούν τη πλέον ενδεδειγμένη, τεχνικά αξιόπιστη και οικονομικά αποδεκτή λύση.



Σχήμα 23: Πτώση των τιμών των Φ/Β λόγω μαζικής παραγωγής για τα επόμενα 30 χρόνια



Σχήμα 24: Εξέλιξη της αγοράς Φβ στην Ελλάδα

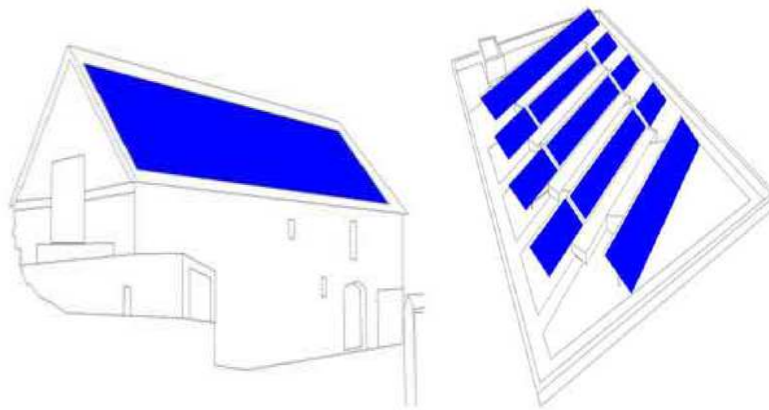
Πίνακας 8: Ρυθμός ανάπτυξης των ΦΒ άνω του 50%

Προοπτικές της Βιομηχανίας Φωτοβολταϊκών					
	2006	2007	2008	2009	2010
Παραγωγή(GW)	2,6	4,0	6,1	10,2	15,1
Ετήσιος Ρυθμός Ανάπτυξης	58%	53%	54%	66%	48%
Μέση τιμή Εγκατεστημένου ΦΒ	6,0	5,8	5,4	5,1	4,8

4.2 Χρήση των ΦΒ ως Δομικά Στοιχεία και η ενσωμάτωση σε κτίρια (BIPV)

Το κύριο όφελος για τον εγκαταστάτη Φ/Β σε κτίρια είναι η χρήση των Φ/Β και σαν δομικά στοιχεία τα οποία αντικαθιστούν άλλα υλικά της εξωτερικής επιφάνειας των κτιρίων και τα οποία πολλές φορές έχουν σημαντικό κόστος, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη προσόψεων των κτιρίων. Η εξοικονόμηση που προκύπτει από την αποφυγή αυτού του κόστους καθιστά οικονομικότερη τη χρήση των Φ/Β. Οι κυριότερες εφαρμογές ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια είναι:

- η κάλυψη ολόκληρης η μέρους της οροφής του κτιρίου
- η χρήση τους σε υάλινες προσόψεις του κτιρίου
- η χρήση τους σε επιφάνειες προστασίας από καιρικές συνθήκες όπως στέγαστρα, σκίαστρα.



Στις εφαρμογές πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό ώστε τα Φ/Β πλαίσια να δένουν αισθητικά με την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Κατά τη φάση της σχεδίασης του Φ/Β συστήματος απαιτείται πλέον και η ενεργός συμμετοχή των αρχιτεκτόνων, ώστε να συνδυασθεί η τεχνική λύση με αποτελέσματα που πληρούν τους όρους της αισθητικής.

Για εγκατάσταση Φ/Β πλαισίων σε υπάρχουσες κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κοινά πλαίσια με το πλαίσιο αλουμινίου που διαθέτουν. Σε αυτήν τη περίπτωση απαιτείται μια πρόσθετη ενδιάμεση κατασκευή πάνω στην οποία θα πρέπει να τοποθετηθούν τα Φ/Β πλαίσια. Για εφαρμογές Φ/Β συστημάτων σε νέα κτίρια είναι προτιμότερα τα πλαίσια χωρίς το πλαίσιο αλουμινίου (τύπου 'laminate') τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωσή τους σαν δομικές επιφάνειες του κτιρίου. Η στήριξη των πλαισίων μπορεί να γίνει με ειδικά σχεδιασμένα υλικά ή με τυποποιημένα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αγορά για τη στήριξη υαλοπινάκων. Επίσης πολλές κατασκευάστριες εταιρείες μπορούν να παράγουν Φ/Β κατά παραγγελία σε συγκεκριμένες διαστάσεις ή ακόμα και σε διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα. Για εφαρμογές ενσωμάτωσης Φ/Β πλαισίων σε κτίρια διατίθενται και πλαίσια διαφόρων χρωμάτων και βαθμού διαφάνειας, σε βάρος όμως της απόδοσης. Επίσης οι κατασκευαστές διαθέτουν και ειδικά προϊόντα όπως Φ/Β πλαίσια που μπορούν να αντικαταστήσουν απευθείας κεραμίδια, ή άλλα συμβατικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη οροφών (ΚΑΠΕ 2002).

4.3 Πλεονεκτήματα της χρήσης ΦΒ ως δομικά στοιχεία (BIPV)

Μπορούμε να διακρίνουμε μια σειρά από πλεονεκτήματα που εμφανίζονται με την εγκατάσταση ΦΒ συστημάτων σε κτίρια τα οποία είναι:

- Άμεση παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στον τόπο της ζήτησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών που προκύπτουν λόγω μεταφοράς.
- Αντικατάσταση των συμβατικών οικοδομικών υλικών. Τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να αντικαταστήσουν συμβατικά οικοδομικά υλικά με επιπρόσθετο οικονομικό όφελος την μείωση του κόστους ενσωμάτωσής τους
- Ενσωμάτωση σε υπάρχουσες επιφάνειες του κτιρίου χωρίς την απαίτηση επιπλέον γης. Άρα μπορούμε να τα εφαρμόσουμε σε πυκνοκατοικημένες περιοχές.
- Είναι ικανά να καλύψουν αν όχι ολόκληρο τότε μεγάλο μέρος της ηλεκτρικής κατανάλωσης.
- Ο έλεγχος και η συντήρηση της ΦΒ εγκατάστασης είναι εφικτό να ενσωματωθεί με τον έλεγχο και την συντήρηση του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.
- Σε συνδυασμό με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κυρίως στην ανέγερση νέου κτιρίου μπορεί να συμβάλλει στην περαιτέρω μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος.
- Μπορεί να συμβάλλει στην βελτίωση της αισθητικής του κτιρίου με καινοτόμο τρόπο.

Ως μειονέκτημα θα μπορούσε κανείς να καταλογίσει κανείς στα φωτοβολταϊκά συστήματα το οικονομικό τους κόστος, το οποίο παρά τις τεχνολογικές εξελίξεις παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό. Μια γενική ενδεικτική τιμή είναι 6.000€ ανά εγκατεστημένο KW ηλεκτρικής ισχύος. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι μια τυπική οικιακή κατανάλωση απαιτεί από 1,5 - 3 KW, το κόστος της εγκατάστασης δεν είναι αμελητέο. Το ποσό αυτό μπορεί να αποσβεστεί σε περίπου 5-6 χρόνια και το Φ/Β σύστημα θα συνεχίσει να παράγει δωρεάν ενέργεια για τουλάχιστον άλλα 25 χρόνια (Φραγκιαδάκης 2007).

Προσανατολισμός

Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέψει την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό είναι επιθυμητό και στις εφαρμογές των Φ/Β σε κτίρια, παρόλα' αυτά αυτό δεν είναι συνήθως δυνατό καθόσον υπάρχουν περιορισμοί από τις δεδομένες επιφάνειες του κτιρίου. Έτσι δεν γίνεται πάντα η βέλτιστη εκμετάλλευση ηλιακής ακτινοβολίας, όμως οι απώλειες από το μη σωστό προσανατολισμό μπορούν να μην είναι τόσο σημαντικές, σε σχέση με τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση των πλαισίων σε αντικατάσταση άλλων δομικών στοιχείων του κτιρίου. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα, κυρίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος. Σε περιπτώσεις δε που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα Φ/Β πλαίσια, συνιστάται η σύνδεση των Φ/Β πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας. Σε μια συστοιχία με μη ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας η σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με τη μικρότερη απόδοση (ΚΑΠΕ 2002).

Ηλεκτρική σύνδεση

Η έξοδος της Φ/Β συστοιχίας συνδέεται μέσω κατάλληλων μετατροπέων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από το Φ/Β σύστημα μπορεί να χρησιμοποιείται είτε για τη κάλυψη μέρους των αναγκών του κτιρίου ενώ οι υπόλοιπες καλύπτονται από το ηλεκτρικό δίκτυο, είτε να πουλά συνολικά το ρεύμα που παράγει στην ΔΕΗ και να χρησιμοποιεί για τις ανάγκες του το παρεχόμενο ηλεκτρικό ρεύμα του δικτύου. Η συνολική πώληση του παραγόμενου ρεύματος στην ΔΕΗ είναι αυτή που προφανώς ένας παραγωγός θα προτιμήσει αφού η τιμή πώλησης του παραγόμενου ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στο δίκτυο είναι υψηλότερη από την τιμή με την οποία χρεώνεται το ηλεκτρικό ρεύμα από το δίκτυο. Για τη σύνδεση των Φ/Β συστοιχιών με το ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιούνται μετατροπείς οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα Φ/Β σε εναλλασσόμενο. Η υψηλή

τεχνολογία των μετατροπέων επιτρέπει τη παροχή ηλεκτρικής ισχύος εξόδου υψηλής ποιότητας, ενώ για λόγους ασφαλείας του δικτύου διακόπτουν τη λειτουργία τους σε περίπτωση που διακόπτεται η παροχή του δικτύου.

4.4 Η παρούσα κατάσταση και οι εφαρμογές στον Ελλαδικό χώρο

Από τα στοιχεία προκύπτει ότι στον τομέα της εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είμαστε από τις τελευταίες χώρες, παρόλο ότι η φύση μας έχει χαρίσει άφθονες τις ακτίνες του ήλιου. Η Ελλάδα είναι η πιο ηλιόλουστη χώρα της Ε.Ε. Η μέση ηλιακή ενέργεια που δέχεται σε μια μέρα ανέρχεται στις 578.000.000KWh περίπου, που αντιστοιχούν σε ενέργεια 51.150.000 T.I.Π. Αν οι ανάγκες της χώρας μας σε ενέργεια ήταν 18.000.000 T.I Π το χρόνο, και στην περίπτωση που μπορούσε να δεσμευτεί η ηλιακή ενέργεια μιας μέρας θα κάλυπτε την Ελλάδα ενεργειακά για τρία περίπου χρόνια (Δημόπουλος,1993).

Ως προς την ηλιοθερμική ενέργεια η Ελλάδα ήταν πρωτοπόρος χώρα στην Ευρώπη τις τελευταίες δεκαετίες με περίπου ένα εκατομμύριο εγκατεστημένους ηλιακούς θερμοσίφωνες, που συμβάλλουν σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος, αξιοποιώντας το ανεξάντλητο ηλιακό δυναμικό. Τώρα μένει να γίνει το ίδιο και ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ελληνική αγορά σχετικά με τα Φ/Β συστήματα βρίσκεται σε εμβρυακή φάση. Η δυναμικότητα των Φ/Β συστημάτων θα μπορούσαν να καλύψουν το 25-30% των εσωτερικών αναγκών. Οι προϋποθέσεις μάλιστα για τα Φ/Β συστήματα είναι ακόμα καλύτερες, αφού τα Φ/Β συστήματα παρουσιάζουν την μέγιστη παραγωγή ακριβώς εκείνες τις ώρες της ημέρας που και η κατανάλωση (ζήτηση) φτάνει στο μέγιστο και η ΔΕΗ ζητά από όλους τους καταναλωτές να περιορίσουν τη ζήτηση ή αναγκάζεται να κάνει περικοπές (ελεγχόμενα blackout).

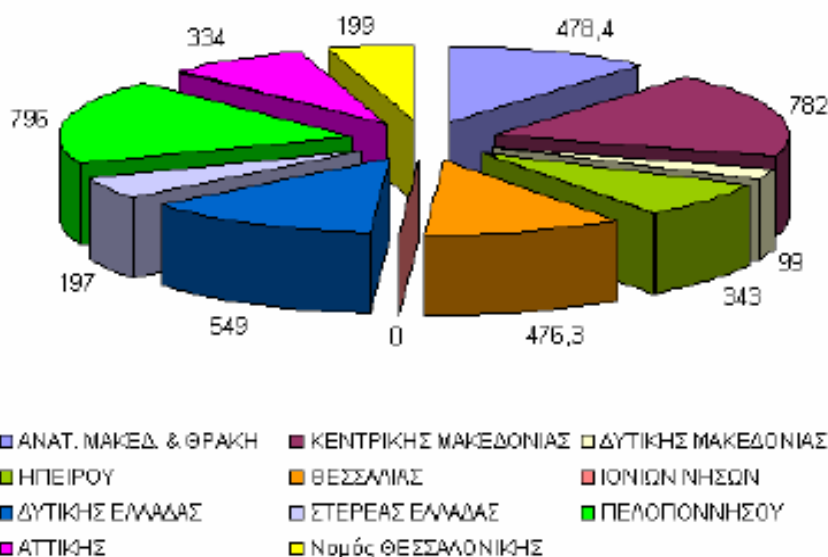
Στην Ελλάδα έχουν ληφθεί διάφορα νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για την προώθηση των ΑΠΕ. Αφού δημιουργήθηκε ελεύθερη αγορά στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας έτσι ώστε ο καταναλωτής να έχει την δυνατότητα να επιλέξει τον προμηθευτή του. Και βέβαια οι νέοι παραγωγοί να ανταγωνιστούν τη ΔΕΗ, που ως σήμερα ήταν η μόνη παραγωγός. Σύμφωνα με στοιχεία της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ), έως

και τα τέλη Ιανουαρίου είχαν υποβληθεί προτάσεις συνολικής ισχύος 3.430 MW, ενώ η συνολική ισχύς το 2007 βάσει στατιστικών δεδομένων του Συνδέσμου Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) δεν ξεπέρασε τα 2,5 MW. Αιτία οι γραφειοκρατικές αγκυλώσεις, οι διφορούμενες ερμηνείες νόμων και εγκυκλίων, καθώς και η έλλειψη πολεοδομικού και χωροταξικού σχεδιασμού για φωτοβολταϊκά συστήματα. Η αγορά 49 χρειάζεται σαφείς και ξεκάθαρους κανόνες που να εγγυώνται ένα ασφαλές επενδυτικό περιβάλλον και μια υγιή ανάπτυξη τόσο για τον οικιακό και μικρό εμπορικό τομέα όσο και για μεγαλύτερες επενδύσεις σε φωτοβολταϊκά πάρκα. Όπως διαφέρουν οι τοπικές συνθήκες και τα τοπικά χαρακτηριστικά ως προς την διαθεσιμότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κάθε περιοχή της Ελλάδας, έτσι διαφέρει φυσικά και το στάδιο αναπτύξεως των αντίστοιχων τεχνολογιών για τη χρήση τους, το φάσμα των δυνατών εφαρμογών τους, και το είδος των χρηστών που ενδιαφέρονται σε κάθε περιοχή, ή μπορεί να ενδιαφερθούν για τη χρήση των διαθέσιμων τεχνολογιών εφαρμογής. Οι διαφορές αυτές αντικατοπτρίζονται στην πολιτική που έχουν ακολουθήσει η Ελλάδα, και στα μέτρα που έχει λάβει, για την ανάπτυξη και εξάπλωση των ΑΠΕ. Παρουσιάζουν κι αυτές πολλές διαφορές, και συχνά αποκαλύπτουν διαφορετικές εκτιμήσεις ή προκαταλήψεις ακόμα και σε εθνικό επίπεδο. Γενικά, η βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη σημασία που αποδίδεται στις ΑΠΕ στην Ελλάδα κυμαίνεται από μικρή έως πολύ μεγάλη, ανάλογα με τους εξής παράγοντες:

- τη μέχρι σήμερα χρήση των ΑΠΕ
- το δυναμικό των εγχώριων ΑΠΕ
- την εξάρτηση από εισαγόμενα καύσιμα, ιδίως το πετρέλαιο,
- την ύπαρξη εγχώριων καυσίμων,
- την βαρύτητα που δίνουν στην προστασία του περιβάλλοντος και
- την ενεργειακή πολιτική της χώρας

Το φαινόμενο ότι οι ΑΠΕ δεν έχουν καλύψει μεγάλο ποσοστό στο ενεργειακό ισοζύγιο αυτό οφείλεται ότι η χρήση τους δεν είναι ούτε απλή τεχνικά, ούτε φθηνή οικονομικά. Η ελληνική αγορά φωτοβολταϊκών βρίσκεται ακόμα σε εμβρυακό στάδιο (μόλις 9.2 MW) και μέχρι πρόσφατα περιελάμβανε κυρίως αυτόνομα συστήματα εγκατεστημένα σε αγροτικές περιοχές και νησιά (όπου παρατηρούνται τα υψηλότερα επίπεδα ηλιοφάνειας). Μάλιστα, οι διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις ξεπέρασαν τα αυτόνομα

συστήματα σε όρους εγκατεστημένης ισχύος για πρώτη φορά μόλις το 2007 (Κλαδική μελέτη ΕΤΕ, 2008). Υπάρχει σήμερα γενική αναγνώριση ότι η καλύτερη προοπτική για τη χρήση των Φ/Β στο σύντομο μέλλον είναι σε μικρά και αποκεντρωμένα ενεργειακά συστήματα παρά σε μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Τέτοια μικρά συστήματα έχουν ιδιαίτερη σημασία για την Ελλάδα, όπου τα νησιά αποτελούν φυσικά αποκεντρωμένους χρήστες ενέργειας(Σχήμα 25). Η χώρα μας συγκαταλέγεται μεταξύ των χωρών υψηλής ακτινοβολίας. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα στην εφαρμογή Φ/Β για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αξιοθαύμαστο είναι το γεγονός ότι στη Γερμανία, χώρα με πολύ μικρότερη ηλιοφάνεια από αυτή της Ελλάδας, έχουν εγκατασταθεί φωτοβολταϊκά πάρκα συνολικής ισχύος 3.834 MW.



Σχήμα 25: Κατανομή ισχύος ΦΒ σταθμών σε λειτουργία ανά διοικητική περιφέρεια

Σήμερα σε απομακρυσμένες περιοχές συναντάμε μικρά φωτοβολταϊκά συστήματα. Η εφαρμογή αυτή είναι οικονομική σήμερα και έχει ήδη τύχει εμπορικής εκμεταλλεύσεως, π.χ για σταθμούς ενισχύσεως σημάτων, τροφοδοσία μικρών φορητών ηλεκτρονικών συσκευών, ηλεκτρική τροφοδοσία σε σημαδούρες, η για τροφοδοσία συσκευών επικοινωνίας και φωτισμού σε καταλύματα που χρησιμοποιούνται μόνο για περιορισμένο χρονικό διάστημα. Σε τέτοιες εφαρμογές, συχνά ο φωτοβολταϊκός είναι ο μόνος δυνατός τρόπος ηλεκτροδοτήσεως.

Η έλλειψη κρατικών επιδοτήσεων για εγκαταστάσεις επιδείξεως τεχνολογιών ΑΠΕ είναι επίσης σοβαρός περιοριστικός παράγοντας. Παθητικά ηλιακά συστήματα για κατοικίες, εφόσον για την απόσβεση των επενδύσεων θεωρηθεί επιτρεπτή περίοδος 30 ετών, μπορούν να είναι οικονομικά βιώσιμα, με την προϋπόθεση ότι θα γίνει σοβαρή ενημέρωση των αρχιτεκτονικών και κατασκευαστικών γραφείων. Τα συστήματα αυτά βασίζονται κυρίως στον κατάλληλο σχεδιασμό, και όχι σε πρόσθετες κατασκευές, ώστε η βέλτιστη χρησιμοποίηση τους γίνεται κατά τον σχεδιασμό νέων κατοικιών. Φωτοβολταϊκά συστήματα, από μικρής έως μεγάλης κλίμακας, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται σήμερα σε λειτουργία στον ελλαδικό χώρο, τα οποία έχουν χρηματοδοτηθεί από κοινοτικά προγράμματα. Υπάρχουν βέβαια πολλές απομακρυσμένες εφαρμογές στο χώρο στην Ελλάδα (νησιά, ορεινά καταφύγια) όπου φωτοβολταϊκά συστήματα αρκετών KW παρέχουν, όχι μόνο τη δυνατότητα αξιόπιστης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και τη δυνατότητα να είναι οικονομικά ανταγωνιστικά, αν ληφθούν υπόψιν όλα τα ειδικά πλεονεκτήματα και δαπάνες.

Η Ελλάδα παρουσιάζει αξιοσημείωτες προϋποθέσεις, σχετικά με την ανάπτυξη και εφαρμογή Φ/Β συστημάτων για τους εξής λόγους: α) Υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας όλον τον χρόνο, ιδιαίτερα στις νησιωτικές περιοχές, με μέση ημερήσια τιμή 4.9-5.2 kWh/m² κατά την διάρκεια του έτους. β) Χρήση συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (πετρελαιογεννήτριες) σε νησιωτικές περιοχές, με υψηλό κόστος συντήρησης, ρύπανση του περιβάλλοντος και ηχορύπανση. γ) Ύπαρξη πολλών νησιωτικών ή άλλων απομακρυσμένων περιοχών που χαρακτηρίζονται από έλλειψη ηλεκτρικού δικτύου ή ως περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές (αρχαιολογικοί χώροι κλπ). δ) Αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας την περίοδο με τη μεγαλύτερη ζήτηση (καλοκαίρι) (ΥΠΑΝ).

Θα ήταν παράλειψη αν δεν αναφερόταν το παράδειγμα του ηλιακού χωριού της Πεύκης. Πρόκειται για ένα οικιστικό συγκρότημα 435 «ηλιακών κατοικιών». Ο σχεδιασμός και η ανέγερση του Ηλιακού Χωριού έγιναν με τη συνεργασία του ΥΒΕΤ (σημερινού Υπουργείου Ανάπτυξης), του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας (ΟΕΚ) και του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας της Ομοσπονδιακής Γερμανίας. Το έργο κατασκευάστηκε το 1984. Στο έργο υλοποιήθηκε η πειραματική εφαρμογή ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων προηγμένης τεχνολογίας για παροχή θέρμανσης

και ζεστού νερού για οικιακή χρήση, με κύριο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Εκτός από την μεγάλη ποικιλία ηλιακών συστημάτων, ο οικισμός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας (Δημοπούλου Φιλίππα, 1993 και www.cres.gr). Ένα έργο τόσο συμβολικό για την εξοικονόμηση ενέργειας, ένα έργο όμως τόσο λησμονικό. Λησμονικό από την έννοια ότι ήταν πρωτοποριακό για το έτος 1984 αλλά και μοναδικό στην ύπαρξη δίχως όμως συνέχεια.

Κεφάλαιο 5 : Μελέτη σε μονοκατοικία

5.1 Σχεδιασμός και μεθοδολογία

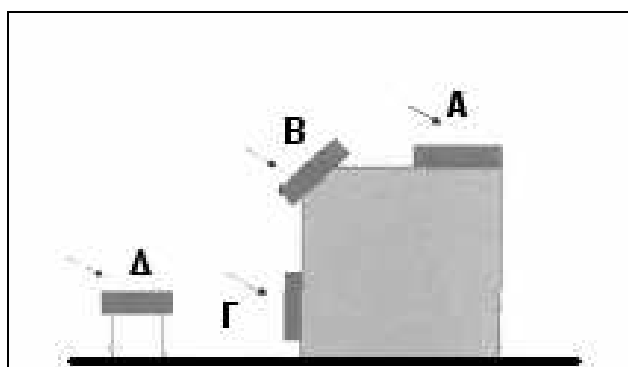
Για τη διαστασιολόγηση οποιουδήποτε ενεργειακού συστήματος απαιτείται αρχικά αποσαφήνιση των παραγόντων που διέπουν το χώρο εγκατάστασης, τις ενεργειακές ανάγκες, καθώς και τις απαιτήσεις του φορέα που θα το αξιοποιεί (Ayoub et al., 2001). Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα εξεταστεί η περίπτωση εγκατάστασης ΦΒ συστήματος σε μία υπάρχουσα μονοκατοικία στην περιοχή της Θράκης και συγκεκριμένα στην Ξάνθη.

Επομένως, αρχικά αναζητήθηκαν τα παρακάτω στοιχεία:

1. Κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής, όσον αφορά σε ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και μέση ετήσια θερμοκρασία.
2. Συνολική ενεργειακή κατανάλωση και απαιτήσεις μερικής ή ολικής ενεργειακής κάλυψης.
3. Είδος Φ/Β συστήματος (διασυνδεδεμένο ή αυτόνομο).
4. Βέλτιστη κλίση των Φ/Β στοιχείων για την επίτευξη μέγιστης παραγωγής ενεργειακού ποσού.
5. Συνολική ισχύς του συστήματος, ανάλογα με επιφάνεια και απόδοση των Φ/Β γεννητριών.
6. Είδος και αριθμός αντιστροφών, συστημάτων ελέγχου, καρτών επικοινωνίας μεταξύ τους, καθώς και των μεταλλικών υδατοστεγών βάσεων για τη στήριξη του συστήματος στην οροφή της μονοκατοικίας.
7. Τιμολόγηση παραγόμενης KWh.

Η συνολική ενέργεια που παράγεται από ΦΒ συστήματα εξαρτάται αρχικά από την συνολική ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει σε δεδομένη επιφάνεια. Αντίστοιχα στην περίπτωση των ενσωματωμένων σε ένα κτίριο ΦΒ

συστημάτων η συνολική απολαβή ηλεκτρικής ενέργειας, για συγκεκριμένα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής εξαρτάται με την σειρά της από τον προσανατολισμό του κτιρίου καθώς και από την συνολική επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων που υπάρχουν εγκατεστημένα στην επιφάνεια του. Ο τρόπος ενσωμάτωσης ΦΒ συστημάτων σε κτίρια αναφέρεται κυρίως στην ενσωμάτωση των ΦΒ πλαισίων στις επιφάνειες ενός κτιρίου. Δηλαδή στις όψεις, στο δώμα ή στην σκεπή (Σχήμα 26). Επίσης συμπεριλαμβάνονται και ενδεχόμενες κεκλιμένες επιφάνειες οι οποίες μπορούν να συνυπολογιστούν. Στην παρούσα μελέτη θα γίνει εγκατάσταση ΦΒ πάνελ στην σκεπή της μονοκατοικίας



Σχήμα 26 : Διαθέσιμες επιφάνειες κτιρίου

Παρακάτω εξετάζεται η μελέτη εγκατάστασης και προσαρμογής ΦΒ συστήματος σε μονοκατοικία στην περιοχή της Ξάνθης και συγκεκριμένα στην συνοικία Χρύσα-Ξάνθης (Σχήμα 27). Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της οποίας βρίσκονται με την χρήση του Google Earth, έτσι προκύπτει:

Γεωγραφικό πλάτος : $41^{\circ}7'50''$ North

Γεωγραφικό Μήκος : $24^{\circ}51'52''$ East

Υψόμετρο : 181 m



Σχήμα 27: Τοποθεσία οικίας από δορυφορική λήψη (Google Earth)

5.2 Κλιματολογικά δεδομένα-Χρήση PVGIS

Για την λήψη των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής γίνεται χρήση του PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Το PVGIS είναι ένα ερευνητικό εργαλείο το οποίο αποτιμώντας τα γεωγραφικά δεδομένα και επεξεργαζόμενο την ηλιακή ακτινοβολία παραθέτει κάποιες αναλύσεις. Το PVGIS συνδυάζει την εμπειρία εργαστηριακών ερευνών, έλεγχου και δοκιμών, συμπεριλαμβανομένης της γεωγραφίας του τόπου, ώστε να μπορεί να προβεί στην ανάλυση τεχνικών σχετικά με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία. Το PVGIS είναι μέρος του SOLAREC το οποίο με την σειρά του ανήκει στο JRC Renewable Energies Unit (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>).

Η βάση δεδομένων του PVGIS περιλαμβάνει τις ακόλουθες γεωγραφικές ζώνες: Την ηπειρωτική Ευρώπη, το λεκανοπέδιο της Μεσογείου, την Βόρεια Αφρική καθώς και την Δυτική Ασία. Τα στοιχεία τα οποία μπορούμε να αντλήσουμε από το PVGIS για την ηπειρωτική Ευρώπη είναι:

Γεωγραφικά δεδομένα,

Χωροταξικά κλιματολογικά δεδομένα: Παρέχει συνεχώς ανανεώσιμες ενδείξεις μηνιαίων και ετήσιων δεδομένων όπως:

- Ημερήσια μέση παγκόσμια ακτινοβολία [Wh/m^2]
- Ημερήσια καταγραφή και ένδειξη της ατμοσφαιρικής σκίασης
- Αναλογία διαχεόμενης ηλιακής ακτινοβολίας
- Βέλτιστη κλίση των ΦΒ πάνελ για βέλτιστη απόδοση τους

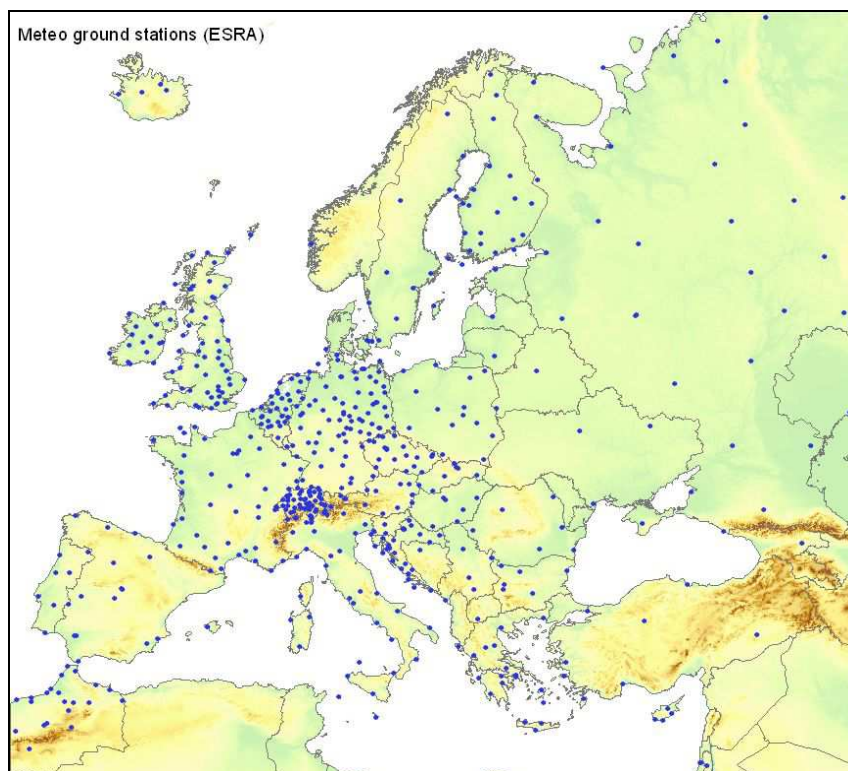
Καθώς και τις μέσες τιμές ανά περιοχή ανά έτος :

- Μέση τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας (οριζόντια ,κάθετη)
- Μέση τιμή της προβλεπόμενης ηλεκτρικής απόδοσης
- Βέλτιστη κλίση των Φβ πλαισίων για βέλτιστη απόδοση

Όσον αφορά την ηπειρωτική Ευρώπη τα πλέον σύγχρονα δεδομένα χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν την βάση δεδομένων και πιο συγκεκριμένα:

Μηνιαίες μέσες τιμές καθημερινών αναλύσεων βέλτιστης και διαχεόμενης ακτινοβολίας οι οποίες συλλέγονται από 566 μετεωρολογικούς σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται διασκορπισμένοι στην υφήλιο (Σχήμα 28).

Οι μέσες τιμές αναπαριστούν τα δεδομένα της περιόδου 1981-1990 τα οποία συλλέχθηκαν με το project ESRA (European Solar Radiation Atlas)



Σχήμα 28: Επίγειοι μετεωρολογικοί σταθμοί συλλογής στοιχείων

Τα στοιχεία για την Ελλάδα και συγκεκριμένα για την περιφέρεια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης για την ακτινοβολία, την εκτιμώμενη ηλεκτρική παραγωγή καθώς και την κατάλληλη κλίση των φωτοβολταϊκών που το PVGIS δίνει είναι τα παρακάτω:

Country: **Greece**

Region name: **Anatoliki Makedonia, Thraki**

Total area (km²) 14191.0

Urban area (km²) 137.0

Yearly global irradiation (kWh/m²)

	horizontal	vertical	optimal
minimum	1317	944	1471
average	1353	960	1510
maximum	1412	991	1574

Yearly PV power (kWh/1kWp)

	horizontal	vertical	optimal
minimum	978	703	1089
average	1002	719	1115
maximum	1045	742	1162

Optimum inclination angle of PV modules (deg.)

	Angle
minimum	30
average	31
maximum	32

Μέθοδοι και εργαλεία του GIS

Η Βάση δεδομένων αναπτύχθηκε με την χρήση προγραμμάτων ενταγμένα στο GIS όπως το GRASS και βασικά με το μοντέλο ηλιακής ακτινοβολίας [r.sun](#) αλλά και τα [s.surf.rst](#) και [s.vol.rst](#). Η βάση δεδομένων συγκροτήθηκε σε τρία βήματα:

1. Υπολογισμός της ακτινοβολίας στην Γη υπό καθαρό ουρανό σε οριζόντιο επίπεδο
2. Χρήση των στοιχείων από τους επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς.
3. Υπολογισμός της ακτινοβολίας που διαχέεται στην ατμόσφαιρα και συνυπολογισμός των εδαφικών ιδιαιτεροτήτων (φαινόμενα σκίασης από φυσικούς λόφους κλπ) στους χάρτες σε κεκλιμένο επίπεδο.

Η χρήση του PVGIS για την προμελέτη της ΦΒ εγκατάστασης έγινε αφού πρώτα ελέγχθηκαν τα αποτελέσματα που το PVGIS έδινε σε σύγκριση με πειραματικά αποτελέσματα τα οποία δόθηκαν από το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης Για την περιοχή της Ξάνθης.

Σύγκριση δεδομένων PVGIS με πειραματικά δεδομένα του ΔΠΘ :

Το πειραματικό σύστημα είναι εγκατεστημένο στην περιοχή Κιμμέρια της Ξάνθης, περίπου 4 km ανατολικά της πόλης της Ξάνθης, σε χώρο της Πολυτεχνικής Σχολής του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Η εγκατάσταση αποτελείται από οκτώ φωτοβολταϊκά πάνελ άμορφου πυριτίου επιφάνειας 0,8 m² το καθένα (συνολική επιφάνεια

6,4 m²), τοποθετημένα ως προς το νότο με γωνία 45°. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ είναι προσαρμοσμένα σε ένα οικίσκο με δίρριχτη στέγη και ανοίγματα προς το νότο και την ανατολή.

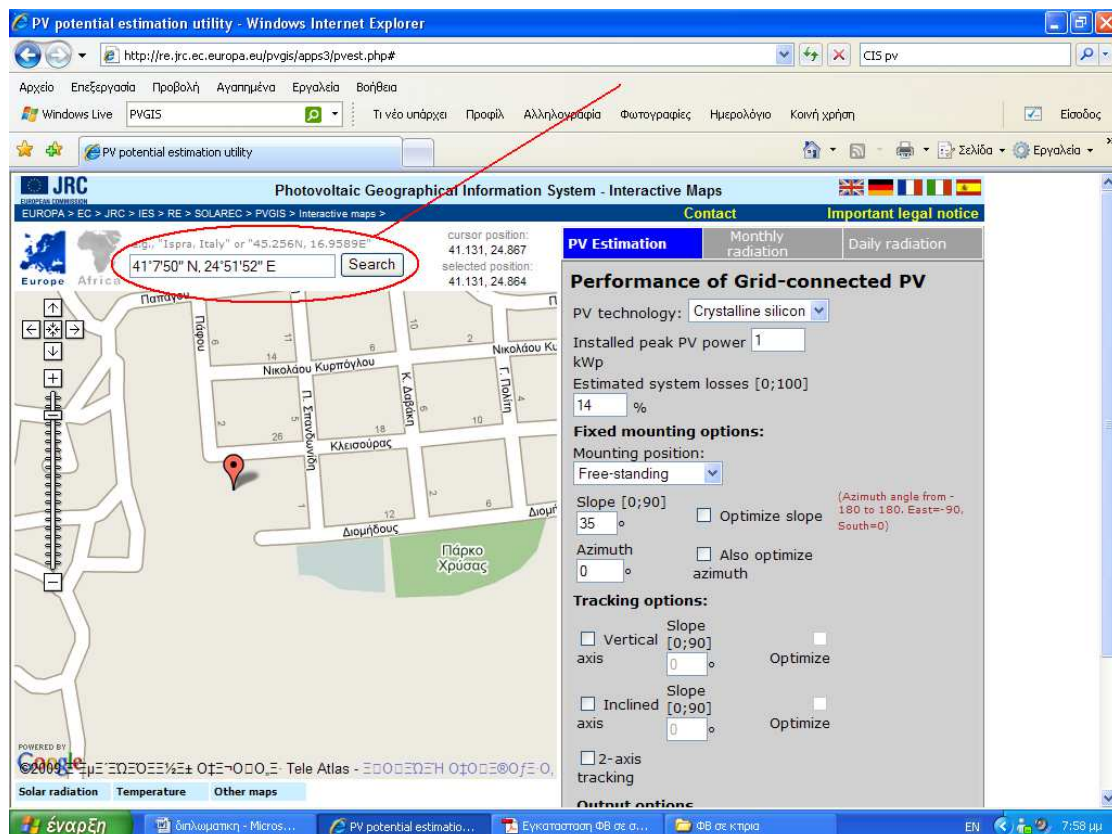
Μήνες	Παραγόμενη μηνιαία ενέργεια (KWh) από το πειραματικό σύστημα
Νοέμβριος (2003)	6,19
Δεκέμβριος (2003)	2,94
Ιανουάριος (2004)	4,14
Φεβρουάριος (2004)	5,37
Μάρτιος (2004)	7,9
Απρίλιος (2004)	8,23
Μάιος (2004)	11,69
Ιούνιος (2004)	8,43
Ιούλιος (2004)	14,35
Αύγουστος (2004)	14,38
Σεπτέμβριος (2004)	10,22
Οκτώβριος (2004)	4,05
Σύνολο Ετησίως	97,89

Άρα η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά τ.μ. ΦΒ πάνελ είναι 97,89/6,4 = 15,3 (kWh). Ενώ το PVGIS υπολογίζει 14,2 KWh το χρόνο, με απόκλιση περίπου 8% τα αποτελέσματα θεωρούμε ότι προσεγγίζουν την πραγματικότητα και άρα η χρήση του PVGIS ενδείκνυται για την συνέχεια της μελέτης μας.

5.2.1 Διαδικτυακή Εφαρμογή -PVGIS

Αρχικά πρέπει να πληκτρολογήσουμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες της υπό μελέτης τοποθεσίας. Χρησιμοποιώντας είτε τον χάρτη του προγράμματος είτε τις γεωγραφικές συντεταγμένες από το Google Earth. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιούμε τις γεωγραφικές συντεταγμένες της μονοκατοικίας.

Έπειτα επιλέγουμε τον τύπο του φωτοβολταϊκού που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και αν θα είναι προσαρμοσμένο σε κτιριακή εγκατάσταση ή ελεύθερο όπως και με τι κλίση θα είναι τοποθετημένο. Σημειώνουμε ότι υπάρχει η δυνατότητα να επιλέξει το πρόγραμμα ποια είναι η βέλτιστη κλίση για την δεδομένη περιοχή. Στον αξιμούθιο άξονα βάζουμε 0 για να έχουμε νότιο προσανατολισμό ενώ η κλίση της σκεπής στην οποία θα τοποθετηθούν τα ΦΒ πάνελ είναι 30 μοίρες. Σημειώνουμε τέλος ότι ως βέλτιστα (optimum) δεδομένα για το PVGIS είναι οι 30μοίρες κλίση και 0 μοίρες στον αξιμούθιο άξονα, δεδομένα τα οποία και θα ακολουθήσουμε.



Σχήμα 29 : Περιβάλλον διαδικτυακής εφαρμογής

Performance of Grid-connected PV

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 1 kWp

Estimated system losses [0;100] 14 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Building integrated

Slope [0;90] 30 ° Optimize slope

Azimuth 0 ° Also optimize azimuth

(Azimuth angle from -180 to 180, East=-90, South=0)

Σχήμα 30 : Επιλογή παραμέτρων για το ΦΒ σύστημα

5.2.2 Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την συγκεκριμένη τοποθεσία

Το μοντέλο εκτιμάει τόσο την ηλιακή ακτινοβολία όσο και αυτήν η οποία διαχέεται λόγω της ατμόσφαιρας, νέφους, της συννεφιάς ή άλλων παραγόντων για καθαρό ουρανό αλλά και για πραγματικές συνθήκες καιρού. Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω τιμές για τους μήνες του έτους.

Optimal inclination angle is: 30 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.1 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	Iopt	TL	D/G	TD	T24h	NDD
Jan	1560	2320	2270	60	3.4	0.60	3.4	2.7	456
Feb	2260	3000	2590	51	4.5	0.58	5.1	4.1	387
Mar	3310	3920	2850	39	5.2	0.55	7.7	6.7	326
Apr	4640	4990	2940	27	5.5	0.49	12.3	11.2	137
May	5400	5340	2600	15	6.3	0.51	17.9	16.6	34
Jun	6000	5700	2450	8	4.9	0.48	22.3	20.8	16

Jul	6040	5880	2630	12	6.5	0.46	24.9	23.4	13
Aug	5370	5610	3000	22	4.9	0.45	24.6	23.1	2
Sep	4160	4880	3320	37	4.6	0.44	19.9	18.3	58
Oct	2930	3880	3230	49	4.6	0.49	15.9	13.8	204
Nov	1790	2580	2440	57	4.1	0.58	9.7	8.6	357
Dec	1240	1790	1730	59	4.3	0.66	4.8	4.2	447
Year	3730	4160	2670	32	4.9	0.50	14.0	12.8	2465

Hh: Ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (Wh/m²)

Ho_{opt}: Ακτινοβολία στο βέλτιστο επικλινές επίπεδο (Wh/m²)

H(90°): Ακτινοβολία στο κάθετο επίπεδο (90 μοίρες). (Wh/m²)

Io_{opt}: Βέλτιστη κλίση (deg.)

TD: Μέση θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας, από την ανατολή μέχρι και την δύση του ηλίου (°C)

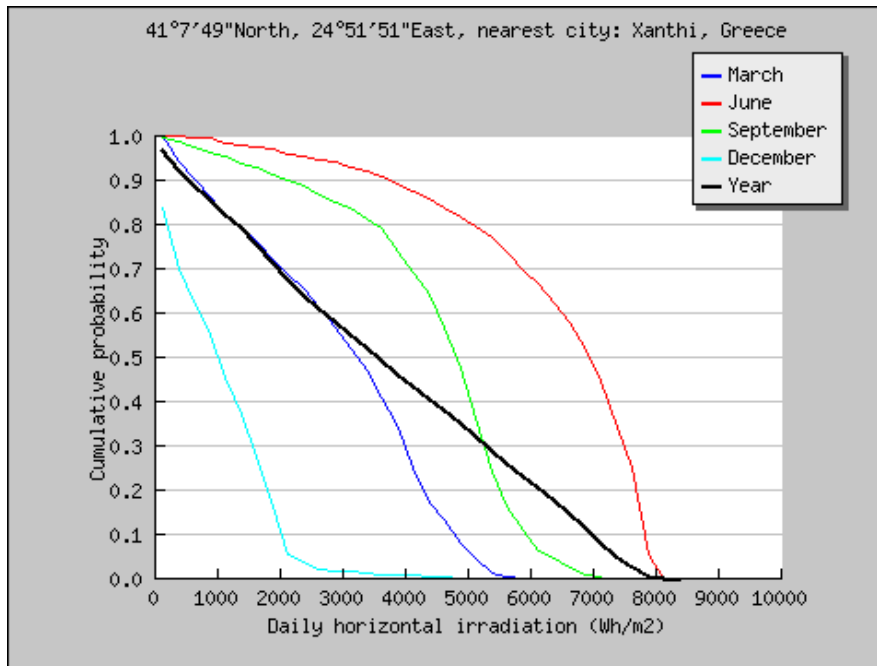
T24h: Μέση θερμοκρασία κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου (°C)

NDD: Αριθμός Βαθμοημερών⁶

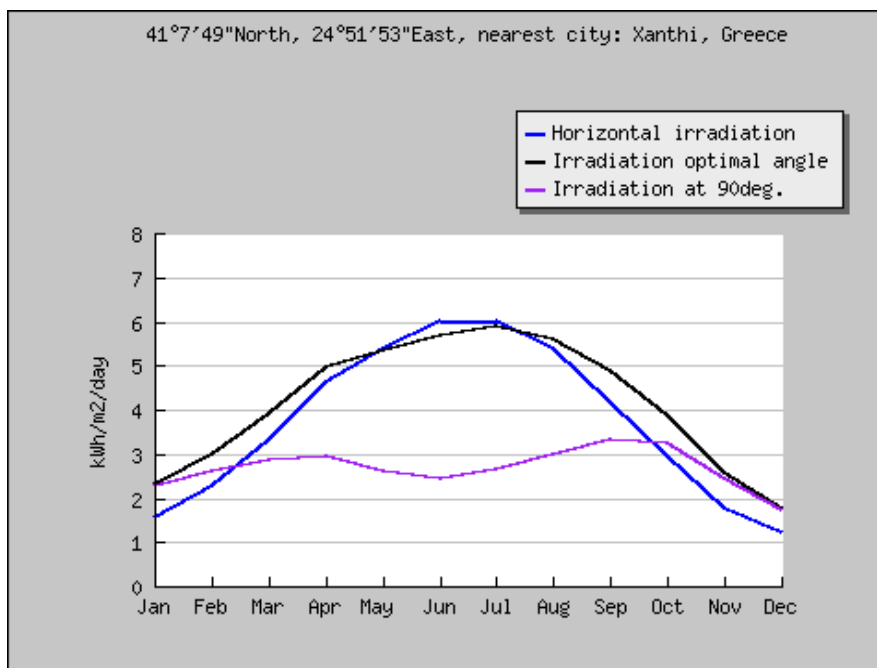
TL (Ατμοσφαιρική θόλωση ακτινοβολίας): Είναι ένα αδιάστατο μέγεθος το οποίο δείχνει πόση ηλιακή ενέργεια εξασθενεί λόγω ιδιαιτεροτήτων στην ατμόσφαιρα (υγρασία, νέφος, ομίχλη) σε σχέση με την ηλιακή ενέργεια σε καθαρή ατμόσφαιρα.

D/G (Ακτινοβολία λόγω διάχυσης) : Ποσοστό της ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος ως αποτέλεσμα διάχυσης λόγω ομίχλης, νέφους ή συννεφιάς.

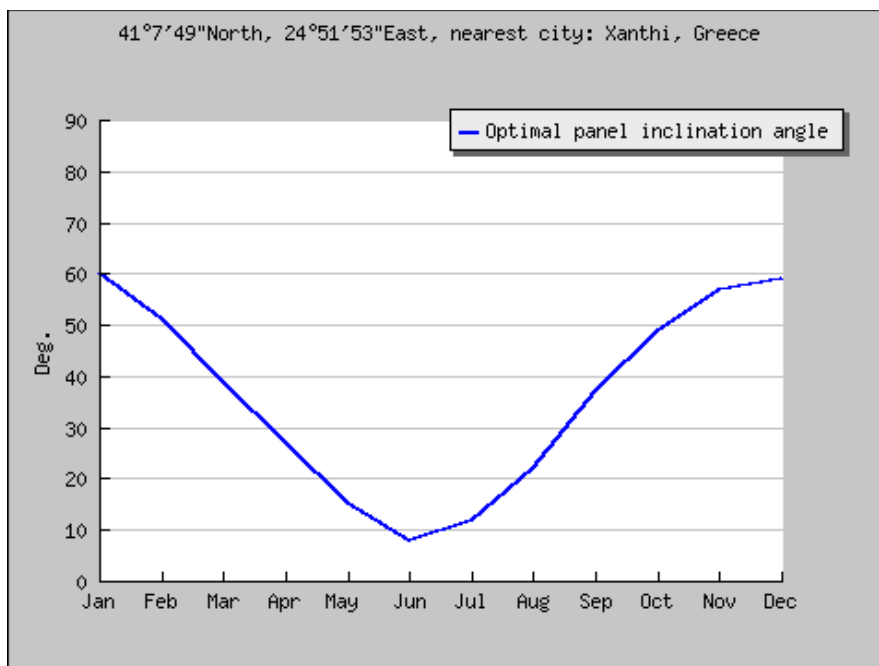
⁶ Οι βαθμοημέρες υπολογίζονται βάσει της μέσης τιμής της ημερήσιας θερμοκρασίας(TD). Όταν αυτή είναι πάνω από 18°C τότε το DD είναι μηδέν (0). Διαφορετικά υπολογίζει την τιμή 18-T, όπου T η μέση θερμοκρασία της ημέρας. Για κάθε μήνα φαίνεται το σύνολο αυτών των ημερών για το συγκεκριμένο μήνα.



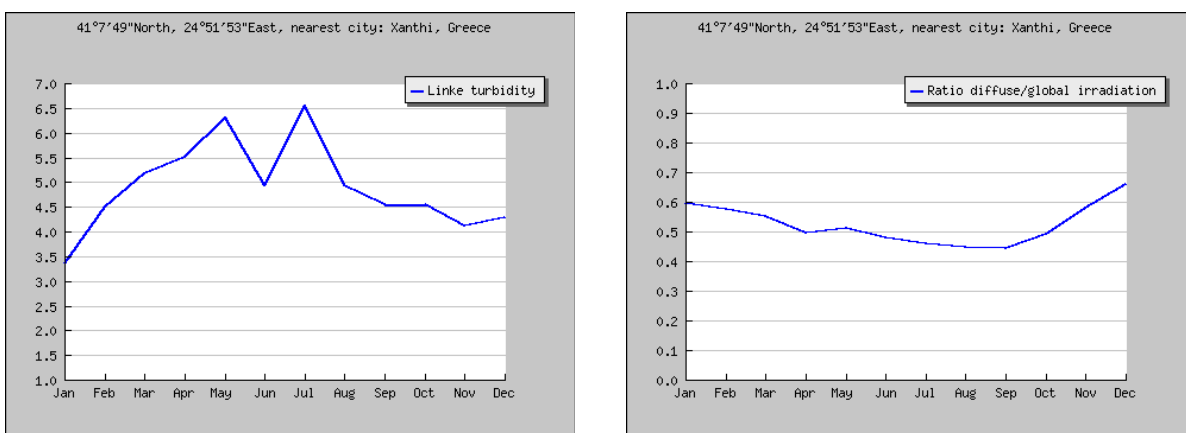
Σχήμα 31 : Ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο για διάφορους μήνες



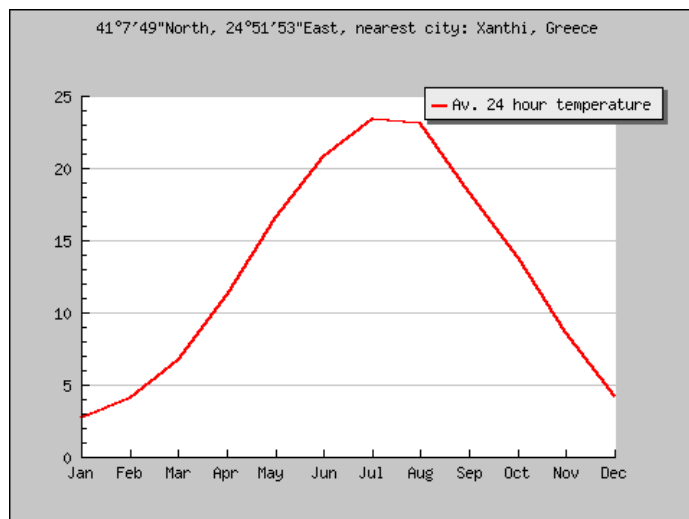
Σχήμα 32 : Γράφημα της ακτινοβολίας για οριζόντιο και κάθετο επίπεδο καθώς και για την βέλτιστη κλίση



Σχήμα 33 : Βέλτιστη κλίση ΦΒ πάνελ κατά την διάρκεια του χρόνου



Σχήμα 34 : Ατμοσφαιρική θόλωση ακτινοβολίας και Ακτινοβολία λόγω διάχυσης



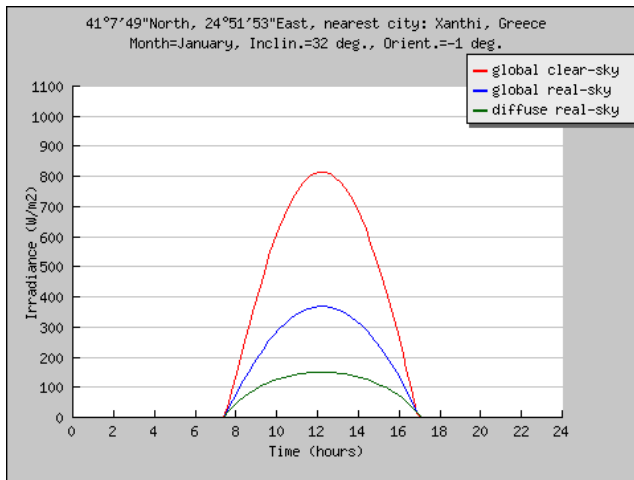
Σχήμα 35 : Μέση θερμοκρασία στη διάρκεια του έτους

Εφόσον υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε ένα επιλεγμένο σημείο υπάρχει και η δυνατότητα υπολογισμού της παραγόμενης ισχύος ενός ΦΒ συστήματος (με δεδομένο ότι η απόδοση του συστήματος κυμαίνεται στο 0,75 και το οποίο ποσοστό είναι η τυπική τιμή ενός Φβ συστήματος τοποθετημένου σε μια ταράτσα με Φβ στοιχεία μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου)

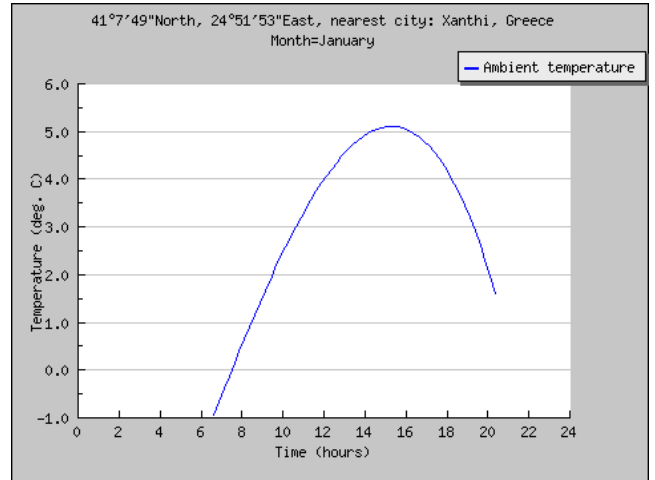
Ο υπολογιστής έχει την δυνατότητα να αναπροσαρμόσει τα δεδομένα του ανάλογα την κλίση του πλαισίου και τον προσανατολισμό του με την βοήθεια της κλιματολογικής βάσης δεδομένων του PVGIS η οποία εμπεριέχει και τις τεχνητές επισκιάσεις (βουνά, λόφοι).

5.2.3 Μέση Ημερήσια Ακτινοβολία-Θερμοκρασία αέρα

Με το PVGIS μας δίνεται η δυνατότητα να υπολογίσουμε πολύ συγκεκριμένα την προσπίπτουσα ακτινοβολία στο πάνελ κατά την διάρκεια της ημέρας καθώς και την θερμοκρασία του αέρα παίρνοντας μετρήσεις κάθε 15 λεπτά. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει για κάθε μήνα του έτους. Έτσι π.χ. για τον Ιανουάριο παίρνουμε τις παρακάτω τιμές (γραφική απεικόνιση).



Σχήμα 36 : Ηλιακή ακτινοβολία (πραγματική, καθαρής ατμόσφαιρας, διαχεόμενη)



Σχήμα 37 : Θερμοκρασία αέρα

5.2.4 Εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 41°7'50" North, 24°51'51" East, Elevation: 183 m a.s.l.,

Nearest city: Xanthi, Greece (2 km away)

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature: 8.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.8%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.6%

Fixed system: inclination=32 deg. orientation=-1 deg.				
Month	Ed (KWh/day)	Em (KWh/month)	Hd (KWh/m2/day)	Hm (KWh/m2/month)
Jan	1.82	56.4	2.30	71.4
Feb	2.33	65.1	2.99	83.6
Mar	2.96	91.9	3.91	121

Apr	<i>3.66</i>	<i>110</i>	<i>4.99</i>	<i>150</i>
May	<i>3.83</i>	<i>119</i>	<i>5.36</i>	<i>166</i>
Jun	<i>3.95</i>	<i>119</i>	<i>5.73</i>	<i>172</i>
Jul	<i>4.08</i>	<i>126</i>	<i>5.91</i>	<i>183</i>
Aug	<i>3.85</i>	<i>119</i>	<i>5.62</i>	<i>174</i>
Sep	<i>3.44</i>	<i>103</i>	<i>4.88</i>	<i>146</i>
Oct	<i>2.84</i>	<i>88.1</i>	<i>3.86</i>	<i>120</i>
Nov	<i>1.97</i>	<i>59.0</i>	<i>2.56</i>	<i>76.6</i>
Dec	<i>1.41</i>	<i>43.8</i>	<i>1.77</i>	<i>55.0</i>
Year	<i>3.02</i>	<i>91.7</i>	<i>4.16</i>	<i>127</i>
Total For Year		<i>1100</i>		<i>1520</i>

Όπου :

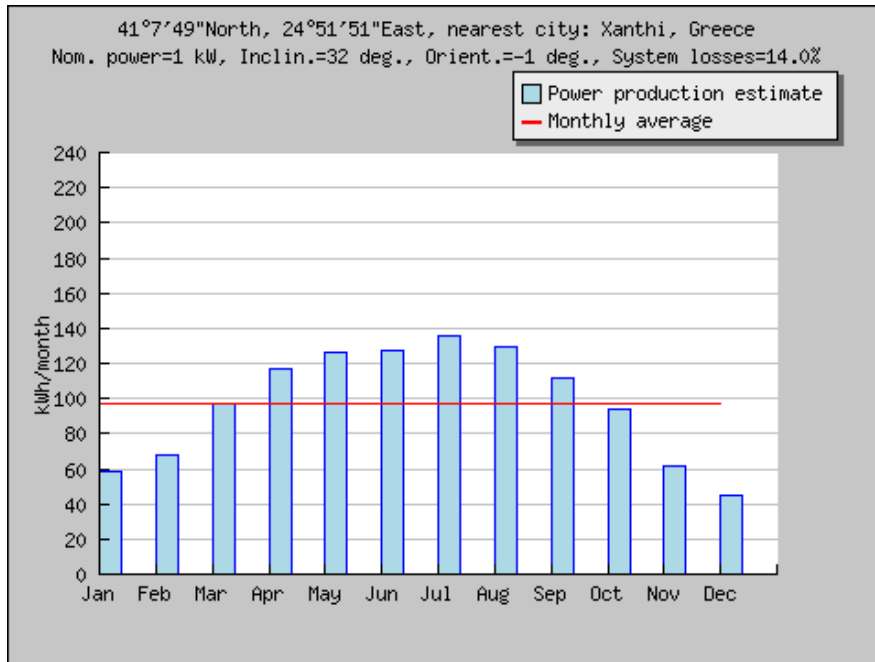
Ed: Μέση ημερήσια ηλεκτρική παραγωγή από το σύστημα (kWh)

Em: Μέση μηνιαία ηλεκτρική παραγωγή από το σύστημα (kWh)

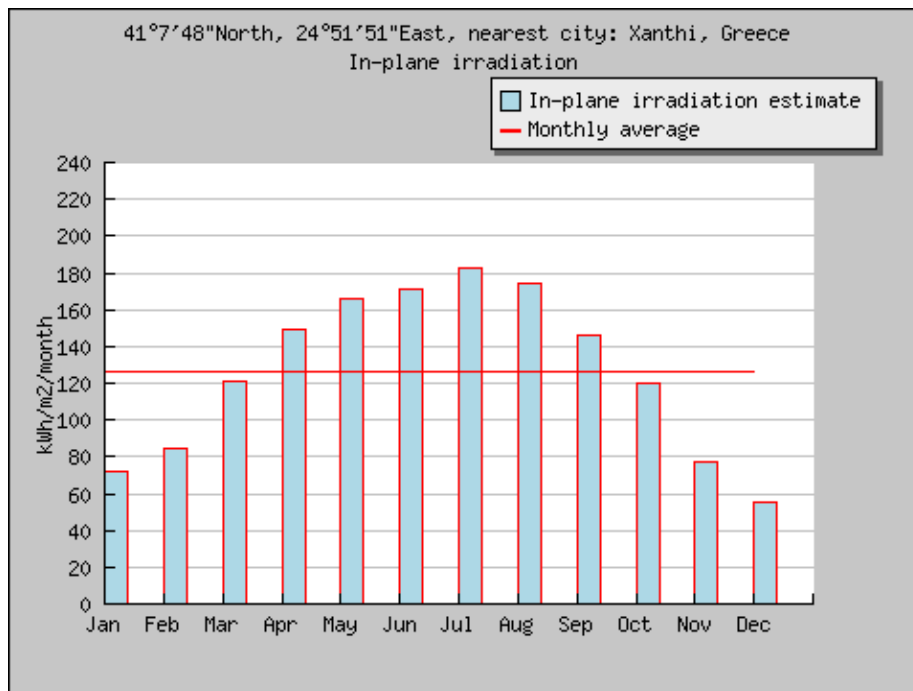
Hd: Μέσο ημερήσιο άθροισμα της ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τα πάνελ του συστήματος ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)

Hm: Μέσο μηνιαίο άθροισμα της ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τα πάνελ του συστήματος ανά τετραγωνικό μέτρο (kWh/m²)

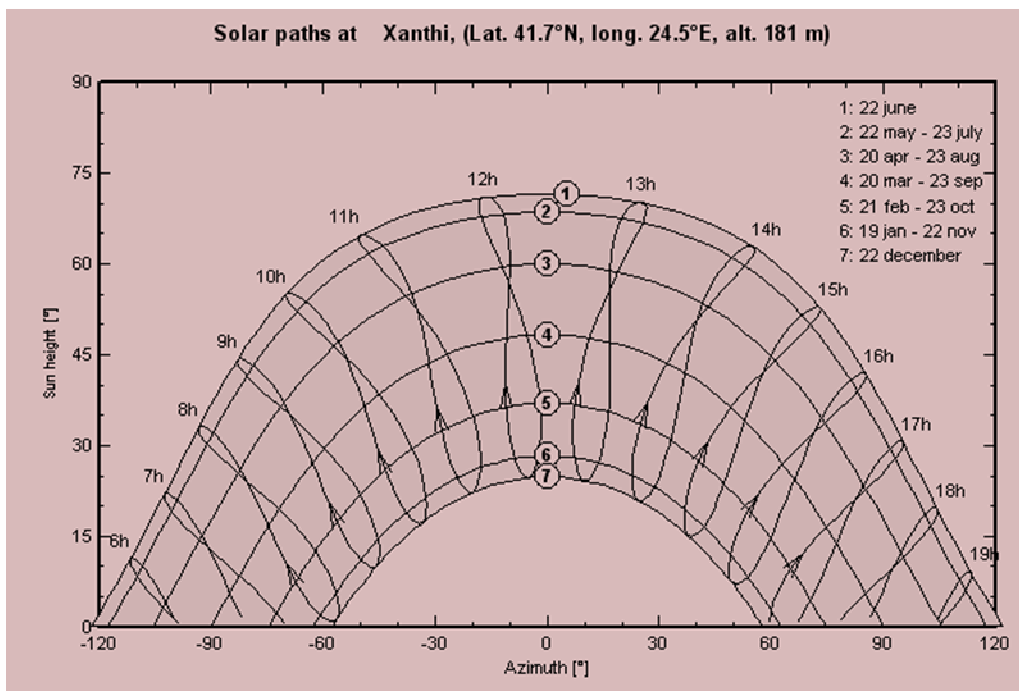
Τα παρακάτω γράφημα δείχνει την εκτιμώμενη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παράξει το ΦΒ πάνελ για κάθε μήνα σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουμε εισάγει και σύμφωνα με την ηλιακή ενέργεια που δέχεται το πάνελ.



Σχήμα 38 : Εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας ανά μήνα από το Φβ καθώς και η μέση τιμή για το έτος



Σχήμα 39 : Εκτιμώμενη ηλιακή ενέργεια που δέχεται το Φβ πάνελ κάθε μήνα (KWh/m2/μήνα)



Σχήμα 40 : Η τροχιά που διαγράφει ο ήλιος για το χειμερινό και θερινό ηλιοστάσιο

5.3 Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην μονοκατοικία

Σε αυτήν την ενότητα θα περιγραφεί ο τρόπος υπολογισμού της μέσης ημερήσιας και μηνιαίας κατανάλωσης σε ηλεκτρική ενέργεια και πώς αυτή μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της περιόδου που έχει υπολογισθεί να λειτουργήσει το σύστημα το οποίο θα εγκατασταθεί. Οι κύριες ανάγκες μιας κατοικίας για ηλεκτρική ενέργεια παρατίθενται στον **πίνακα 9**. Οι ενεργειακές απαιτήσεις των συσκευών υπολογίζονται με βάση τις μέσες καταναλώσεις τους σε συνδυασμό με τις ενδεικτικές τιμές που δίνει η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού οι οποίες παρατίθενται στο **Παράρτημα 1** της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 9 : Κατανάλωση ηλεκτρικών συσκευών (πηγή: ΔΕΗ)

A/a	Συσκευή	Ισχύς (Watt)	Χρόνος λειτουργίας (Ωρες/ Μέρα)	Χρόνος λειτουργίας (Μέρες/ Εβδομάδα)
1	Ψυγείο	200	6.00	7

2	Τηλεόραση (2)	60	4.00	7
3	Μίξερ	150	0.75	1
4	Τοστιέρα	800	0.15	6
5	Στεγνωτήρας Μαλλιών	1000	0.50	2
6	Πλυντήριο Ρούχων	2100	2,00	2
7	Φωτισμός	200	6.00	7
8	Ράδιο/CD	30	1.25	7
9	Ηλεκτρική Σκούπα	1000	0.50	4
10	Ηλεκτρικό Σίδερο	1000	0.25	4
11	Κουζίνα(υγραερίου)	0	1.00	7
12	Υπολογιστής(2)	200	8.00	7
13	Κλιματισμός	1000	1	1

Προκειμένου να υπολογισθούν οι ημερήσιες και ετήσιες ηλεκτρικές καταναλώσεις της οικίας εφαρμόζεται μια συγκεκριμένη μεθοδολογία. Αρχικά στην τέταρτη στήλη εκτιμάται η μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση της κάθε συσκευής (π.χ. εάν μια συσκευή χρησιμοποιείται για μισή ώρα ημερησίως το νούμερο που θα μπει σε αυτήν την στήλη θα είναι 0,5), στη συνέχεια στη πέμπτη στήλη εκτιμάται το πόσες φορές την εβδομάδα χρησιμοποιείται η κάθε συσκευή, έπειτα το γινόμενο των δυο αυτών στηλών πολλαπλασιάζεται με την τρίτη στήλη - όπου εμφανίζεται η ισχύς της κάθε συσκευής και τέλος αυτό το γινόμενο διαιρείται με τις επτά ημέρες της εβδομάδας. Έπειτα από τους υπολογισμούς προκύπτει η μέση ημερήσια κατανάλωση.

Εναλλακτικά στην παρούσα εργασία ο υπολογισμός της κατανάλωσης του σπιτιού θα γίνει βάσει της κατανάλωσης που καταγράφεται από την Δ.Ε.Η. ώστε να έχουμε ακρίβεια για την συγκεκριμένη μονοκατοικία. Σύμφωνα λοιπόν με τον μετρητή της

Δ.Ε.Η. και τις ενδείξεις που από αυτόν παίρνουμε προκύπτει ότι η μηνιαία κατανάλωση για την μονοκατοικία είναι **414 KWh**. Άρα για την ημέρα έχουμε **13.8 KWh/ημέρα** και για το έτος **5037KWh**

5.4 Τύποι ΦΒ κατάλληλα για ενσωμάτωση σε κτίρια

Τα ΦΒ πλαίσια στην μεγάλη τους πλειοψηφία είναι κατασκευασμένα για εξωτερική χρήση. Χαρακτηρίζονται δηλαδή από αντοχή στην έκθεση σε καιρικά φαινόμενα όπως η ιδιαίτερα χαμηλή ή υψηλή θερμοκρασία, η βροχή , ο αέρας , η υγρασία , η χαλαζόπτωση και το χιόνι (Πίνακας 10). Επίσης οι προδιαγραφές του περιλαμβάνουν σε αρκετές περιπτώσεις εκτός των ηλεκτρικών , την μηχανική αντοχή σε ορισμένα από τα παραπάνω (Ayoub, 2001).

Πίνακας 10 : Παράδειγμα προδιαγραφών ΦΒ πλαισίου κατά IEC 61215

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	-40° C έως και +90°C
Ταχύτητα αέρα	Έως 130 km/h = 800 Pa
Χαλαζόπτωση	Έως 25mm διάμετρο και 23 m/s
Φορτίο χιονιού	5400Pa = 550 kg/m²
Σχετική υγρασία	0 έως 100%

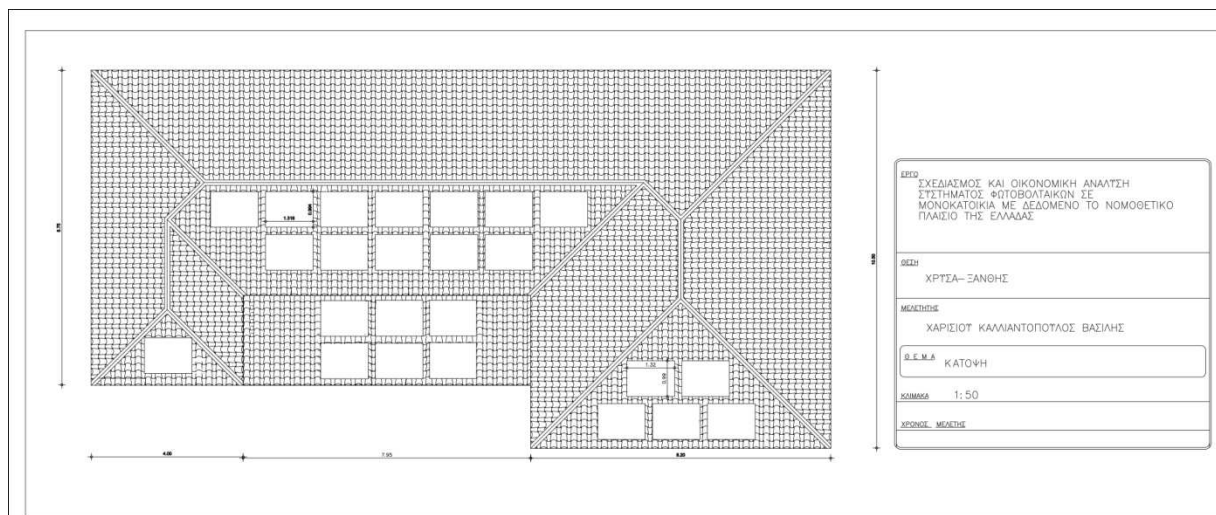
Στην περίπτωση της ενσωμάτωσης ΦΒ πλαισίων σε κτίρια δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος πλαισίου για τις διάφορες επιφάνειές του. Η κατάλληλη επιλογή πλαισίου σε συνδυασμό με τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του εξαρτάται κυρίως από την επιθυμητή διαφάνεια, την ποικιλία των διαστάσεων στις οποίες είναι εφικτό να κατασκευαστεί, την μηχανική αντοχή, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος εγκατάστασης και ενδεχομένως την όψη.

5.5 Διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ΦΒ πάνελ

Η τοποθέτηση των ΦΒ πλαισίων θα γίνει στην νότια πλευρά της σκεπής της μονοκατοικίας ώστε να έχουμε την μέγιστη απόδοση.

Η κλίση των ΦΒ πάνελ θα ακολουθήσει αυτήν της κεραμοσκεπής, 30° μοίρες δηλαδή.

Ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση των ΦΒ πάνελ υπολογίζεται βάσει των αρχιτεκτονικών σχεδίων της μονοκατοικίας (σχήμα 41) υπό τους περιορισμούς της οδηγίας του υπουργείου (50 cm ελεύθερου χώρου από την άκρη της σκεπής).



Σχήμα 41: Κάτοψη μονοκατοικίας, διαθέσιμος χώρος για την τοποθέτηση ΦΒ πλαισίων

Έτσι στην νότια πλευρά προκύπτουν τα τρία εμβαδά της σκεπής τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε. Θα χρησιμοποιήσουμε τα Φβ πάνελ της SHARP με διαστάσεις (1318 mm x 994 mm).

Βάσει της χωροθέτησης των πάνελ στο διαθέσιμο χώρο προκύπτει η χρήση 24 πάνελ (Σχήμα 42)



Σχήμα 42 : Νότια όψη μονοκατοικίας μετά την τοποθέτηση των πλαισίων

5.6 Χρήση λογισμικού PVSYST για την μελέτη εγκατάστασης

Εδώ παρουσιάζεται η μελέτη της εγκατάστασης των ΦΒ βάσει των μετεωρολογικών δεδομένων του PVGIS με την χρήση του προγράμματος PVSYST. Το λογισμικό PVSYST (university of Geneva) παρέχει την δυνατότητα χρήσης των μετεωρολογικών στοιχείων του PVGIS. Εισάγουμε λοιπόν τα μετεωρολογικά στοιχεία που έχουμε βρει στο PVGIS για την θέση της μονοκατοικίας στην περιοχή Χρύσα Ξάνθης. Επιλέγουμε την κλίση των πάνελ ίση με αυτή της σκεπής, δηλαδή 30 μοίρες καθώς και τα πάνελ της Sharp με κωδικό μοντέλου NU-SOE3E ονομαστική ισχύ 180 Wp, και τον αντιστροφέα της SMA Sunny Boy SB 5000TL, τα οποία βρίσκονται εύκολα στην αγορά. Τέλος, το σύστημα μας είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο και δεν έχει συσσωρευτές αποθήκευσης λόγω του υψηλού κόστους και λόγω της συμφέρουσας προσφοράς του ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Grid-Connected System: Simulation parameters

Project : Chrysa Xanthis

Geographical Site PVGIS **Country** Greece

Situation
 Time defined as Latitude 41.1°N Longitude 24.9°E
 Legal Time Time zone UT+1 Altitude 181 m
 Albedo 0.20

Meteo data : PVGIS , synthetic hourly data

Simulation variant : Chrysa-Xanthis
 Simulation date 30/12/09 20h37

Simulation parameters

Collector Plane Orientation Tilt 30° Azimuth 0°

Horizon Average Height 2.6°

Near Shadings No Shadings

PV Array Characteristics

PV module Si-mono Model **NU-S0E3E**

Manufacturer Sharp

Number of PV modules In series 12 modules In parallel 2 strings

Total number of PV modules Nb. modules 24 Unit Nom. Power 180 Wp

Array global power Nominal (STC) **4.3 kWp** At operating cond. 3.9 kWp (50°C)

Array operating characteristics (50°C) U mpp 254 V I mpp 15 A

Total area Module area **31.4 m²**

PV Array loss factors

Heat Loss Factor ko (const) 29.0 W/m²K kv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
 => Nominal Oper. Coll. Temp. (800 W/m², Tamb=20°C, wind 1 m/s) NOCT 45 °C

Wiring Ohmic Loss Global array res. 589.7 mOhm Loss Fraction 3.3 % at STC

Serie Diode Loss Voltage Drop 0.7 V Loss Fraction 0.3 % at STC

Module Quality Loss Loss Fraction 3.0 %

Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % at MPP

Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1-bo (1/cos i - 1) bo Parameter 0.05

System Parameter System type **Grid-Connected System**

Inverter Model **Sunny Boy SB 5000 TL**

Manufacturer SMA

Inverter Characteristics Operating Voltage 125-440 V Unit Nom. Power 4.6 kW AC

User's needs : Unlimited load (grid)

Grid-Connected System: Horizon definition

Project : Chrysa Xanthis

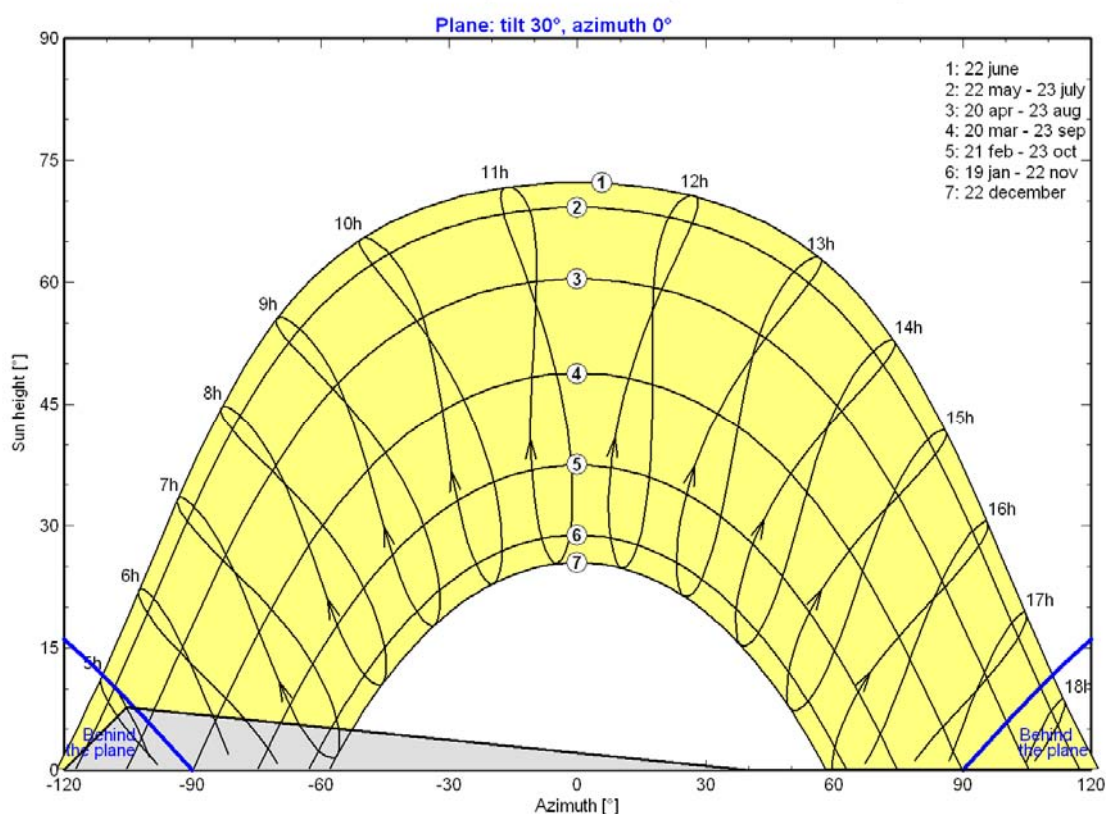
Simulation variant : Chrysa-Xanthis

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Horizon	Average Height	2.6°	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	NU-S0E3E	Pnom 180 Wp
PV Array	Nb. of modules	24	Pnom total 4.3 kWp
Inverter	Model	Sunny Boy SB 5000 TL	Pnom 4.6 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Horizon	Average Height	2.6°	Diffuse Factor	0.99
	Albedo Factor	100 %	Albedo Fraction	0.89

Height [°]	0.0	7.7	0.0	0.0
Azimuth [°]	-120.0	-105.3	40.0	120.0

Horizon line for PVGIS, (Lat. 41.1°N, long. 24.9°E, alt. 181 m)



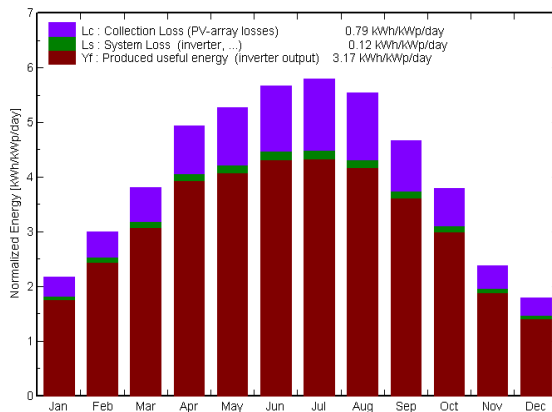
Grid-Connected System: Main results

Project : Chrysa Xanthis
Simulation variant : Chrysa-Xanthis

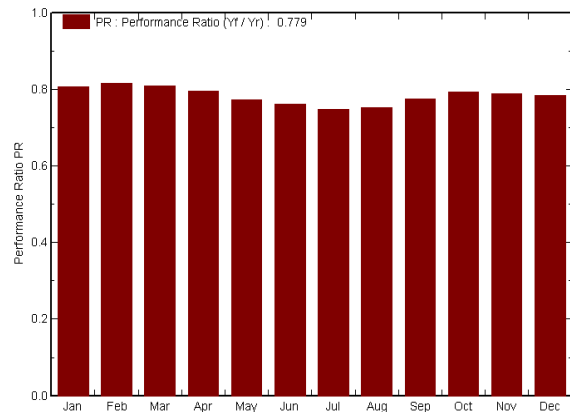
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Horizon	Average Height	2.6°	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	NU-S0E3E	Pnom 180 Wp
PV Array	Nb. of modules	24	Pnom total 4.3 kWp
Inverter	Model	Sunny Boy SB 5000 TL	Pnom 4.6 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results			
System Production	Produced Energy	4999 kWh/year	Specific 1157 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	77.9 %	
Investment	Global incl. taxes	22621 €	Specific 5.24 €/Wp
Yearly cost	Annuities (Loan 5.0%, 25 years)	1605 €/yr	Running Cost 0 €/yr
Energy cost		0.32 €/kWh	

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 4.3 kWp



Performance Ratio PR



Chrysa-Xanthis
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	EOutInv	EffArrR	EffSysR
	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	%	%
January	48.4	3.40	67.3	64.2	244.2	234.7	11.55	11.10
February	65.5	5.10	84.0	80.7	307.2	296.0	11.63	11.20
March	102.6	7.70	117.9	113.2	427.3	412.2	11.53	11.12
April	139.2	12.30	148.1	142.4	527.5	509.1	11.33	10.93
May	167.4	17.90	163.3	157.0	565.9	546.1	11.02	10.64
June	180.0	22.30	170.1	163.1	579.5	559.4	10.84	10.46
July	187.2	24.90	179.6	172.3	601.1	580.4	10.65	10.28
August	166.5	24.60	171.7	165.2	577.9	557.9	10.70	10.33
September	124.8	19.90	139.9	134.5	485.0	468.2	11.03	10.64
October	90.8	15.10	117.3	112.8	416.6	402.1	11.29	10.90
November	53.7	9.70	71.5	68.5	253.9	244.1	11.29	10.85
December	38.4	4.80	55.6	53.1	196.8	188.7	11.26	10.79
Year	1364.6	14.03	1486.3	1427.2	5182.8	4998.9	11.09	10.70

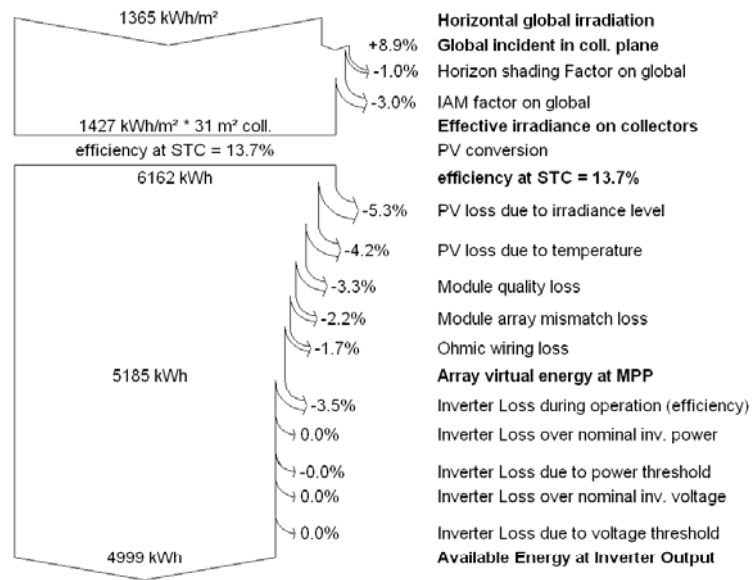
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
T Amb Ambient Temperature EOutInv Available Energy at Inverter Output
GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Grid-Connected System: Loss diagram

Project : Chrysa Xanthis
Simulation variant : Chrysa-Xanthis

Main system parameters	System type	Grid-Connected		
Horizon	Average Height	2.6°		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	NU-S0E3E	Pnom	180 Wp
PV Array	Nb. of modules	24	Pnom total	4.3 kWp
Inverter	Model	Sunny Boy SB 5000 TL	Pnom	4.6 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

Loss diagram over the whole year



Grid-Connected System: Economic evaluation

Project : Chrysa Xanthis
Simulation variant : Chrysa-Xanthis

Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Horizon	Average Height	2.6°	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	NU-S0E3E	Pnom 180 Wp
PV Array	Nb. of modules	24	Pnom total 4.3 kWp
Inverter	Model	Sunny Boy SB 5000 TL	Pnom 4.6 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Investment

PV modules (Pnom = 180 Wp)	24 units	813 € / unit	19512 €
Supports / Integration		0 € / module	0 €
Inverter (Pnom = 4.6 kW ac)	1 units	2209 € / unit	2209 €
Settings, wiring, ...			500 €
Substitution underworth			-0 €
Gross investment (without taxes)			22621 €

Financing

Gross investment (without taxes)			22621 €
Taxes on investment (VAT)	Rate 0.0 %		0 €
Gross investment (including VAT)			22621 €
Subsidies			-0 €
Net investment (all taxes included)			22621 €
Annuities	(Loan 5.0 % over 25 years)		1605 €/year
Annual running costs: maintenance, insurances ...			0 €/year
Total yearly cost			1605 €/year

Energy cost

Produced Energy		4999 kWh / year
Cost of produced energy		0.32 € / kWh

Grid-Connected System: Long Term Financial Balance

Project : Chrysa Xanthis

Simulation variant : Chrysa-Xanthis

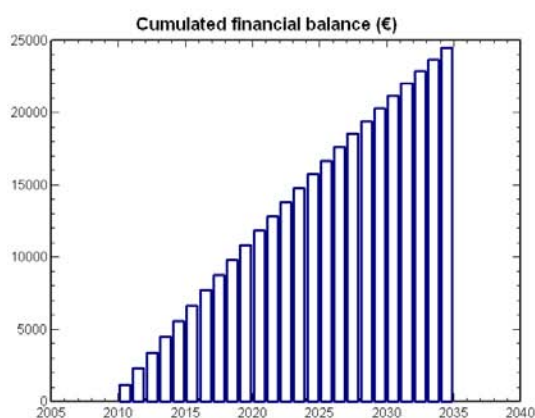
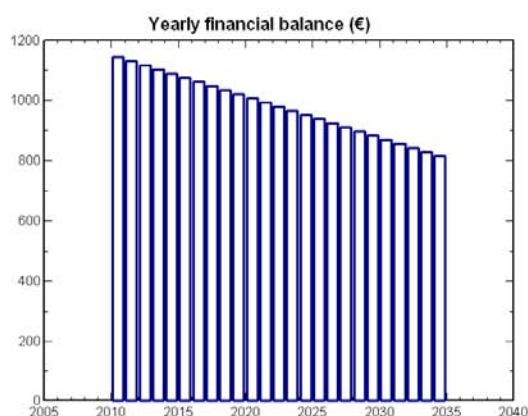
Main system parameters	System type	Grid-Connected	
Horizon	Average Height	2.6°	
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	NU-S0E3E	Pnom 180 Wp
PV Array	Nb. of modules	24	Pnom total 4.3 kWp
Inverter	Model	Sunny Boy SB 5000 TL	Pnom 4.6 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Electricity sale

Feed-in Tariff **0.55 Euro/kWh** Warranty over **25 years**
 Annual connexion tax **0 €**

Long term balance and Running conditions

Annual sale tariff depreciation **-0.5 % / year**
 Annual production reduction **0.0 % / year**
 Feed-in tariff Warranty over **25 years**
 Tariff reduction after contractual warranty **0 %**
 Loan duration (payment of annuities) **25 years**



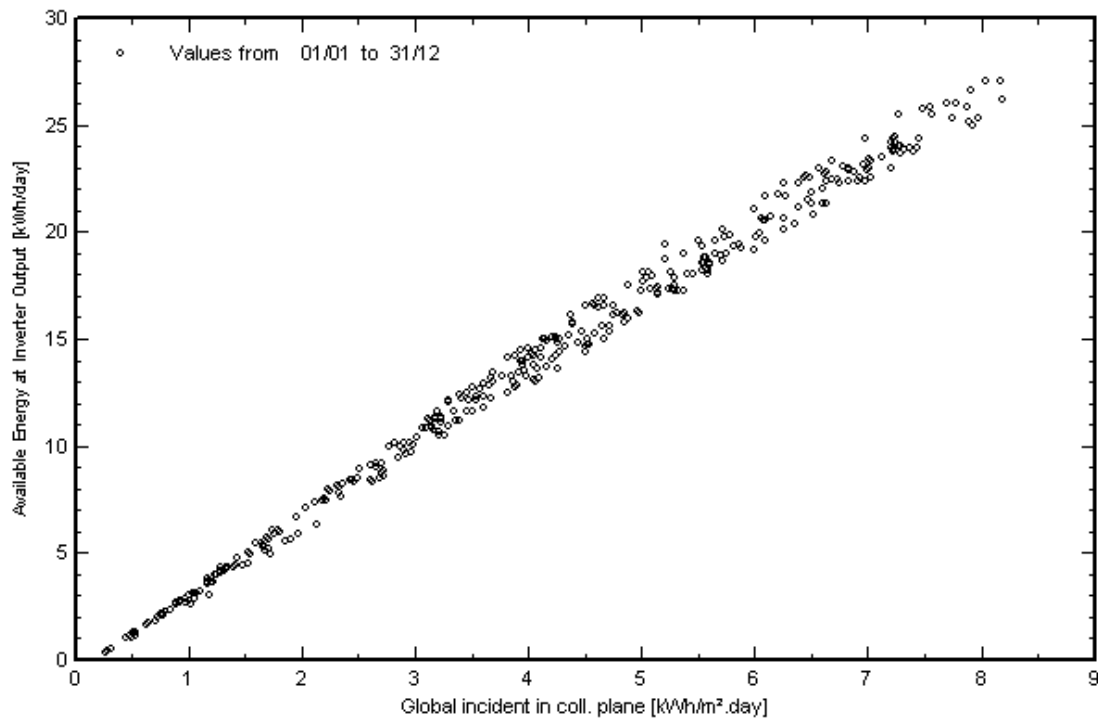
Long term economic balance

Year	Loan 5.0 %	Running costs	Sold energy	Yearly Balance	Cumul. Balance
2010	1605	0	2749	1144	1144
2011	1605	0	2736	1131	2275
2012	1605	0	2722	1117	3392
2013	1605	0	2708	1103	4495
2014	1605	0	2694	1089	5584
2015	1605	0	2681	1076	6660
2016	1605	0	2667	1062	7722
2017	1605	0	2653	1048	8770
2018	1605	0	2639	1034	9804
2019	1605	0	2626	1021	10825
2020	1605	0	2612	1007	11832
2021	1605	0	2598	993	12825
2022	1605	0	2584	979	13805
2023	1605	0	2571	966	14770
2024	1605	0	2557	952	15722
2025	1605	0	2543	938	16660
2026	1605	0	2529	924	17585
2027	1605	0	2516	911	18495
2028	1605	0	2502	897	19392
2029	1605	0	2488	883	20275
2030	1605	0	2474	869	21145
2031	1605	0	2461	856	22001
2032	1605	0	2447	842	22843
2033	1605	0	2433	828	23671
2034	1605	0	2419	814	24485

Chrysa-Xanthis
Balances and main results

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	EOutInv	EffArrR	EffSysR
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%	%
January	48.4	3.40	67.3	64.2	244.2	234.7	10.66	10.25
February	65.5	5.10	84.0	80.7	307.2	296.0	10.73	10.34
March	102.6	7.70	117.9	113.2	427.3	412.2	10.64	10.27
April	139.2	12.30	148.1	142.4	527.5	509.1	10.45	10.09
May	167.4	17.90	163.3	157.0	565.9	546.1	10.17	9.82
June	180.0	22.30	170.1	163.1	579.5	559.4	10.00	9.66
July	187.2	24.90	179.6	172.3	601.1	580.4	9.83	9.49
August	166.5	24.60	171.7	165.2	577.9	557.9	9.88	9.54
September	124.8	19.90	139.9	134.5	485.0	468.2	10.18	9.83
October	90.8	15.10	117.3	112.8	416.6	402.1	10.42	10.06
November	53.7	9.70	71.5	68.5	253.9	244.1	10.42	10.02
December	38.4	4.80	55.6	53.1	196.8	188.7	10.39	9.96
Year	1364.6	14.03	1486.3	1427.2	5182.8	4998.9	10.24	9.87

Daily Input/Output diagram



5.7 Υπολογισμός απόσβεσης της επένδυσης και Εξωτερικού Ρυθμού Απόδοσης (External Rate of Return -ERR)

Για τον υπολογισμό της απόσβεσης της αρχικής επένδυσης εργαζόμαστε ως εξής :

$$C_F + C_V = S$$

Όπου C_F είναι τα σταθερά έξοδα της επένδυσης και C_V είναι τα μεταβλητά έξοδα (ανά kWh). Όπου S είναι τα συνολικά έσοδα που προκύπτουν από την επένδυση.

Στην περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, τα μεταβλητά έξοδα είναι μηδενικά, οπότε, $C_F = S$. Δεδομένου ότι αποδεχόμαστε μια υποτίμηση του επιπέδου 0.5% ετησίως στο εισόδημα ανά kWh (0,5 ευρώ/kWh), τα συνολικά έσοδα θα υπολογίζονται ως:

$$S = (\text{number of years}) * \sum_{x=1}^N 0,55(1 - 0,005 \cdot x) = C_F$$

Βρίσκουμε ότι για $x=8$, $S=21610$ ευρώ και για $x=9$, $S=24250$ ευρώ, οπότε με γραμμική παρεμβολή βρίσκουμε ότι για $x'=8,38$ έτη, $S=C_F=22621$ ευρώ. Συνεπώς, η περίοδος απόσβεσης της επένδυσης είναι $x'=8,38$ έτη.

Για τον υπολογισμό του εξωτερικού ρυθμού απόδοσης, χρησιμοποιούμε τη χρηματοροή που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Στη στήλη «Έξοδα» περιλαμβάνεται το σταθερό ετήσιο ποσό των 1605 ευρώ. Το ποσό αυτό υπολογίζεται ως η ετήσια σταθερή δόση για την αποπληρωμή δανείου που καλύπτει την αρχική επένδυση των 22.621 ευρώ με ετήσιο διακριτό επιτόκιο 5,0% για 25 χρόνια. Επομένως, η ισοδύναμη παροντική αξία (Present Worth—PW) όλων των εξόδων της επένδυσης είναι 22.621 ευρώ, μια και περιλαμβάνει μόνο την αρχική επένδυση και μηδενικά λειτουργικά έξοδα. Στη στήλη «Έσοδα» περιλαμβάνεται το εισόδημα που προκύπτει από τη μεταπώληση 4999 kWh στη ΔΕΗ. Η τιμή της kWh που εγγυάται η ΔΕΗ είναι 0,55 ευρώ/kWh για τα επόμενα 25 χρόνια. Θεωρούμε πως το ποσό αυτό θα δέχεται ετήσια υποτίμηση 0.5% ετησίως, οπότε η αντίστοιχη αξία των 0,55 ευρώ/kWh για κάθε χρόνο από το 2010 έως το 2034 που είναι και η διάρκεια ζωής της επένδυσης φαίνεται στη στήλη “Τιμή kWh”. Στην τελευταία στήλη “FW” (Future Worth) περιλαμβάνεται η αντίστοιχη ισοδύναμη μελλοντική αξία των ετήσιων εσόδων, αν υποθέσουμε ότι επενδύονται από ιδιώτη σε λογαριασμό ταμειευτηρίου με σταθερό ετήσιο επιτόκιο 1,5%.

Το άθροισμα αυτής της στήλης μας δίνει την συνολική μελλοντική αξία. Ο εξωτερικός ρυθμός απόδοσης (i' %) υπολογίζεται ως εξής:

$$22.621 (F/P, i', 25) = 78.016,60$$

$$22.621 (1+i')^{25} = 78.016,60$$

απ' όπου και προκύπτει το ERR ίσο με 5,08%.

Έτος	Έξοδα (ευρώ/έτος)	Τιμή kWh (ευρώ/kWh)	Έσοδα (ευρώ/έτος)	FW στα 25
				χρόνια (ευρώ)
1	-1605	0.55	2749.45	3930.35
2	-1605	0.54725	2735.70	3852.90
3	-1605	0.5445	2721.96	3776.89
4	-1605	0.54175	2708.21	3702.28
5	-1605	0.539	2694.46	3629.05
6	-1605	0.53625	2680.71	3557.18
7	-1605	0.5335	2666.97	3486.63
8	-1605	0.53075	2653.22	3417.40
9	-1605	0.528	2639.47	3349.45
10	-1605	0.52525	2625.72	3282.77
11	-1605	0.5225	2611.98	3217.32
12	-1605	0.51975	2598.23	3153.09
13	-1605	0.517	2584.48	3090.05
14	-1605	0.51425	2570.74	3028.20
15	-1605	0.5115	2556.99	2967.49
16	-1605	0.50875	2543.24	2907.92
17	-1605	0.506	2529.49	2849.46
18	-1605	0.50325	2515.75	2792.09
19	-1605	0.5005	2502.00	2735.79
20	-1605	0.49775	2488.25	2680.55
21	-1605	0.495	2474.51	2626.35
22	-1605	0.49225	2460.76	2573.16
23	-1605	0.4895	2447.01	2520.97

24	-1605	0.48675	2433.26	2469.76
25	-1605	0.484	2419.52	2419.52
Ισοδύναμη Μελλοντική Αξία στο τέλος των 25 ετών				78016.60

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε τα κίνητρα για επενδύσεις σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας που απορρέουν τόσο από το θεσμικό πλαίσιο και τις δεσμεύσεις που έχουμε ως κράτος-μέλος της ΕΕ με την υπογραφή του πρωτοκόλλου του Κιότο όσο και από περιβαλλοντική σκοπιά. Τα όρια του πλανήτη επιτάσσουν την αλλαγή στον τρόπο που παράγουμε αλλά και τον τρόπο που καταναλώνουμε ενέργεια. Η χρήση των ΦΒ είναι μία μορφή ανανεώσιμης πηγής ενέργειας η οποία λόγω του ηλιακού δυναμικού του Ελλαδικού χώρου μπορεί να φανεί πολύ αποδοτική και συμφέρουσα. Στην εργασία παρουσιάζουμε τις υπάρχουσες τεχνολογίες ΦΒ καθώς και τα συστήματα που μπορούμε να δημιουργήσουμε (αυτόνομα, συνδεδεμένα κλπ) ενώ αναλύουμε την ελληνική νομοθεσία βάσει της οποίας μπορούν να γίνουν επενδύσεις σε ΦΒ με κύρια συνιστώσα την υπουργική απόφαση που επιτρέπει την τοποθέτησή τους σε κτίρια. Βάσει αυτής της απόφασης και λόγω της εκτίμησης μας ότι τα έργα μικρής κλίμακας όπως αυτά σε οικίες μπορούν να φανούν αφενός χρήσιμα στο περιβάλλον και αφετέρου συμφέροντα ως προς τον χρήστη-επενδυτή επιλέξαμε να εξετάσουμε την περίπτωση εγκατάστασης ΦΒ σε υπαρκτή μονοκατοικία στην περιοχή της Ξάνθης. Με την χρήση τόσο των κλιματολογικών δεδομένων από το διαδίκτυο (PVGIS) όσο και του προγράμματος PVSYST, φτιάξαμε την μελέτη εγκατάστασης και υπολογίσαμε την ηλεκτρική ενέργεια που μπορούμε να παράγουμε βάσει του συγκεκριμένου διαθέσιμου χώρου στην σκεπή της οικίας. Επιλέξαμε συνδεδεμένο σύστημα, διοχέτευση δηλαδή όλης της παραγόμενης ενέργειας στο δίκτυο διότι η τιμή πώλησης είναι ιδιαίτερα υψηλή (0,55€/KWh) και ουσιαστικά είναι ο τρόπος μέσω του οποίου επιδοτούνται αυτού του είδους τα έργα. Έτσι υπολογίσαμε τον χρόνο που θα χρειαστεί για την απόσβεση της επένδυσης κάνοντας χρήση δανείου με 5% επιτόκιο. Η επένδυση σε 25 χρόνια, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ΦΒ πάνελ (μέσος όρος ζωής 25-30

χρόνια) είναι μία συμφέρουσα επένδυση η οποία αποδίδει τόσο χρηματικό όσο και περιβαλλοντικό όφελος. Από τους υπολογισμούς μας προκύπτει ότι η απόσβεση του συστήματος μπορεί να επιτευχθεί σε 8,38 χρόνια. Επίσης παρουσιάζουμε ανάλυση του εξωτερικού ρυθμού απόδοσης της επένδυσης, δεδομένου ότι ο χρήστης πραγματοποιεί την επένδυση αποκλειστικά με δάνειο και βρίσκουμε ένα ρυθμό απόδοσης της επένδυσης των ΦΒ μονάδων σε μονοκατοικία ίσο με περίπου 5%. Συμπερασματικά η επένδυση αυτή είναι μια συμφέρουσα επένδυση τόσο από οικονομική σκοπιά όσο και από την σκοπιά της συμβολής κάποιου χρήστη στο περιβαλλοντικό ζήτημα.

Βιβλιογραφία

- Ayoub J., Dignard L., Filion A., (2001) *Photovoltaics for Buildings: opportunities for Canada*, Department of Natural Resources Canada.
- Bates, A. (1990) *Climate in Crisis: The Greenhouse Effect and what we can do*, Book Publishing Company
- Bube, R. (1998) “*Photovoltaic Materials*” Imperial College press, pp.41-48
- Chapin, D.M. Fuller, and C.S. Pearson G.L. (1954) “A New Silicon *p-n* Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power” Bell Telephone Laboratories, Inc., Murray Hill, New Jersey
- Foley, G. (1995) “*Photovoltaic application in rural areas of the developing world*”, World Bank Technical Paper
- Goetzberger, A. Hoffmann, V. (2005) *Photovoltaic Solar Generation*. CBS Publishers, New Delhi, pp.23-48
- Luque, A., Hegedus, S. (2003) *Handbook of photovoltaic science and engineering* John Wiley and Sons, West Sussex, England.
- Markvart, T., Castaner, L. (2003) *Practical handbook of photovoltaic's: Fundamentals and applications*, Part III C, Elsevier Science Ltd., Oxford
- Pulfrey, D. (1978) “Photovoltaic Power Generation”. New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1978. p.230
- PVSYST Software for photovoltaic systems, University of Geneva, Institute of Environmental Sciences (<http://www.pvsyst.com/5.2/index.php>)
- Soeren B. Kjaer, John K. Pedersen and Frede Blaabjerg (2005) “A Review of Single-Phase Grid-Connected Inverters for Photovoltaic Modules”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 41, No. 5, Sep. 2005
- ΚΑΠΕ (2001) «Φωτοβολταϊκή τεχνολογία, εφαρμογές στην Ελλάδα» Εκδόσεις ΚΑΠΕ (<http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
- ΚΑΠΕ (2002) «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε οικιστικά σύνολα» Εκδόσεις ΚΑΠΕ (<http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>)
- ΚΑΠΕ (2005) «Τεχνολογίες εξοικονόμησης σε κτίρια» Εκδόσεις ΚΑΠΕ
- Καπλάνης, Σ. (2004) *Μηχανική των φωτοβολταϊκών συστημάτων*, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- Κάππος, Μ. (2009) *Φωτοβολταϊκά, αιολικά, υδροηλεκτρικά*, Εκδόσεις Σταμούλης, Πειραιάς.

Φραγκιαδάκης, Ι. (2007) *Φωτοβολταϊκά συστήματα*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη

Διαδίκτυο

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. <http://www.noa.gr/>

PVGIS: Photovoltaic Geographic Information System (<http://sunbird.jrc.it/pvgis/>).

United Nations Framework Convention on Climate Change
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

U.S. Energy information administration, independent statistics and analysis
<http://www.eia.doe.gov>

Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) www.dei.gr

Κλαδική μελέτη ΕΤΕ, (2008) «Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν αναγκαία αλλά και ελκυστική επένδυση». <http://gre.energyplus.gr/blogentries/view/6>

Παπακωνσταντίνου, Α. (2004) «Το νομικό καθεστώς των ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας»
(<http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=248&lang=1&catpid=1>)

Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ)
<http://www.helapco.gr/pages/greek/kinitra.html>

Υπουργείο Ανάπτυξης (ΥΠΑΝ) www.ypan.gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Οικιακή συσκευή	Κατανάλωση ανά ώρα σε Watt
Ηλεκτρική καφετιέρα	900-1200 W
Στεγνωτήριο ρούχων	1800-5000 W
Πλυντήριο πιάτων (μεγάλο)	2500-3200 W
Πλυντήριο ρούχων	1500-2800 W
Ηλεκτρική κουζίνα	1500-2700 W
Ψυγείο (frost-free, 16 κυβικά πόδια)	725 W
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας	2500-4000W
Ανεμιστήρας οροφής	65-175 W
Πιστολάκι μαλλιών	1000-1875 W
Φορητή Θερμάστρα	1500-2000 W
Ηλεκτρικό Σίδερο	1000-1800 W
Φούρνος Μικροκυμάτων	400-1100 W
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής:	
CPU – εν λειτουργία / standby	120 / 30 W
Οθόνη εν λειτουργία / standby	150 / 30 W
Laptop	50 W
Στερεοφωνικό	70-400 W
Τηλεοράσεις (έγχρωμες) έως 19"	65-110 W
Τοστιέρα	800-1400 W
Βίντεο / DVD	20-50 W
Ηλεκτρική σκούπα	1000-1800 W



ΔΕΗ/Περιοχή

Αρ. Αίτησης:

Ημερομηνία:

**ΑΙΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ
ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΧΤ**

Στοιχεία Παραγωγού	
Όνομα/επωνυμία ενδιαφερόμενου φυσικού/νομικού προσώπου	
Κατοικία/έδρα ενδιαφερομένου φυσικού/νομικού προσώπου	
ΑΦΜ και ΔΟΥ ενδιαφερόμενου φυσικού/νομικού προσώπου	
Εκπρόσωπος επικοινωνίας με τη ΔΕΗ	
Ταχυδρομική και ηλεκτρονική διεύθυνση	
Τηλέφωνο	
Fax	
Στοιχεία Εγκατάστασης	
Είδος Παραγωγού	<input type="checkbox"/> Αυτοπαραγωγός <input type="checkbox"/> Ανεξάρτητος Παραγωγός
Θέση εγκατάστασης (θέση – τοπωνύμιο, δήμος, νομός)	
Διεύθυνση εγκατάστασης	
Συνολική εγκατεστημένη ισχύς (kW)	

Στοιχεία αδειούχου εγκαταστάτη (επωνυμία, ειδικότητα, διεύθυνση, τηλέφωνο)	
Στοιχεία Φωτοβολταϊκών πλαισίων	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς πλαισίου	
Αριθμός πλαισίων	
Πιστοποιήσεις	
Στοιχεία αντιστροφέα (inverter)	
Κατασκευαστής, προέλευση	
Τύπος - Μοντέλο	
Ονομαστική ισχύς εξόδου	
Μέγιστη ισχύς εξόδου	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης	
Συντελεστής ισχύος	
Διακύμανση τάσης εξόδου	(προεπιλεγμένη)

(προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(εύρος ρύθμισης)
Διακύμανση συχνότητας εξόδου (προεπιλεγμένη και δυνατό εύρος ρύθμισης)	(προεπιλεγμένη)
	(εύρος ρύθμισης)
Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	
Έγχυση DC	
Μετασχηματιστής απομόνωσης	Ναι / Όχι
Προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης (Islanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμης μεθόδου	Ναι / Όχι
Πλήρης περιγραφή τρόπου προστασίας	
Πιστοποιήσεις	
Έγγραφα και στοιχεία που συνοποβάλλονται κατά την αρχική αίτηση	
1. Τεχνικά εγχειρίδια φωτοβολταϊκών στοιχείων	<input type="checkbox"/>
2. Τεχνικά εγχειρίδια και πιστοποιητικά αντιστροφών	<input type="checkbox"/>
3. Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του σταθμού (υπογεγραμμένο από μελετητή κατάλληλης ειδικότητας)	<input type="checkbox"/>
4. Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (μόνο για την περίπτωση αυτοπαραγωγών)	<input type="checkbox"/>
5. Τοπογραφικό σχέδιο της ακριβούς θέσης της εγκατάστασης και χάρτη ΓΥΣ 1:5000 με απεικόνιση του πολυγώνου του γηπέδου (προκειμένου για οικόπεδα	<input type="checkbox"/>

εκτός σχεδίου πόλεως)	
6. Τίτλος κυριότητας (συμβολαιογραφική πράξη και πιστοποιητικό μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο), ή κατοχής του γηπέδου εγκατάστασης (σε περίπτωση απλής μίσθωσης, το μισθωτήριο θεωρημένο από τη ΔΟΥ και αντίγραφο του τίτλου κυριότητας του ιδιοκτήτη, στην δε περίπτωση πολλαπλών μισθώσεων στο ίδιο ακίνητο, το μισθωτήριο συμβόλαιο από συμβολαιογράφο συνοδευόμενο από το πιστοποιητικό μεταγραφής του στο υποθηκοφυλακείο).	<input type="checkbox"/>
7. Έγγραφο εξαίρεσης από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής εκδοθέν από τη ΡΑΕ (για σταθμούς ισχύος άνω των 20 kW)	<input type="checkbox"/>
8. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο αιτών να βεβαιώνει ότι η συγκεκριμένη έκταση βρίσκεται εκτός περιοχών NATURA 2000, εθνικών δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σύμφωνα με τις διατάξεις της ΚΥΑ υπ' αριθ. 145799/2005 (για οικόπεδα)	<input type="checkbox"/>
9. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία ο αιτών να δηλώνει ότι όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτησή του είναι αληθή	<input type="checkbox"/>
10. Έγκριση εργασιών από την αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία της περιοχής εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού, σύμφωνα με την παράγραφο 9 του Άρθρου 27α του Ν. 3734/2009	<input type="checkbox"/>
Έγγραφα και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομιστούν προ της σύνδεσης του σταθμού με το Δίκτυο	
11. Αντίγραφο της Σύμβασης Πώλησης Ηλεκτρικής Ενέργειας μεταξύ Παραγωγού και ΔΕΣΜΗΕ ή μεταξύ Παραγωγού και Διαχειριστή μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά)	<input type="checkbox"/>
12. Υπεύθυνη Δήλωση Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη (Υ.Δ.Ε.) για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένη τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης και συνημμένο μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης	<input type="checkbox"/>

13. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο Παραγωγός θα αναφέρει τις ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα τα οποία σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα τα +/- 0,5 Hz καθώς επίσης και την πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις :

- Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα,
- Επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία λεπτά.



Επίσης θα αναφέρει το χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης

14. Αντίγραφο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης (Εγκριση Περιβαλλοντικών Όρων) από την αρμόδια υπηρεσία, για σταθμούς άνω των 20 kW



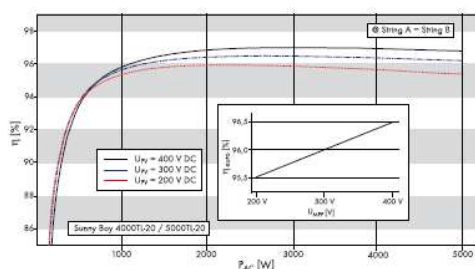
Τεχνικά χαρακτηριστικά SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
Είσοδος (DC)		
Μέγ. ισχύς DC	4300 W	5300 W
Μέγ. τάση DC	550 V	550 V
Περιοχή φωτοβολταϊκής τάσης, σημείο μέγιστης ισχύος (μέσω ανιχνευτή MPP)	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Συνιστώμενη περιοχή στην ονομαστική ισχύ	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Μέγ. ρεύμα εισόδου	2 x 15 A	2 x 15 A
Αριθμός των ανιχνευτών σημείου μέγιστης ισχύος	2	2
Μέγ. αριθμός στοιχειοσειρών (παράλληλη σύνδεση)	2 x 2	2 x 2
Έξοδος (AC)		
Ονομαστική ισχύς AC	4000 W	4600 W
Μέγ. ισχύς AC	4000 W	5000 W
Μέγ. ρεύμα εξόδου	22 A	22 A
Ονομαστική τάση / Περιοχή τάσεων AC	220 V - 240 V / 180 V - 280 V	220 V - 240 V / 180 V - 280 V
Συχνότητα δικτύου AC / Περιοχή	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz
Συντελεστής ισχύος (cos φ)	1	1
Σύνδεση AC	μονοφασικό	μονοφασικό
Βαθμός απόδοσης		
Μέγ. βαθμός απόδοσης	97,0 %	97,0 %
Euro-eτα	96,2 %	96,5 %
Συστήματα προστασίας		
Προστασία αντιστροφής πόλων DC	●	●
Διακόπτης ESS απομόνωσης φορτίου DC	●	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	●	●
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος γης	●	●
Επιτήρηση δικτύου (SMA grid guard)	●	●
Μονάδα επιτήρησης ρευμάτων διαρροής ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα	●	●
Γενικά στοιχεία		
Διαστάσεις (Πλάτος / Ύψος / Βάθος) σε mm	470 x 445 x 180	470 x 445 x 180
Βάρος	25 kg	25 kg
Περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Ίδια κατανάλωση: Λειτουργία (Αναμονής) / νυχτερινή	< 10 W / < 0,5 W	< 10 W / < 0,5 W
Τοπολογικά στοιχεία	χωρίς μετασχηματιστή	χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool	OptiCool
Χώρα τοποθέτησης: εσωτερικά / εξωτερικά (Προστασία ηλεκτρονικών IP65, περιοχή σύνδεσης IP54)	●/●	●/●
Εξοπλισμός		
Σύνδεση DC: MC3 / MC4 / Τύσο	○/●/○	○/●/○
Σύνδεση AC: Συνδέτηρας με ελατήριο	●	●
Οθόνη γραφικών	●	●
Διεσφές: Bluetooth / RS485	●/○	●/○
Εγγύηση: 5 έτη / 10 έτη	●/○	●/○
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις	www.SMA-Hellas.com	www.SMA-Hellas.com

● Βασικός εξοπλισμός ○ Προαιρετικά

Στοιχεία στις ονομαστικές συνθήκες

Καμπύλη βαθμού απόδοσης



SHARP



NU-SOE3E

Mono-Crystalline Silicon
Photovoltaic Module
with 180 W Maximum Power

SPECIFICATIONS

Cell	Mono-crystalline silicon solar cells
No. of cells and connections	155 mm square 48 in series
Application	High voltage system
Maximum system voltage	DC 1000V
Maximum power	180 W
Dimensions	1318 x 994 x 46mm
Weight	16.0 kg

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameters	Rating	Unit
Operating temperature	-40 to +90	°C
Storage temperature	-40 to +90	°C
Dielectric voltage withstand	2200 max.	V-DC

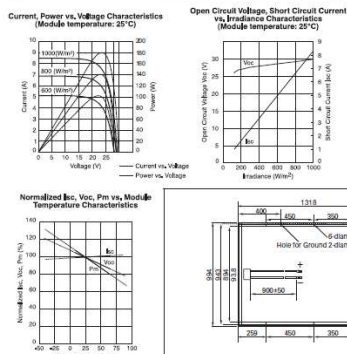
OUTPUT TERMINAL

Type of output terminal	Lead wire with connector
-------------------------	--------------------------

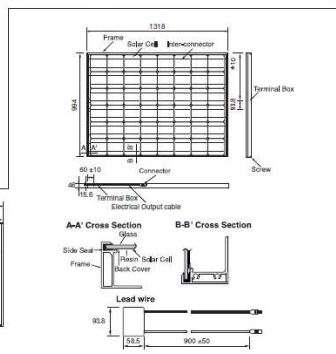
ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

Model	NU-SOE3E				
Parameters	Symbol	Min.	Typ.	Unit	Condition
Open circuit voltage	Voc	—	30.0	V	Standard test condition (STC) :Irradiance 1000 W/m ² :AM1.5 :Cell temperature 25°C
Maximum power voltage	Vpm	—	23.7	V	
Short circuit current	Isc	—	8.23	A	
Maximum power current	Ipm	—	7.60	A	
Maximum power	Pm	171	180	W	
Encapsulated solar cell efficiency	ηc	—	00.0	%	
Module efficiency	ηm	—	13.7	%	

CHARACTERISTICS



OUTLINE DIMENSIONS



In the absence of confirmation by specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP products shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest specification sheets before using any SHARP products.

* Specifications are subject to change without notice.

APPLICATIONS

- Grid connected residential systems
- Office buildings
- Solar power stations
- Solar villages
- Villas, mountain cottages
- Pumps
- Lighting equipment
- Traffic signs
- Radio relay stations
- Beacons
- Telemeter systems
- Telecommunication systems