



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΘΕΜΑ

Σχεδιασμός εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στοιχείων σε κτιριακό περιβάλλον λαμβάνοντας υπόψη το νέο θεσμικό πλαίσιο πώλησης ενέργειας στη ΔΕΗ.



Σπουδαστής: Ρομπογιαννάκης Φραγκίσκος τ. Λεάνδρου

ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	2
Ενότητα 1 <sup>η</sup> Περιβαλλοντικά Θέματα.....	4
Ενότητα 2 <sup>η</sup> Ηλιακή Ενέργεια.....	9
Ενότητα 3 <sup>η</sup> Ανάλυση Φωτοβολταϊκών και επιμέρους Στοιχείων .....	11
3.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο .....	11
3.2 Φωτοβολταϊκά Στοιχεία .....	12
3.3. Ημιαγωγοί .....	14
3.4 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια .....	17
3.5 Μονοκρυσταλλικά Κύτταρα SI .....	19
3.6 Πολυκρυσταλλικά Κύτταρα SI.....	19
3.7 Άμορφα Κύτταρα SI.....	20
3.8 Αξιολόγηση Τεχνολογιών.....	20
Ενότητα 4 <sup>η</sup> Οριοθέτηση Φωτοβολταϊκών .....	23
4.1 Στήριξη με σταθερή γωνία στήριξης του Συλλέκτη .....	24
4.2 Στήριξη με επόχικη ρύθμιση της κλίσης του Συλλέκτη .....	27
4.3 Συστήματα συνεχούς ημερησίας παρακολούθησης .....	28
Ενότητα 5 <sup>η</sup> Εγκατάσταση σε στέγες.....	32
5.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β .....	39
5.2 Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών συστημάτων .....	42
5.3 Χωροθέτηση Φ/Β συστημάτων .....	42
5.4 Κόστος Φ/Β συστήματος.....	43
5.5 Απόδοση Φ/Β Συστήματος.....	44
Ενότητα 6 <sup>η</sup> Στάδια Αδειοδότησης.....	44
6.1 Δικαιολογητικά για το πρόγραμμα Φ/Β στις στέγες .....	50
6.2 Συνήθειες εγγυήσεις από εταιρείες του κλάδου .....	51
6.3 Τιμές πώλησης παραγόμενης ενέργειας από Φ/Β .....	52
6.4 Ευκαιρίες χρηματοδότησης .....	52
6.5 Βήματα για την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος .....	53
6.6 Απαιτούμενη ίδια συμμετοχή .....	54
6.7 Παραδείγματα επενδύσεων σε Φ/Β συστήματα .....	55
6.8 Τρόποι εγκατάστασης φωτοβολταϊκών .....	57
6.9 Μέγεθος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος .....	58
6.10 Υπολογισμός ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.....	58
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	<u>61</u>
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	62

## Εισαγωγή:

Στις πόλεις καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες, σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα (κυρίως δηλαδή με την καύση ορυκτών καυσίμων). Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις πηγές αυτές, οι οποίες, παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς.

Αντιθέτως, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αναπληρώνονται μέσω των φυσικών κύκλων και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, η γεωθερμία, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες, όπως το ξύλο και ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας, που η προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Εξάλλου, η αξιοποίησή τους για την παραγωγή ενέργειας δεν επιβαρύνει το περιβάλλον. Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για την κάλυψη μέρους των ενεργειακών μας αναγκών, συνεισφέροντας στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικά καύσιμα, στην ελάττωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην ανάπτυξη αποκεντρωμένων περιοχών. Οι μορφές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας είναι:

➤ **Η Ηλιακή Ενέργεια**, η οποία αξιοποιείται με τα:

α) Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

β) Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα

Τα ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν, την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κλπ. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η χώρα μας είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη μετά την Κύπρο σε εγκατεστημένους ηλιακούς συλλέκτες ανά κάτοικο.

γ) Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάρoi, κ.α.). Μικροί υπολογιστές και ρολόγια χρησιμοποιούν τα Φ/Β για την λειτουργία τους. Στην Ελλάδα υπάρχουν προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας.

#### ➤ **Αιολική Ενέργεια**

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου υπήρξε από την αρχαιότητα μια λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου: ιστιοφόρα, ανεμόμυλοι κ.λ.π. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας είναι από τις ευνοϊκότερες γεωγραφικές θέσεις παγκοσμίως για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

#### ➤ **Βιομάζα**

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα καυσόξυλα, τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας.

#### ➤ **Γεωθερμία**

Η Γεωθερμία είναι μία ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή που μπορεί με τις σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες να καλύψει ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης, αλλά και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια σε ορισμένες περιπτώσεις. Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού ή ατμού ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και μπορεί να έχει τιμές από 25 °C μέχρι 350 °C. Στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν υψηλή θερμοκρασία (πάνω από 150 °C) η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται για τη θέρμανση κατοικιών, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών κ.λπ.

#### ➤ **Η Υδραυλική Ενέργεια**

Η υδραυλική ενέργεια, όπως λέγεται η ενέργεια του νερού, είναι μια παραδοσιακή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τον άνθρωπο. Το νερό πέφτοντας από κάποιο ύψος ή ρέοντας με μεγάλη ταχύτητα μπορεί να περιστρέψει τροχούς με πτερύγια (υδροστροβίλους). Αυτή την περιστροφή την αξιοποιούμε παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια σε ειδικές εγκαταστάσεις (υδροηλεκτρικοί σταθμοί).

## Ενότητα 1<sup>η</sup>: Περιβαλλοντικά Θέματα

Οι ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί ανησυχητικά τις τελευταίες δεκαετίες λόγω των εντεινόμενων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων παγκοσμίως. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παγιδεύεται στην ατμόσφαιρα θερμότητα, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα εκλυόταν στο διάστημα, οπότε ενισχύεται το "φαινόμενο του θερμοκηπίου" ή αλλιώς υπερθέρμανση του πλανήτη.

Το κλίμα της γης διαμορφώνεται από μια συνεχή ροή ενέργειας από τον ήλιο. Θερμική ενέργεια, η οποία προέρχεται από τις ακτίνες του ήλιου, διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα και θερμαίνει την επιφάνεια της γης. Με αυτόν τον τρόπο οι άνθρωποι λαμβάνουμε θερμότητα από τον ήλιο, που είναι απαραίτητη για να επιβιώνουμε στη γη.

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, η γη εκπέμπει τη θερμική ενέργεια (υπέρυθρη ακτινοβολία) πίσω στην ατμόσφαιρα. Ένα ποσοστό αυτής της θερμότητας απορροφάται από αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), το όζον (O<sub>3</sub>) και οι υδρατμοί. Τα αέρια αυτά είναι γνωστά και ως αέρια του θερμοκηπίου.

Αυτά τα αέρια που ούτως ή άλλως βρίσκονται σε φυσικές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα, λειτουργούν ως "κουβέρτα" ή ως "θερμοκήπιο" και εγκλωβίζουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα, αποτρέποντας την αντανάκλασή της πολύ μακριά από τη γη. Διατηρούν έτσι τη μέση θερμοκρασία της γης στους 15°C περίπου: αυτή η θερμοκρασία είναι επαρκής για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Χωρίς αυτά τα αέρια, η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου - 18°C, θερμοκρασία που είναι πολύ χαμηλή για τη διατήρηση ζωής. Αυτό το φυσικό φαινόμενο θέρμανσης είναι γνωστό και ως «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι το πιο σημαντικό από τα αέρια που διατηρούν ζεστή την ατμόσφαιρά μας. Τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια πριν, η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν πολύ υψηλότερη σε σχέση με σήμερα (80% σε σχέση με τη συγκέντρωση του 0,03 % που παρατηρείται σήμερα). Όμως, μέσω της φωτοσύνθεσης το ποσοστό της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια του χρόνου ελαττώθηκε κατά πολύ. Όλη αυτή η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα εγκλωβίστηκε μέσα σε οργανισμούς, που στη συνέχεια σχημάτισαν ορυκτά, όπως οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο, στο στερεό φλοιό της γης.

Κατά τη διάρκεια του φυσικού κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα, η ποσότητα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρά διατηρείται σε ισορροπία. Μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης των φυτών αλλά και των ηφαιστειακών εκρήξεων, απελευθερώνεται φυσικό CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, όπου παραμένει για 100 περίπου χρόνια. Απομακρύνεται πάλι από την ατμόσφαιρα, μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών και μέσω της διάλυσης του στο νερό (για παράδειγμα, στους ωκεανούς). Η ποσότητα του φυσικά παραγόμενου CO<sub>2</sub> εξισορροπείται σχεδόν απόλυτα από την ποσότητα που αφαιρείται με φυσικό τρόπο. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όμως, έχουν επίδραση σε αυτό το ισοζύγιο, και είναι αυτές που σε μεγάλο βαθμό ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Στο παρελθόν, το κλίμα της γης έχει πολλές φορές μεταβληθεί ως αποτέλεσμα φυσικών αιτίων. Όμως, οι αλλαγές που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια και αυτές που προβλέπονται στο μέλλον,



οφείλονται κυρίως στην ανθρώπινη συμπεριφορά: μέσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες απελευθερώνονται κάθε χρόνο στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα - 29 δισεκατομμύρια τόνοι το 2004 - και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να θερμαίνεται ο πλανήτης.

Από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, οι άνθρωποι ξεκίνησαν να καίνε ορυκτά καύσιμα σε μαζικές ποσότητες για να κινήσουν οχήματα, να θερμάνουν τις κατοικίες τους, να εκτελέσουν τις επαγγελματικές τους δραστηριότητες, να τροφοδοτήσουν τα εργοστάσια με ενέργεια. Η ενέργεια που παίρνουμε από την καύση των ορυκτών καυσίμων έχει αποθηκευτεί σε αυτά εκατομμύρια χρόνια πριν. Τα τελευταία 200 χρόνια έχουμε καταναλώσει ένα μεγάλο μέρος των αποθεμάτων αυτών των ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα την αύξηση της ποσότητας του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, μέσα από την συνεχιζόμενη αποψίλωση των δασών απελευθερώνεται το διοξείδιο του άνθρακα που είναι αποθηκευμένο στα δέντρα και το έδαφος.

Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα οδηγεί στον εγκλωβισμό υπερβολικής ποσότητας θερμότητας με συνέπεια την αύξηση του πάχους της "κουβέρτας του θερμοκηπίου". Αυτό προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης, η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην αλλαγή του κλίματος.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) είναι το πιο σημαντικό από τα αέρια που προκαλούν την υπερθέρμανση του πλανήτη και προέρχεται από την ανεξέλεγκτη καύση των ορυκτών καυσίμων. Άλλα αέρια είναι το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το οποίο προέρχεται από την αναερόβια (χωρίς οξυγόνο) αποικοδόμηση οργανικής ύλης π.χ από τις εντερικές ζυμώσεις των ζώων και τα απόβλητα, το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), το οποίο προέρχεται κυρίως από γεωργικές αλλά και από βιομηχανικές δραστηριότητες και τρία τεχνητά αέρια: οι φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (HFCs), οι υπερφθοράνθρακες (PFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>) τα οποία παράγονται από βιομηχανικές διεργασίες. Ο έλεγχος αυτών των έξι αερίων του θερμοκηπίου είναι το αντικείμενο της συμφωνίας του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

Δεδομένα από το World Resources Institute δείχνουν ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν προσθέσει στην ατμόσφαιρα 2.3 τρισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> τα τελευταία 200 χρόνια. Η μεγαλύτερη απόλυτη αύξηση στις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα παρουσιάστηκε το 2004, όταν μόνο από την κατανάλωση των ορυκτών καυσίμων προστέθηκαν στην ατμόσφαιρα πάνω από 28 εκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα. (Πηγή: WRI, Navigating the numbers, βασισμένη σε δεδομένα παρμένα από τις εξής φορείς IEA, EIA, Marland et al, and BP.) Συνολικά, η



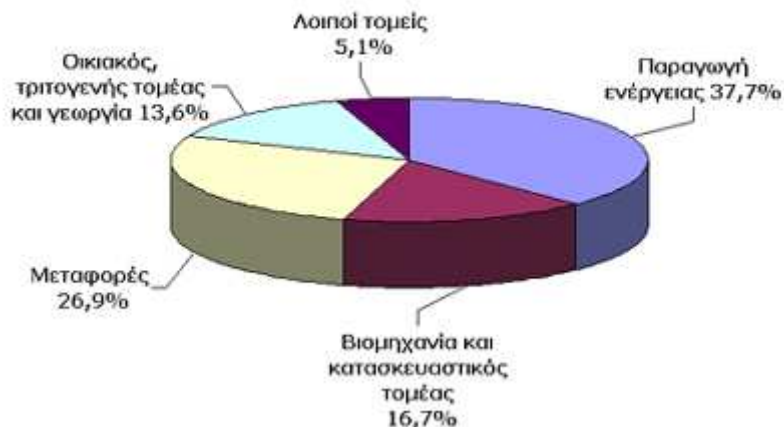
συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 31% από το 1750, δηλαδή από τη Βιομηχανική Επανάσταση. Οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα είναι πλέον περίπου 12 φορές υψηλότερες σε σχέση με το 1900, καθώς οι ανθρώπινες κοινωνίες ανά την υφήλιο καίνε αυξημένες ποσότητες γαιάνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου για την παραγωγή ενέργειας.

Σήμερα, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι η υψηλότερη που έχει παρατηρηθεί τα τελευταία 420.000 χρόνια.

Το 2005 μαζί με το 1998, ήταν οι πιο θερμές χρονιές που έχουν καταγραφεί ποτέ. Ίσως ακόμα πιο ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι τα 10 θερμότερα χρόνια που έχουν καταγραφεί παγκοσμίως από το 1856 παρατηρήθηκαν τα τελευταία 15 χρόνια. Στοιχεία από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό δείχνουν ότι τα 11 θερμότερα χρόνια με φθίνουσα σειρά ήταν: 1998 & 2005 (μαζί), 2002 και 2003 (μαζί), 2001, 1997, 1995, 1990 και 1999 (μαζί), 1991 & 2000 (μαζί).

Το καλύτερο σενάριο ως προς την αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> προβλέπει διπλάσιες συγκεντρώσεις αυτού του αερίου στην ατμόσφαιρα το 2100 σε σχέση με τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνταν πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση. Σύμφωνα με το χειρότερο σενάριο, αυτός ο διπλασιασμός αναμένεται νωρίτερα, περίπου το 2045. Η τρίτη αναφορά αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) προβλέπει αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας μεταξύ 1,4°C και 5,8°C, έως το τέλος του αιώνα. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αντιστοιχεί στο 37% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Ένας μεσαίου μεγέθους σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιεί το κάρβουνο (γαιάνθρακα) ως καύσιμο, καταναλώνει διπλάσια ποσότητα ενέργειας σε σχέση με την ποσότητα ενέργειας που μετατρέπει σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Αντίστοιχα, ένας μεγάλου μεγέθους σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των 1000 (MW), εκπέμπει κατά μέσο όρο 5,6 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> το χρόνο.

Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου των ανεπτυγμένων χωρών που σχετίζονται με την καύση ορυκτών καυσίμων ανα τομέα το 2004

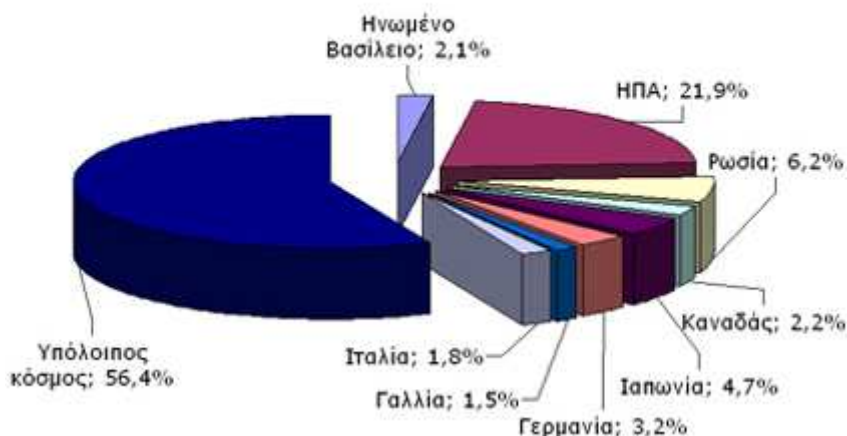


Πηγή: UNFCCC

Οκτώ χώρες, οι πλουσιότερες οικονομίες του κόσμου, δηλαδή ο Καναδάς, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιταλία, η Ιαπωνία, το Ηνωμένο Βασίλειο, οι ΗΠΑ και η Ρωσία, επίσης γνωστές ως G8, παρήγαν πάνω από 40% (43,6%) των παγκόσμιων εκπομπών το 2004.

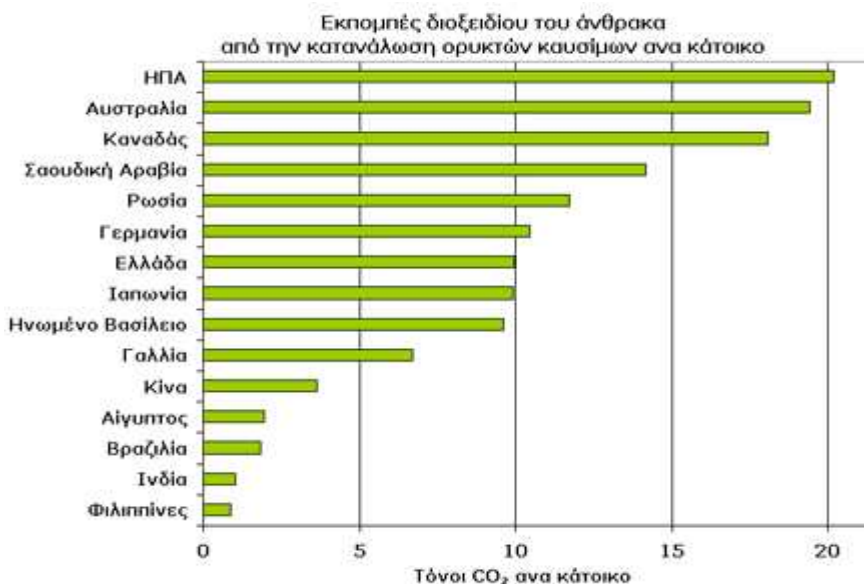
Επίσης, οι ανεπτυγμένες χώρες έχουν υπερβεί κατά πολύ το μέσο όρο των κατά κεφαλή εκπομπών CO<sub>2</sub>, ο οποίος το 1998 ανερχόταν σε 3,85 τόνους.

Πηγές των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων το 2004



Πηγή: Δεδομένα εκπομπών CO<sub>2</sub> για το 2004 από την υπηρεσία Διαχείρισης Πληροφοριών Ενέργειας (Energy Information Administration), Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α.: Παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από την κατανάλωση και την καύση των ορυκτών καυσίμων, 1980 - 2004.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά κεφαλή στη χώρα μας ανέρχονταν το 2004 σε 9,97 tn CO<sub>2</sub>/κάτοικο, πολύ περισσότερο από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ιταλία, η Ισπανία, η Πορτογαλία, η Γαλλία, η Σουηδία κτλ.



Οι βιομηχανοποιημένες χώρες είναι κυρίως υπεύθυνες για την αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και εκείνες από τις οποίες ξεκίνησαν οι προσπάθειες μείωσης των εκπομπών, επειδή:

1. Εκλύουν την τρέχουσα περίοδο και από ιστορικής άποψης τις υψηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>.



2. Οι κατά κεφαλήν εκπομπές τους είναι πολλαπλάσια υψηλότερες σε σχέση με εκείνες των αναπτυσσόμενων χωρών.
3. Έχουν την οικονομική δυνατότητα να επενδύσουν άμεσα σε τεχνολογίες εξοικονόμησης και "καθαρής" ενέργειας στις βιομηχανίες τους.

Οι πολέμιοι του Πρωτοκόλλου του Κιότο παραπονιούνται ότι δεν υπάρχουν δεσμεύσεις ελάττωσης ή περιορισμού των εκπομπών για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ωστόσο, η αποδοχή πως πρώτα οι βιομηχανοποιημένες χώρες θα πρέπει να λάβουν μέτρα, είχε καθοριστεί πριν από το Πρωτόκολλο και περιέχεται στο άρθρο 3.1 της Συνθήκης Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC): "Οι ανεπτυγμένες χώρες θα πρέπει να πρωτοστατήσουν στην καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος".

Σύμφωνα με τη μελέτη του WWF Global Warming and Terrestrial Biodiversity Decline (Αύγουστος 2000), η αύξηση της θερμοκρασίας της γης θα μπορούσε να επηρεάσει καθοριστικά το ένα τρίτο των ενδιαιτημάτων των φυτών και των ζώων ως το τέλος του 21ου αιώνα. Αντίστοιχη μελέτη που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό Nature (Ιανουάριος 2004) αποκαλύπτει ότι η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση περισσότερων από ένα εκατομμύριο χερσαίων ειδών τα επόμενα πενήντα χρόνια. Σπάνια είδη, κατακερματισμένα οικοσυστήματα και περιοχές που βρίσκονται ήδη υπό πίεση λόγω της ρύπανσης και της αποψίλωσης των δασών είναι οι πιο ευάλωτες.

Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας της γης αυξάνεται με ταχύτερους ρυθμούς σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη χρονική περίοδο τα τελευταία 10.000 χρόνια. Η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη της τελευταίας χιλιετίας. Καθώς η γη ζεσταίνεται όλο και περισσότερο, οι επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη γίνονται εμφανείς από τις υψηλότερες κορυφές των βουνών ως τα βάθη των ωκεανών και από τον ισημερινό ως τους πόλους.

Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης προκαλεί το λιώσιμο των παγετώνων σε κάθε γωνιά του κόσμου, θέτοντας εκατομμύρια ανθρώπων σε κίνδυνο λόγω πλημμυρών, ξηρασιών και έλλειψης πόσιμου νερού.



Το 2002, η έκταση των Αρκτικών πάγων ήταν κατά 14% κάτω από το μέσο όρο των τελευταίων 24 ετών, σύμφωνα με το Εθνικό Κέντρο Δεδομένων Χιονιού και Πάγων (National Snow and Ice Data Center) των ΗΠΑ, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από έρευνα της NASA.

Έκθεση που δημοσιοποιήθηκε από το WWF και από κορυφαίους μετεωρολόγους δείχνει ότι η παγκόσμια θέρμανση λόγω ανθρωπογενών αιτιών ήταν ένας βασικός παράγοντας της έντονης ξηρασίας που έπληξε την Αυστραλία το 2002, η οποία γενικά θεωρείται ως η χειρότερη που έχει παρατηρηθεί ποτέ.

Το 2003, την πιο θερμή χρονιά που έχει παρατηρηθεί στη Σκωτία από τότε που ξεκίνησαν οι σχετικές καταγραφές, παρατηρήθηκαν εκατοντάδες θάνατοι

ενήλικων σολομών σε ποταμούς, καθώς η θερμοκρασία των νερών των ποταμών ανέβηκε σε πολύ υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα αυτό το ψάρι να μην μπορεί να λάβει αρκετή ποσότητα οξυγόνου από το νερό.

Οι ελλείψεις τροφής που σχετίζονται με την υπερθέρμανση των θαλασσών, προκάλεσαν τους θανάτους εκατοντάδων χιλιάδων θαλασσοπούλιων έξω από τις ακτές της Καλιφόρνιας.

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι στις διάφορες θαλάσσιες περιοχές του πλανήτη έχουν υποστεί σοβαρές βλάβες, λόγω των ασυνήθιστα υψηλών θερμοκρασιών των ωκεανών. Με τον τρέχοντα ρυθμό υποβάθμισης, το σύνολο του μεγάλου κοραλλιογενούς υφάλου στην Αυστραλία (Great Barrier Reef) μπορεί να νεκρωθεί μέσα στο χρονικό διάστημα ζωής ενός ανθρώπου. Οι καταστρεπτικές πρακτικές ψαρέματος, η ρύπανση, η ανάπτυξη κατά μήκος των ακτών και η κλιματική αλλαγή



συνεισφέρουν στην καταστροφή τ- Πόλεις όπως η Αθήνα, το Σικάγο, το Μιλάνο, το Νέο Δελχί και το Παρίσι έχουν βιώσει τις ολέθριες επιπτώσεις της υπερβολικής ζέστης παρελθόντων καυσώνων. Ο καύσωνας του 2003 στην Ευρώπη ήταν η αιτία να πεθάνουν 14.800 άνθρωποι στη Γαλλία, σύμφωνα με τα επίσημα στατιστικά δεδομένα που δημοσιεύτηκαν τον Σεπτέμβριο του 2003, και 4.200 στην Ιταλία. Το Εθνικό Ινστιτούτο της Γαλλίας για την Υγεία και την Ιατρική Έρευνα εξέδωσε ανακοίνωση σύμφωνα με την οποία ο αριθμός θανάτων ήταν κατά μέσο όρο 60% υψηλότερος σε σχέση με το συνηθισμένο για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο του έτους.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας απειλεί ολόκληρα νησιωτικά έθνη που βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας στον Ειρηνικό και στον Ινδικό Ωκεανό.

Υπερ-τυφώνες του τύπου Mitch, Floyd και Katrina μπορεί πολύ εύκολα να γίνουν ένα περισσότερο συνηθισμένο φαινόμενο. Εκτιμάται, ότι το κόστος για τις ασφαλιστικές εταιρίες από τις ζημιές που προκάλεσε ο Katrina έφθασε τα 34–50 δισεκατομμύρια δολάρια (Πηγή: European Environment Agency).

Οι πλημμύρες, η ξηρασία και η εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών, όπως η ελονοσία σε νέες περιοχές θα θέσουν τους πόρους τροφής και νερού κάτω από έντονη πίεση. Η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης είναι δυνατό να προκαλέσει περιφερειακές συγκρούσεις, καθώς μεγάλος αριθμός περιβαλλοντικών προσφύγων θα αναγκαστεί να εγκαταλείψει τις εστίες του.

Ο ταχύς ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της γης θέτει σε κίνδυνο το ένα τρίτο των δασικών εκτάσεων του πλανήτη, καθώς και τα είδη των οργανισμών που εξαρτώνται από τα δάση για την επιβίωσή τους. των κοραλλιογενών υφάλων.

## **Ενότητα 2<sup>η</sup>: Ηλιακή Ενέργεια**

Με την ηλιακή ενέργεια μπορούμε να βοηθήσουμε στην λύση του παραπάνω προβλήματος:

1. Παράγουμε καθαρή και ανεξάντλητη ενέργεια από τον ήλιο, χωρίς την μεσολάβηση ρυπογόνων, θορυβωδών εγκαταστάσεων και μάλιστα δωρεάν(μετά το κόστος εγκατάστασης). Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει πάνω στην Γη μας, είναι παγκοσμίως  $1,54 \times 10^{18}$  KWH/έτος, δηλ. περίπου 15.000 φορές περισσότερη από την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας ανά έτος. Θεωρητικά θα έφθανε μόνο το 0,01% της ενέργειας αυτής για να καλύψουμε τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες.
2. Μειώνουμε τις εκπομπές CO<sub>2</sub> στον πλανήτη, άρα συμβάλουμε στην επιβράδυνση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Να σημειώσουμε εδώ, ότι 1 KW Φ/Β που παράγει στην Ελλάδα κατά μέσο όρο 1300 KWH το χρόνο, αποτρέπει την έκλυση 1450 kg CO<sub>2</sub>, όσο δηλ. απορροφούν ετησίως 2 περ. στρέμματα δάσους ή 100 δέντρα.

Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδος:



Όλοι γνωρίζουμε ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα συστήματα για τα οποία μιλάμε έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν από χρόνια στην Β.Ευρώπη, καταλαβαίνει κανείς το πόσο πίσω έχουμε μείνει και το τι μπορούμε να κάνουμε με όλο αυτό το ηλιακό δυναμικό που απλόχερα (και δωρεάν) μας προσφέρετε χειμώνα – καλοκαίρι.

Ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 KWH ανά εγκατεστημένο KW. Εννοείται ότι στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ό,τι στις βόρειες. Για παράδειγμα, αναφέρουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1300-1400 KWH/έτος/KW, στη Θεσσαλονίκη 1150-1250 KWH/έτος/KW στην Κρήτη ή Ρόδο 1350-1500 KWH/έτος/KW.

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 3<sup>η</sup>: Ανάλυση φωτοβολταϊκών και επιμέρους στοιχείων**

### **3.1. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ**

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλ. η άμεση μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, όταν αυτό προσπέσει πάνω σε ορισμένου είδους υλικά, ανακαλύφθηκε ήδη από το 1839 από τον Γάλλο φυσικό A.E.Becquerel. Μετά ξεχάστηκε και επανήλθε στη «μόδα» μετά την ανακάλυψη του transistor το 1949, με αποτέλεσμα την κατασκευή της πρώτης Φ/Β κυψέλης (κυττάρου) στις ΗΠΑ το 1954.


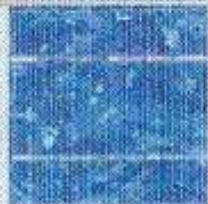

Ένα Φ/Β κύτταρο αποτελείται από δύο στρώματα πολύ καθαρού πυριτίου (Si), το οποίο με επιλεκτική πρόσμειξη αποκτά ιδιότητες ημιαγωγού(πυρίτιο τύπου p, πυρίτιο τύπου n). Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στην επιφάνεια ενός Φ/Β στοιχείου(στην πράξη, στην ένωση των δύο στρωμάτων), μια διαφορά δυναμικού αναπτύσσεται ανάμεσα στην πάνω και κάτω μεριά του στοιχείου. Αν τώρα ενωθούν οι δύο πλευρές μεταξύ τους, ρέει ηλεκτρικό ρεύμα και το στοιχείο παράγει ηλεκτρική ισχύ.

Η τάση που παράγεται κυμαίνεται από 0,5-1,2 V, ανάλογα με τον τύπο του Φ/Β στοιχείου. Τα Φ/Β στοιχεία είναι πολύ λεπτά (~0,3 mm)άρα και πολύ ευαίσθητα, γι' αυτό πρέπει να προστατεύονται από τις εξωτερικές επιδράσεις. Τοποθετούνται λοιπόν μέσα σε πλαίσια, που αποτελούνται από σκληρυμένο γυαλί κάτω από το οποίο απλώνονται τα Φ/Β στοιχεία και συνδέονται ηλεκτρονικά μεταξύ τους. Τα Φ/Β στοιχεία παράγουν συνεχή τάση (D.C).

Όταν ηλιακή ακτινοβολία προσπέσει σε ένα Φ/Β στοιχείο, ανάλογα με το υλικό και τον τρόπο κατασκευής του, μετατρέπεται ένα 5-16% αυτής σε ηλεκτρική ενέργεια(με τη σημερινή τεχνολογία. Ήδη υπάρχουν βάσιμες ελπίδες σε νέες έρευνες που γίνονται ,ότι σύντομα θα φτάσει το 40%),ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα. Το ποσοστό εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, η οποία σήμερα είναι κυρίως τριών ειδών:

- α) Μονοκρυσταλλικά**
- β) Πολυκρυσταλλικά**
- γ) Άμορφα**

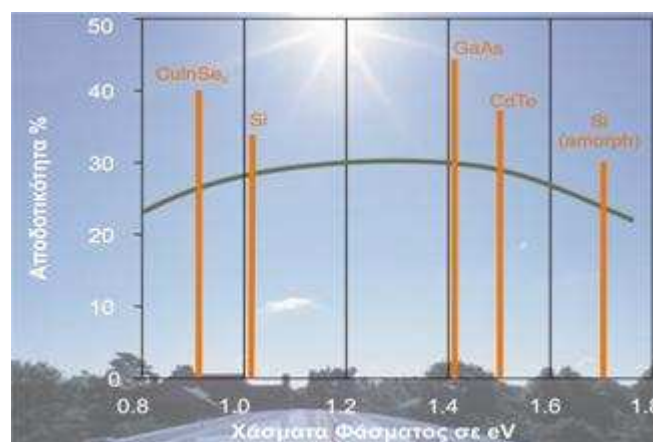
Στο παρακάτω σχήμα βλέπετε την κάθε κατηγορία Φ/Β, την απόδοσή τους και την απαιτούμενη επιφάνεια εγκατάστασης για ισχύ 1 KW.

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Κρυσταλλικά	
		Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση (%)	<b>Αμορφα</b> Υέτριο (5,5-8%) <b>CSIS</b> Καλή (8-9,5%)	Καλή (11-14%)	Καλή (13-16%)
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά KW	11-20 m <sup>2</sup>	8-10 m <sup>2</sup>	7-8,5 m <sup>2</sup>

Να αναφέρουμε επίσης ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν επηρεάζεται από χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες. Κρύα Φ/Β δουλεύουν καλύτερα από τα θερμά δηλ. με ηλιοφάνεια το χειμώνα η απόδοση μπορεί να είναι καλύτερη από το καλοκαίρι.

### 3.2. Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών γεννητριών και η καρδιά κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ή ηλιακά κύτταρα ή κυψελίδες. Αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου, που καθώς δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία, εκδηλώνουν μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και στην πίσω όψη τους. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση ακτινοβολίας που δέχονται, ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο μπορεί να δώσει μέχρι 0.5-1.0 V και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40mA ανά cm<sup>2</sup> της επιφανείας του.



*Θεωρητικά μέγιστα επίπεδα της απόδοσης διαφόρων φωτοβολταϊκών κυττάρων σε συνάρτηση με το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού από τον οποίο είναι κατασκευασμένα σε κανονικές συνθήκες.*

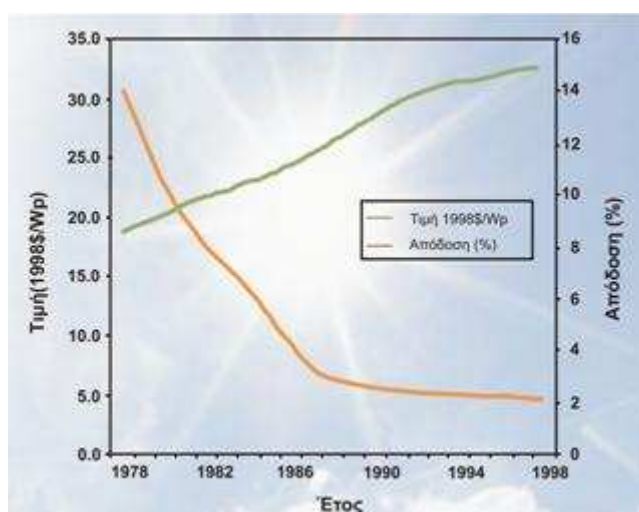


Το είδος του ημιαγωγού που επιλέγεται ως υλικό κατασκευής φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθορίζεται, με κυριότερο κριτήριο όπως φαίνεται και στη συνέχεια, από την τιμή του ενεργειακού διακένου του η οποία καθορίζει και την απόδοση του στοιχείου. Ως συντελεστής απόδοσης ή απλούστερα ως απόδοση ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ορίζεται ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το στοιχείο προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια του. Στο παραπάνω σχήμα καταδεικνύεται ότι οι μεγαλύτερες θεωρητικές αποδόσεις μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας είναι περίπου 25% και μπορούν να πραγματοποιηθούν με φωτοβολταϊκά στοιχεία από ημιαγωγούς με ενεργειακό διάκενο περίπου 1.5eV.

Το πυρίτιο (Si) αποτελεί το βασικότερο υλικό για την κατασκευή φωτοβολταϊκών κυττάρων από τη στιγμή που αποτελεί το κυρίαρχο υλικό στην κατασκευή ημιαγωγών. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από πυρίτιο κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας είτε μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά wafer, είτε λεπτά films πυριτίου (άμορφο).

Με τη συνεχή αύξηση της παραγωγής ημιαγωγίμων υλικών και τη βελτίωση της τεχνολογίας πυριτίου, η απόδοση των Φ/Β στοιχείων παρουσιάζει μια συνεχή αύξηση πλησιάζοντας τη μέγιστη θεωρητική τιμή τους και με παράλληλη ραγδαία μείωση στο κόστος τους. Για την εκτίμηση του κόστους των φωτοβολταϊκών στοιχείων χρησιμοποιείται ο συμβατικός όρος watt αιχμής ( $W_p$ , peak watt) που είναι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια του στοιχείου για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος 1W όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος  $1kW/m^2$ .

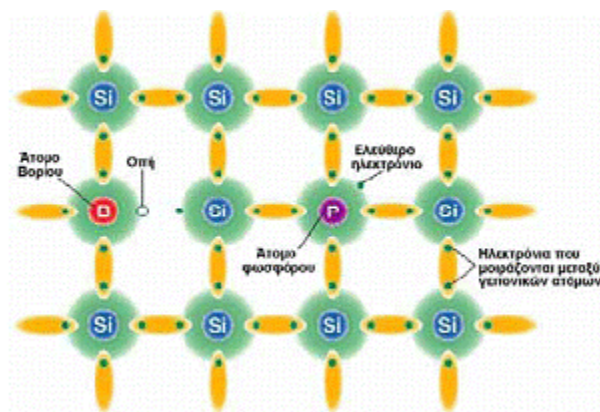
Π.χ. κόστος ηλιακού στοιχείου  $10€/W_p$  σημαίνει ότι το κόστος ενός ή περισσότερων φωτοβολταϊκών στοιχείων με τόση συνολική επιφάνεια ώστε να παράγουν ηλεκτρική ισχύ 1W, όταν εκτεθούν σε ακτινοβολία πυκνότητας  $1kW/m^2$ , είναι 10€. Δηλαδή το  $W_p$  εκφράζει το συνδυασμό του κόστους κατασκευής και της απόδοσης του ηλιακού στοιχείου. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η πορεία ανάπτυξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, τόσο απ' την σκοπιά της αύξησης της απόδοσης όσο και απ' την σκοπιά της μείωσης του κόστους.



### **Κόστη και αποδόσεις μετατροπής τυπικών φωτοβολταϊκών στοιχείων**

### 3.3. Ημιαγωγοί

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως αναφέρθηκε προηγουμένως κατασκευάζονται κυρίως από ημιαγωγούς που είναι στοιχεία τετρασθενή με τετραεδρική κρυσταλλική δομή όπως το πυρίτιο (Si). Στα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν ελεύθεροι φορείς ηλεκτρικού ρεύματος και δε διαθέτουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στην υποθετική περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή είναι εντελώς υποβαθμισμένος ενεργειακά. Όταν όμως απορροφήσουν κάποια αξιόλογη ενέργεια, π.χ. με τη μορφή θερμότητας ή ακτινοβολίας, πραγματοποιείται μια ριζική μεταβολή.



*Κρυσταλλικό πλέγμα πυριτίου με άτομα πρόσμιξης.*

Η ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομά του, προκαλεί την απελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους δεσμούς. Τα ηλεκτρόνια αυτά απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους στο κρυσταλλικό πλέγμα, χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησαν και γίνονται ευκίνητοι φορείς του ηλεκτρισμού, δίνοντας στον ημιαγωγό μια αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι φανερό ότι το ενεργειακό διάκενο ανάμεσα στη ζώνη σθένους και στη ζώνη αγωγιμότητας εκφράζει την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για τη διέγερση ενός ηλεκτρονίου σθένους, ώστε να μετατραπεί σε ελεύθερο ηλεκτρόνιο, με ταυτόχρονη δημιουργία μιας οπής.

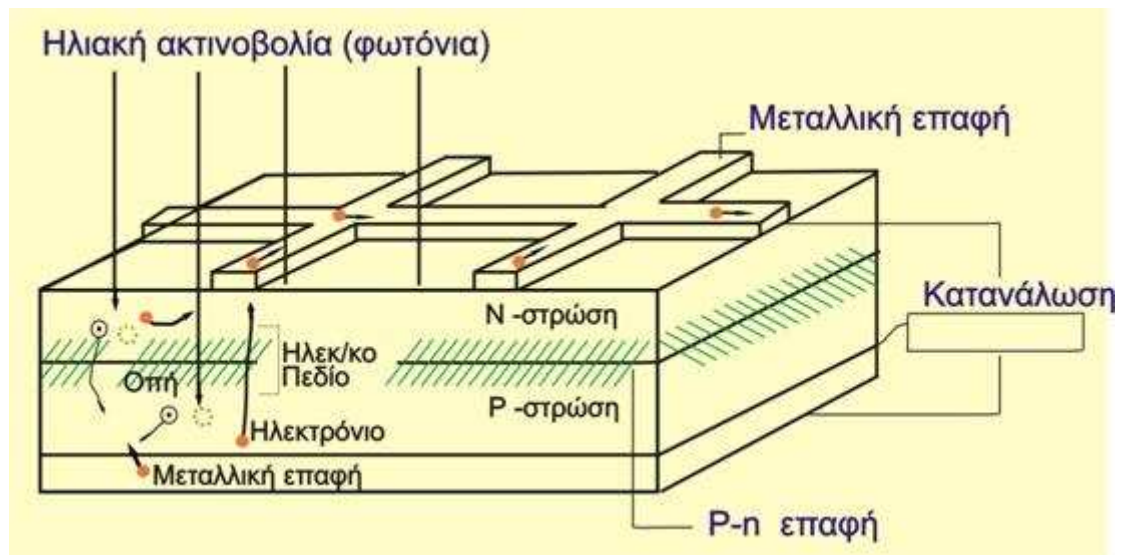
Αν στα ηλεκτρόνια των δεσμών του κρυστάλλου προσφερθεί μια ποσότητα ενέργειας π.χ. αν δεχθούν μια δέσμη ακτινοβολίας που αποτελείται από φωτόνια με ενέργεια  $h\nu$  μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο ( $E_g > h\nu$ ), δε μπορούν να την απορροφήσουν και μένουν στη ζώνη σθένους. Αν όμως τα ενεργειακά κβάντα που προσφέρονται είναι ίσα ή μεγαλύτερα από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού ( $E_g < h\nu$ ), τότε κάθε κβάντο μπορεί να απορροφηθεί από ένα ηλεκτρόνιο σθένους και να διεγερθεί προς τη ζώνη αγωγιμότητας, αφήνοντας στη ζώνη σθένους μία οπή. Ο παραπάνω μηχανισμός διέγερσης εξαρτάται και από το αν ο ημιαγωγός είναι άμεσος ή έμμεσος.

Αν τώρα ο τετρασθενής ημιαγωγός Si, νοθευτεί με κάποιο πεντασθενές στοιχείο (φώσφορος, P) ή με κάποιο τρισθενές στοιχείο (βόριο, B), τότε παράγεται ημιαγωγός προσμίξεως τύπου-n και τύπου-p αντίστοιχα.

Τέσσερα από τα πέντε ηλεκτρόνια σθένους κάθε ατόμου P, θα ενωθούν με ηλεκτρόνια σθένους των γειτονικών ατόμων Si και θα σχηματίσουν ομοιοπολικούς δεσμούς. Το πέμπτο ηλεκτρόνιο (φορέας πλειονότητας) θα συγκρατείται πολύ χαλαρά από το θετικό πυρηνικό φορτίο του P και με λίγη ενέργεια μπορεί να αποσπασθεί και να κινηθεί σαν ελεύθερο ηλεκτρόνιο, αφήνοντας ένα ανιόν (P<sup>+</sup>) που μένει ακίνητο στο πλέγμα. Δηλαδή το πεντασθενές άτομο συμπεριφέρεται στο πλέγμα σαν δότης ηλεκτρονίων (τύπος-n ημιαγωγός). Αντίστοιχα, με την πρόσμιξη τρισθενών ατόμων B σε πλεγματικές θέσεις του Si, δημιουργούνται κενές θέσεις ηλεκτρονίων στους δεσμούς (Σχήμα 2.1). Με την απορρόφηση ενός μικρού ποσού ενέργειας, ένα ηλεκτρόνιο από ένα γειτονικό πλήρη δεσμό μπορεί να καλύψει την κενή θέση, αφήνοντας παράλληλα στην προηγούμενη θέση του μια οπή και μετατρέποντας το άτομο B σε κατιόν (B<sup>-</sup>). Δηλαδή το τρισθενές άτομο συμπεριφέρεται σαν αποδέκτης ηλεκτρονίων (φορείς μειονότητας) ή δότης οπών (τύπος-p ημιαγωγός).

Όταν σε μια περιοχή του ημιαγωγού υπάρχει δημιουργία ή έκχυση φορέων σε περίσσεια, αυτοί διαχέονται προς τις άλλες περιοχές του ημιαγωγού όπου η συγκέντρωση των αντίστοιχων φορέων είναι μικρότερη. Επίσης όταν ένα τεμάχιο ημιαγωγού τύπου p έλθει σε στενή επαφή με ένα τεμάχιο ημιαγωγού τύπου n, δηλαδή σχηματιστεί μια ένωση p-n (διάταξη διόδου ημιαγωγού), τότε ένα μέρος από τις οπές του τεμαχίου τύπου p διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου n όπου οι οπές είναι λιγότερες και συγχρόνως ένα μέρος από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του τεμαχίου τύπου n διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου p όπου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι πολύ λιγότερα. Η ανάμιξη αυτή των φορέων και η αύξηση της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας στις περιοχές κοντά στη διαχωριστική επιφάνεια (περιοχή αραίωσης) των τεμαχίων τύπου p και n, ανατρέπουν την ισορροπία που υπήρχε πριν. Η αποκατάσταση των συνθηκών ισορροπίας γίνεται με επανασυνδέσεις των φορέων, μέχρι οι συγκεντρώσεις τους να πάρουν τιμές που να ικανοποιούν τον νόμο δράσης των μαζών.

Η συγκέντρωση των κατιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι αποδέκτες στο τμήμα τύπου p και n, παραμένουν αμετάβλητες αφού τα ιόντα, όπως συνήθως όλα τα άτομα στα στερεά, μένουν ακίνητα στο σώμα. Έτσι το υλικό χάνει τοπικά την ηλεκτρική ουδετερότητα και οι δύο πλευρές της ένωσης p-n φορτίζονται με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία. Δημιουργείται λοιπόν μια διαφορά δυναμικού, που η τιμή της είναι σχετικά μικρή, αλλά το ενσωματωμένο αυτό ηλεκτροστατικό πεδίο εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των φορέων πλειονότητας προς το απέναντι τμήμα της ένωσης. Το αποτέλεσμα είναι ότι η διάδος που περιέχει την ένωση p-n, παρουσιάζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ανάλογα με την φορά του. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η υλοποίηση διόδου σε ένα κρυσταλλικό ηλιακό κύτταρο πυριτίου.

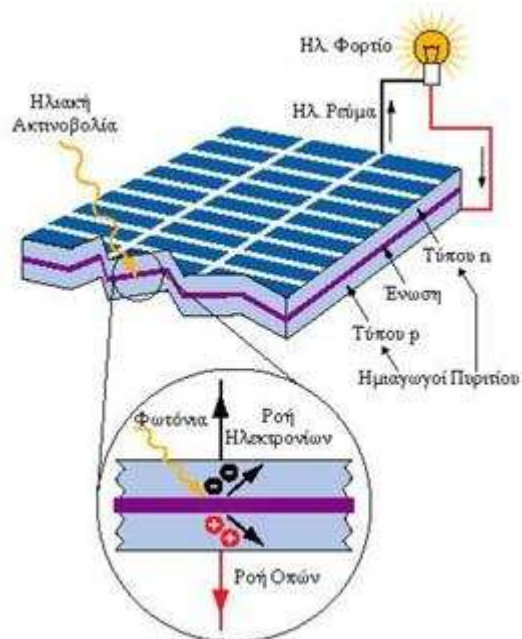


*Σχηματική διάταξη ενός Φ/Β στοιχείου. Ηλιακή ακτινοβολία (φωτόνια) προσπίπτει στην εμπρόσθια επιφάνεια της δι-επαφής p-n όπως δείχνει το σχήμα. Το πάχος του στοιχείου μερικά  $\mu\text{m}$ .*

Η μεγάλη φωτοαγωγιμότητα που παρουσιάζει ένας ημιαγωγός, είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία του φωτοβολταϊκού φαινομένου, όμως μόνο αυτό δεν αρκεί. Οι ελεύθεροι φορείς που δημιουργούνται πρέπει να τεθούν σε κίνηση με κάποιο μηχανισμό ο οποίος δεν θα απαιτεί εξωτερική ηλεκτρική πηγή. Αυτή η πηγή βρίσκεται μέσα στην ίδια ημιαγωγική διάταξη. Είναι η επαφή p-n. Το πεδίο που δημιουργείται με την επαφή δυο ημιαγωγικών υλικών είναι σε θέση να κινήσει τους ελεύθερους ηλεκτρικούς φορείς τους οποίους δημιούργησε το φως. Για να υφίσταται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, είναι απαραίτητη η δημιουργία επαφής δυο φωτοαγώγιμων ημιαγωγικών υλικών. Τα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, δημιουργούνται σε όλο το χώρο των ημιαγωγών με τον οποίο έρχονται σε επαφή με δυο τρόπους:

- Θερμικά, καθώς ο ημιαγωγός βρίσκεται σε κάποια θερμοκρασία
- Με τη επίδραση φωτισμού, κατάλληλου μήκους κύματος

Ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών δημιουργούνται μέσα στην περιοχή επαφής, όπου υπάρχει το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, αλλά και έξω από αυτή την περιοχή, κοντά στις περιοχές n και p. Μερικοί από αυτούς τους φορείς, είναι πολύ πιθανό να φτάσουν στις περιοχές που υπερτερούν όμοιοι με αυτούς φορείς (φορείς πλειονότητας). Εκεί μπορούν να παραμείνουν ως ελεύθεροι ηλεκτρικοί φορείς καθώς είναι πολύ μικρή η πιθανότητα να συναντήσουν φορέα μειονότητας και να επανασυνδεθούν.



### *Η ημιαγωγική διάταξη και η δημιουργία φωτορεύματος.*

Οι υπόλοιποι θα συναντήσουν αντίθετο φορέα, με τον οποίο θα γίνει επανασύνδεση χωρίς να συμμετέχουν στην δημιουργία ρεύματος. Ατέλειες στην δομή του ημιαγωγού αυξάνουν την πιθανότητα επανασύνδεσης. Γι' αυτό το ημιαγωγικό υλικό παρασκευής χαρακτηρίζεται από τον πολύ υψηλό βαθμό καθαρότητας.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως η περιοχή τύπου n έχει ως φορείς πλειονότητας τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, και αντίστοιχα η περιοχή τύπου p έχει τις οπές όπου γίνεται θετικότερο. Κίνηση των φωτοδημιουργούμενων φορέων και υπό την επίδραση του ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου, της επαφής, αποτελεί ρεύμα, με φορά αυτή του πεδίου. Το ρεύμα αυτό ονομάζεται φωτόρευμα  $I_L$ .

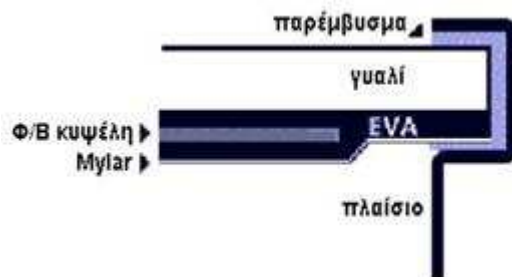
Η τιμή του δημιουργούμενου φωτορεύματος είναι ανάλογη του πλήθους των φωτονίων που απορροφά η ημιαγωγική διάταξη, και το οποίο είναι ανάλογο με το πλήθος των φωτονίων που προσπίπτουν στην επιφάνεια της διάταξης. Η συνολική ενέργεια, των φωτονίων, ανά μονάδα χρόνου και επιφανείας, είναι η πυκνότητα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Άρα η τιμή του φωτορεύματος  $I_L$  είναι ευθέως ανάλογο της πυκνότητας ισχύος  $E(W/m^2)$ , της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της διάταξης και του εμβαδού της επαφής των δυο ημιαγωγών.τα να συναντήσουν φορέα μειονότητας και να επανασυνδεθούν.

### **3.4.Φωτοβολταϊκά Πλαίσια**

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο μπορεί να συνδεθεί σε σειρά ή παράλληλα με άλλα Φ/Β στοιχεία, ανάλογα με τις απαιτήσεις σε ρεύμα και τάση. Το Φ/Β πλαίσιο (panel) είναι μια σύνθεση πολλών Φ/Β στοιχείων σε μια ενιαία κατασκευή, εύκολη στην μεταφορά, την τοποθέτηση και στην αντικατάσταση της. Στο πίσω μέρος της κατασκευής υπάρχει κατάλληλο ηλεκτρικό κιβώτιο για την συνδεσμολογία με την



υπόλοιπη εγκατάσταση. Στο παράπλευρο σχήμα παρουσιάζεται η εγκάρσια τομή ενός τυπικού πλαισίου που χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές. Τα Φ/Β στοιχεία ενθυλακώνονται σε κάποιο πολυμερές υλικό, όπως ο οξικός εστέρας αιθυλενίου-βινυλίου (EVA), το οποίο στη συνέχεια τοποθετείται μεταξύ γυαλιού στην επάνω επιφάνεια και Mylar ή Tedlar στην κάτω.



*Τομή Φ/Β πλαισίου*

Οι ακμές σφραγίζονται με ένα στεγανωτικό παρέμβυσμα και υποστηρίζονται από ένα πλαίσιο. Ο συνδυασμός πολλών Φ/Β πλαισίων, καλωδιωμένων μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα λέγεται Φ/Β συστοιχία (PV array). Τοποθετούνται συνήθως στην ίδια επίπεδη επιφάνεια, σταθερή ή περιστρεφόμενη. Η παράλληλη σύνδεση αυξάνει το ολικό ρεύμα, ενώ η σύνδεση σε σειρά αυξάνει την ολική τάση. Συνήθως συνδέονται κατά κλάδους. Κάθε κλάδος αποτελείται από πλαίσια σε σειρά. Οι ισοδύναμοι κλάδοι συνδέονται παράλληλα. Έτσι επιτυγχάνονται μεγάλες τάσεις (μέσα σε επιτρεπτά όρια, 600V max) και μικρά ρεύματα, άρα μικρές θερμικές απώλειες στους αγωγούς μεταφοράς της ισχύος και χαμηλό κόστος αγοράς των αγωγών και της τοποθέτησης τους. Πολλές συστοιχίες συνεργαζόμενες, εν σειρά ή παράλληλα αποτελούν ένα Φ/Β συγκρότημα ή Φ/Β πάρκο.



*Φωτοβολταϊκά στοιχεία κατά την συναρμολόγηση του πλαισίου*

Τα Φ/Β στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου αποτελούν περίπου το 93,8% της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β γεννητριών για το 2003. Το υπόλοιπο της αγοράς καλύπτεται από τεχνολογίες Φ/Β λεπτών υμενίων, όπως το άμορφο-Πυρίτιο (a-Si), το Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe) και το Δισελινιούχο Ινδικό χαλκό με διάφορες προσμίξεις (CIGS). Αν και η τεχνολογία Φ/Β στοιχείων κρυσταλλικού Πυριτίου έχει έναν υψηλό βαθμό ωριμότητας, αναμένονται περαιτέρω βελτιώσεις στην απόδοση και στην τεχνολογία παραγωγής τους. Οι μεγάλες επιχειρήσεις που ασχολούνται με την παραγωγή Φ/Β γεννητριών, ενώ διατηρούν και επεκτείνουν το δυναμικό

παραγωγής τους σε κρυσταλλικό Πυρίτιο, έχουν ήδη επενδύσει σε μια τουλάχιστον από τις τεχνολογίες των λεπτών υμενίων.

Τα Φ/Β στοιχεία πυριτίου χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά και τα άμορφα:

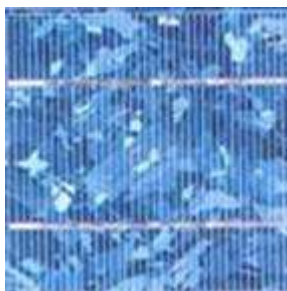
### 3.5. Μονοκρυστάλλικα κύτταρα Si

Η ονομασία τους προέρχεται από την μορφή του κρυσταλλικού πλέγματος των ατόμων Si που πλησιάζει τον τέλειο κρύσταλλο. Κατασκευάζονται ύστερα από ψύξη λιωμένου Si και πριονισμό του σε λεπτές πλάκες – τα κύτταρα. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ιδιαίτερα καθαρού Si (ακριβή «πρώτη» ύλη), η χρήση εξειδικευμένων μεθόδων τήξης και κοπής για την επίτευξη του μονοκρυσταλλικού πλέγματος αυξάνει το κόστος παραγωγής δίνοντας τους όμως τον καλύτερο βαθμό απόδοσης από τις τρεις κατηγορίες φθάνοντας το 15-18%. Το ποσοστό αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα μονοκρυσταλλικά κύτταρα είναι πιο ευαίσθητα στην υπέρυθη ακτινοβολία που το ενεργειακό της περιεχόμενο είναι σχετικά χαμηλό.



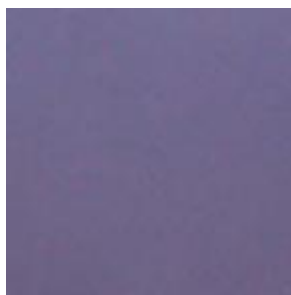
### 3.6. Πολυκρυσταλλικά κύτταρα Si

Σε αντίθεση με τα μονοκρυσταλλικά, τα πολυκρυσταλλικά κύτταρα στο πλέγμα τους περιλαμβάνουν κρυστάλλους ποικίλων προσανατολισμών. Αιτία αυτής της διαφοροποίησης, είναι η μαζική και λιγότερο ελεγχόμενη ψύξη του Si, κάτι που μειώνει αισθητά το κόστος παραγωγής. Όπως και στην προηγούμενη τεχνολογία, μετά την ψύξη, το πολυκρυσταλλικό πλέγμα πριονίζεται στα λεπτά Φ/Β κύτταρα. Η ύπαρξη διαφόρων κρυστάλλων μέσα στο πλέγμα αυξάνει την εσωτερική αντίσταση στα σημεία σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα ο συνολικός βαθμός απόδοσης να μην μπορεί να ξεπεράσει το 13-15%.



### 3.7. Άμορφα κύτταρα Si

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κατηγορίας αυτής είναι η μη κρυσταλλική της δομή. Κατασκευάζονται με την εφαρμογή Si σε ειδικό υπόστρωμα γυαλιού. Η μικρή και οικονομική ποσότητα πρώτων υλών, ο απλός τρόπος κατασκευής, η ευκολία στην εγκατάσταση και συναρμολόγηση καθιστούν τα άμορφα κύτταρα ικανά για μαζική παραγωγή. Δυστυχώς, η έλλειψη του κρυσταλλικού πλέγματος από την δομή τους περιορίζει τον βαθμό απόδοσης μόλις στο 5-8%. Για τον λόγο αυτό τα άμορφα κύτταρα δεν απαρτίζουν αμιγώς Φ/Β πλαίσια αλλά προτιμώνται σε τεχνολογίες όπως υβριδικά Φ/Β πλαίσια ή Thin Film.



### 3.8. Αξιολόγηση Τεχνολογιών

Το κόστος αγοράς των Φ/Β πλαισίων καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους καθορίζονται από τα φυσικά και τα δομικά χαρακτηριστικά του πλαισίου. Φυσικά χαρακτηριστικά του πλαισίου είναι η γεωμετρία, το βάρος και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του. Ο σχεδιαστής του πλαισίου πρέπει να δώσει ιδιαίτερη σημασία στις διαστάσεις του πλαισίου, ώστε να υπάρχει η βέλτιστη τοποθέτηση (παράγοντας κάλυψης-packing factor) των Φ/Β στοιχείων και εξοικονόμηση της διαθέσιμης επιφάνειας, χωρίς να παρουσιαστεί πρόβλημα υπερθέρμανσης των στοιχείων και ηλεκτρικής επαφής μεταξύ τους.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή πρέπει να παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες, μικρό βάρος και καλή αγωγιμότητα της θερμότητας.

Αναλυτικότερα ο υαλοπίνακας του πλαισίου πρέπει να παρουσιάζει μικρή ανακλαστικότητα, μικρό δείκτη διάθλασης, μεγάλη αντοχή στο χαλάζι, αργή γήρανση και μικρό βάρος. Η πίσω επιφάνεια του πλαισίου κατασκευάζεται από πλαστική ύλη. Πρέπει να έχει την δυνατότητα αποβολής της παραγόμενης θερμότητας και να μην επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, την υπερϊώδη ακτινοβολία και να έχει μικρό βάρος. Όλη η κατασκευή συνδέεται με μεταλλικό πλαίσιο (συνήθως από ανοδιωμένο αλουμίνιο).

Επιπλέον τα Φ/Β πλαίσια πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές της Ε.Ε, έχοντας υποβληθεί στις παρακάτω δοκιμασίες:

- Θερμικών κύκλων
- Θερμικού σοκ
- Ψύξης-υγρασίας
- Ηλεκτρικής μόνωσης
- Κρούσεων χαλαζόπτωσης
- Μηχανικής αντοχής και στρέψης
- Περιβάλλοντος άλμης
- Ακτινοβολιών και έκθεσης στο νερό
- Πεδίου

Οι παραπάνω παράμετροι καθορίζουν την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής του πλαισίου. Έτσι το κόστος παραγωγής του πλαισίου αυξάνεται με την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται. Η δομή των υλικών, που χρησιμοποιούνται, αναφέρεται στην τεχνολογία παρασκευής του Φ/Β στοιχείου. Το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους κατασκευής ενός πλαισίου το καταλαμβάνει ο ημιαγωγός. Η τιμή του εξαρτάται από το τύπο του ημιαγωγικού στοιχείου.

Το άμορφο πυρίτιο είναι το πιο φθηνό υλικό που υπάρχει αυτή τη στιγμή σε βιομηχανική παραγωγή. Τα χαρακτηριστικά του όμως δεν επιτρέπουν την εφαρμογή του σε μεγάλες εγκαταστάσεις. Έτσι λοιπόν η χρήση του περιορίζεται εκεί όπου οι ενεργειακές ανάγκες είναι μικρές. Βρίσκει βέβαια πολλές εφαρμογές την ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων σε κτίρια (κατασκευάζονται έως και κεραμίδια από άμορφο πυρίτιο). Οι τιμές των πλαισίων από άμορφο πυρίτιο κυμαίνονται από 3 €/Wp έως 4,7 €/Wp.

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο καταλαμβάνει αρκετό μέρος της αγοράς καθώς παρουσιάζει σχετικά καλά χαρακτηριστικά. Εφαρμόζεται συνήθως σε οικιακές και εφαρμογές μεσαίου μεγέθους, όπου οι απαιτήσεις σε ενέργεια δεν είναι πολύ μεγάλες και το κόστος παίζει σημαντικό ρόλο. Η τιμή του κυμαίνεται από 4 €/Wp έως 5,5 €/Wp.

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο είναι ότι καλύτερο υπάρχει αυτή τη στιγμή στην αγορά, σε μορφή πλαισίου, από άποψη απόδοσης και απόσβεσης κεφαλαίου. Με την τιμή του να μειώνεται και η απόδοσή του να αυξάνεται φτάνοντας τα επίπεδα του πολυκρυσταλλικού, τείνει να καταλάβει την αγορά. Η τιμή του κυμαίνεται από 4 €/Wp έως 6,5 €/Wp.

Τα πολύ καλά χαρακτηριστικά του το κάνουν ιδανικό για εγκαταστάσεις με μεγάλες απαιτήσεις ενέργειας, όπως Φ/Β πάρκα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οικίες. Προτιμάται σε μεγάλα πάρκα καθώς έχει μεγάλη απόδοση, καταλαμβάνει μικρότερη έκταση και παράγει περισσότερη ενέργεια ανά τ.μ, κάτι που σημαίνει ταχύτερη απόσβεση κεφαλαίου και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα συμβάλει όχι μόνο στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου και τις συνέπειες αυτού, αλλά και στους εθνικούς στόχους που έχουν τεθεί στις χώρες που υπέγραψαν το πρωτόκολλο του Κιότο.

Συγκριτικός Πίνακας Φωτοβολταϊκών Τεχνολογιών			
Τύπος	Άμορφα	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	5-8%	11-14%	13-16%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m <sup>2</sup>	8-10 m <sup>2</sup>	7-8 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> ) [1]	65-80	130-160	160-185
Κόστος (€/Wp) [2]	3-4,7	4-5,5	4-6,5

[1] Μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση.

[2] Οι τιμές είναι ενδεικτικές. Διαμορφώνονται πάντα από την ποιότητα κατασκευής, την εταιρεία κατασκευής, τα αποθέματα, την εξέλιξη της τεχνολογίας, τον παγκόσμιο ανταγωνισμό και το μέγεθος του έργου.

Όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα, η τεχνολογία μονοκρυσταλλικού πυριτίου αποτελεί τη βέλτιστη επιλογή για φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής και διάθεσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Με τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω έρχεται πρώτο στις επιλογές των κατασκευαστών μεγάλων Φ/Β συστημάτων σε όλο τον κόσμο. Μπορεί η τιμή του να είναι υψηλότερη, από τις δυο άλλες τεχνολογίες, τα πλεονεκτήματα του όμως μειώνουν τον χρόνο απόσβεσης του κεφαλαίου εγκατάστασης και το ποσό της ενέργειας που παράγεται κατά την λειτουργία του συστήματος (π.χ. 25 έτη) είναι σημαντικά μεγαλύτερο.

Το Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι το καταλληλότερο για Φ/Β εγκαταστάσεις. Παρασκευάζεται με την μέθοδο Czochralski και τη μέθοδο επιπέδουσας ζώνης και τεμαχίζεται σε φέτες (wafers) πάχους 200-400 μm. Έχει ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή, κάτι που του δίνει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα σε σχέση με το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική φτάνει, σε εργαστηριακό προϊόν, το 24%. Σε βιομηχανική μορφή είναι 15-20%.

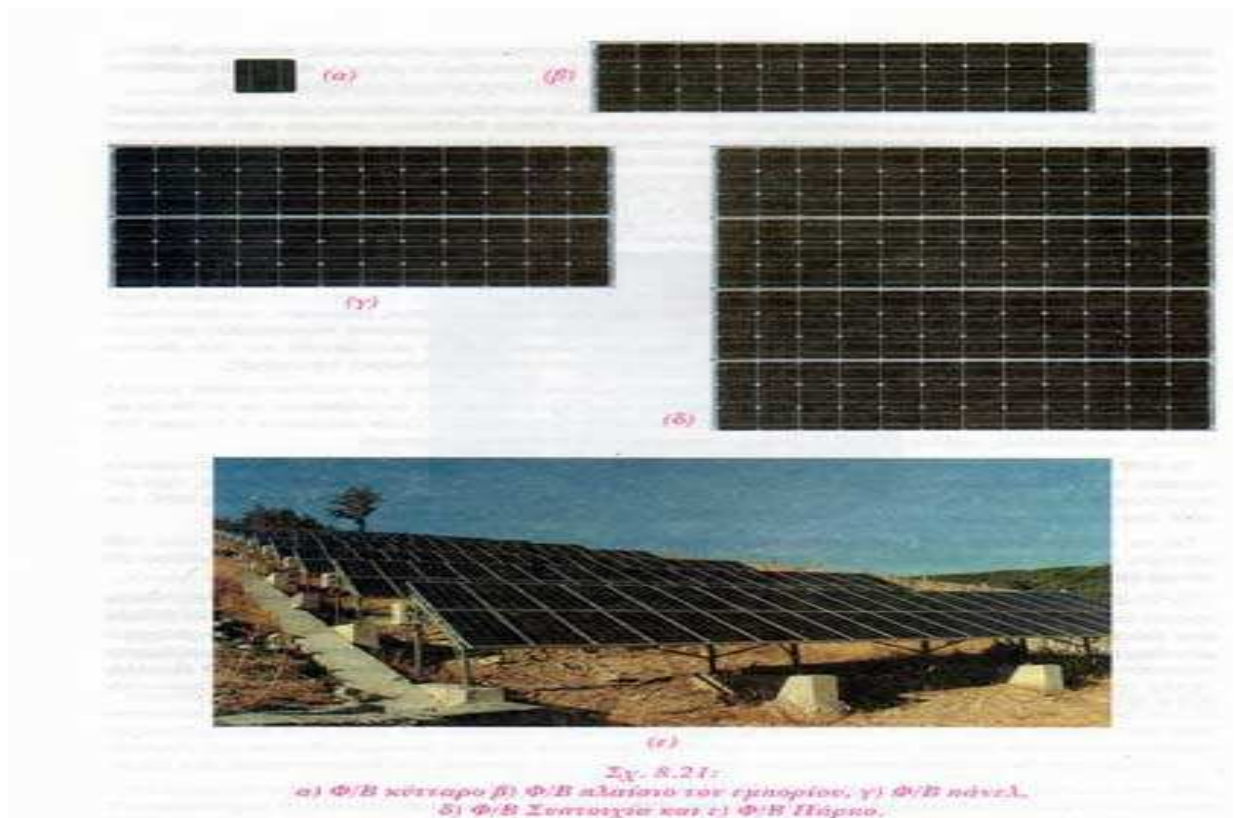
Παρουσιάζει υψηλή αξιοπιστία και σταθερότητα και είναι κατάλληλο για οικιακές εφαρμογές και σε Φ/Β εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Παρουσιάζει υψηλότερο κόστος κατασκευής, καθώς απαιτείται κρύσταλλος πολύ υψηλής καθαρότητας και μεγαλύτερη ποσότητα υλικού, λόγω του πάχους του στοιχείου. Το πάχος της φέτας δεν μπορεί να είναι λιγότερο από 200 μm, καθώς



υπάρχει κίνδυνος θραύσης κατά την κοπή και την επεξεργασία. Ο κρύσταλλος έχει χρώμα σκούρο μπλε και ομοιόμορφο σχηματισμό.

#### Ενότητα 4<sup>η</sup>: Οριοθέτηση Φωτοβολταϊκών

Παρακάτω φαίνονται σχηματικά και συγκριτικά τα διάφορα Φ/Β σύμφωνα με την ορολογία τους:



Οι απαιτήσεις κάθε συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από φωτοβολταϊκά στοιχεία, καθορίζουν τον τρόπο τοποθέτησης και στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Στοιχεία που προσδιορίζουν τον τρόπο τοποθέτησης των πλαισίων είναι αρκετά, όπως:

- Η ενέργεια που πρέπει να παραχθεί καθορίζει το πλήθος των φωτοβολταϊκών στοιχείων, το μηχανολογικό και ηλεκτρικό-ηλεκτρονικό εξοπλισμό που θα τοποθετηθεί στο σύστημα μας.

- Το περιβάλλον και οι τοπικές καιρικές συνθήκες καθορίζουν τη θέση και τον τρόπο στήριξης.

- Η οικονομική δυνατότητα που έχουμε είναι η αυτή που μας περιορίζει ή μας επιτρέπει να εγκαταστήσουμε ένα ακριβό σύστημα, το οποίο όμως θα καλύτερη απόδοση από ένα οικονομικότερο.

Τρεις είναι οι κύριοι τρόποι στήριξης των πλαισίων και διακρίνονται ανάλογα με την ενεργειακή απολαβή:

- Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης του συλλέκτη

- Εποχιακά ρυθμιζόμενη κλίση

- Συνεχούς ημερήσιας παρακολούθησης ηλιοτρόπιο – trackers

#### **4.1. Στήριξη με Σταθερή Γωνία Κλίσης του Συλλέκτη**

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

Επίσης χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ενσωματώσουμε τους συλλέκτες σε κτίρια πχ. προσόψεις, στέγες.



### ***Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε κτίρια***

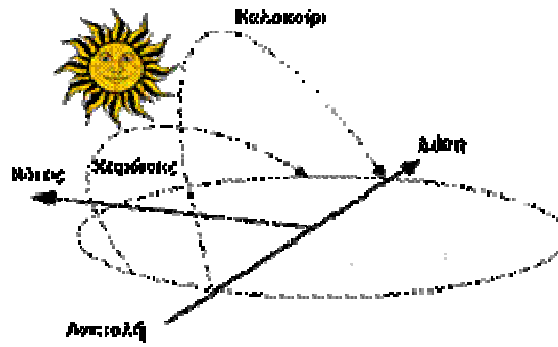
Για την τοποθέτηση των συλλεκτών πρέπει να επιλεγεί η καταλληλότερη γωνία κλίσης και ο προσανατολισμός. Όταν ο χώρος τοποθέτησης δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, είναι η πιο απλή περίπτωση. Τότε η γωνία κλίσης του συλλέκτη είναι κοντά στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου και κατά κανόνα ακολουθείται νότιος αζιμουθιακός προσανατολισμός για το βόρειο ημισφαίριο (στο νότιο ημισφαίριο επιλεγούμε βόρειο). Όταν η γωνία κλίσης είναι ίση με το  $\lambda$  του τόπου, οι ακτίνες πέφτουν κάθετα στους συλλέκτες δυο φορές το χρόνο, το μεσημέρι των ισημεριών, 21 Μαρτίου και 22 Σεπτεμβρίου.



### ***Φωτοβολταϊκά ενσωματωμένα σε κτίρια***

Κατά το ηλιακό μεσημέρι, ο ήλιος, έχει το μέγιστο ύψος, ELM (maximum elevation). Το ύψος αυτό μεταβάλλεται καθημερινά, από την ελάχιστη τιμή  $ELM_{ελ}=(90^\circ-\lambda)-23,5^\circ$ , στις 22 Δεκεμβρίου, μέχρι την μέγιστη  $ELM_{μεγ}=(90^\circ-\lambda)+23,5^\circ$  (21 Ιουνίου) και στην συνέχεια μειώνεται και παίρνει την τιμή της 22ας Δεκεμβρίου. Η γωνία των ακτίνων κατά την μεσουράνηση του, ως προς την κάθετη στην επιφάνεια του συλλέκτη, μεταβάλλεται από  $-23,5^\circ$  έως  $+23,5^\circ$ .

Όταν ο συλλέκτης έχει κλίση ίση με την γωνία  $\lambda$  του τόπου, η μέση ημερησία τιμή της ετησίας ενεργειακής απολαβής γίνεται μέγιστη.



### ***Οι θέσεις του ηλίου κατά την διάρκεια του χειμώνα και του καλοκαιριού***

Για να προκύψει, βεβαία η βέλτιστη γωνία κλίσης του συλλέκτη, με σταθερή γωνία κλίσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι κατά τόπους μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν την ολική διάχυτη και απευθείας ακτινοβολία καθώς και το albedo του εδάφους (ανακλαστικότητα του εδάφους). Για να προκύψει η βέλτιστη γωνία κλίσης πρέπει να καταγραφούν όλα αυτά τα μετεωρολογικά στοιχεία για αρκετά χρόνια και σε διαφορετικές γωνίες. Συνήθως όμως δεν είναι διαθέσιμες λόγω του μεγάλου κόστους των μετρήσεων, για το λόγο αυτό οι μετρήσεις γίνονται με έναν αισθητήρα ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. πυρανόμετρο) σε οριζόντια θέση για το μέγιστο χρονικό διάστημα. Μετά τη λήψη των μετρήσεων και κατάλληλη επεξεργασία προσδιορίζεται η βέλτιστη γωνία του συλλέκτη. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετρήσεις για πλησιέστερη περιοχή, λαμβάνοντας υπόψη το albedo του εδάφους.



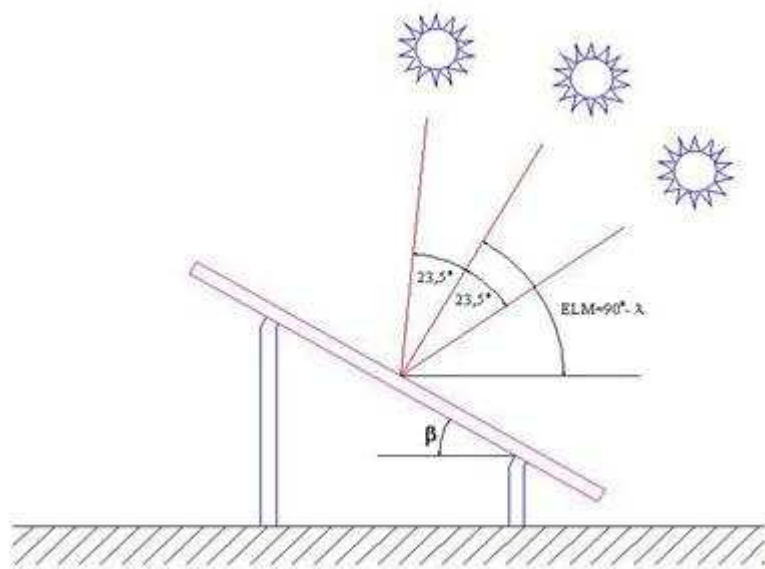
### ***Φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετημένα με σταθερή γωνία κλίσης***

Παρατηρήσεις για την τοποθέτηση των συλλεκτών με σταθερή κλίση:

- Για τόπους με μέσα και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (>200) βρίσκεται στην περιοχή  $\lambda-(10^\circ \div 15^\circ)$ .
- Για τόπους με μικρά  $\lambda$ , γύρω από τον ισημερινό, η βέλτιστη γωνία είναι  $0^\circ$ . Στην πράξη όμως οι συλλέκτες τοποθετούνται με μια μικρή γωνία  $5^\circ \div 10^\circ$  ώστε, κατά την πλύση της επιφάνειας από το νερό της βροχής ή της πλύσης να απομακρύνονται τα διαφορά σώματα που επικάθονται (σκόνη, φύλλα, κ.α.).
- Για τόπους στους οποίους δεν υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα ο συλλέκτης τοποθετείται σε γωνία  $\beta = \lambda - 10^\circ$ .
- Εάν πρέπει να καλυφθούν οι χειμερινές ανάγκες για ενέργεια, η καταλληλότερη

γωνία είναι  $\beta = \lambda + 15^\circ$ . Ενώ εάν πρέπει να καλυφθούν οι θερινές ανάγκες για ενέργεια, τότε οι συλλέκτες τοποθετούνται με κλίση  $\beta = \lambda - 15^\circ$ .

- Σε περιοχές με φυσικά εμπόδια ο συλλέκτης τοποθετείται έτσι ώστε να προκύπτει η μέγιστη ενεργειακή απολαβή.



**Στήριξη με σταθερή γωνία κλίσης**

#### **4.2. Στήριξη με Εποχιακή Ρύθμιση της Κλίσης του Συλλέκτη**

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

Για τον προσδιορισμό της σωστής γωνιάς του συλλέκτη πρέπει να είναι γνωστά τα μετεωρολογικά δεδομένα του τόπου (ηλιοφάνειας, ανέμου, θερμοκρασίας, κ.λ.π.), καθώς και το albedo του εδάφους όπως και στην προηγούμενη παράγραφο.

Συμπέρασμα:

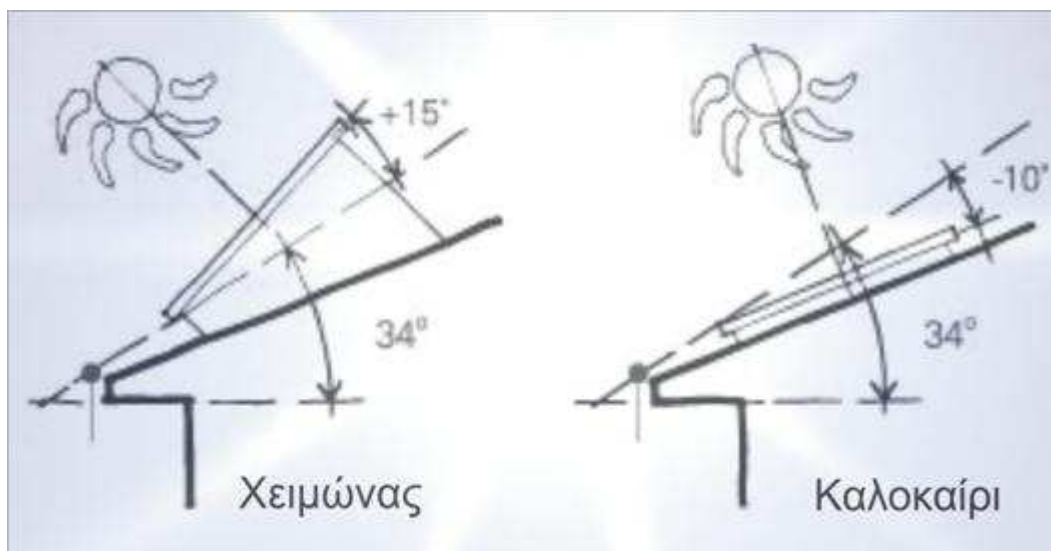
- Κατά τη χειμερινή περίοδο η καταλληλότερη γωνία κλίσης είναι  $\beta = \lambda + (10^\circ \div 15^\circ)$ .
- Κατά τη θερινή περίοδο η καταλληλότερη γωνία είναι  $\beta = \lambda - (10^\circ \div 15^\circ)$ .



Παρατηρήσεις για την τοποθέτηση των συλλεκτών με ρυθμιζόμενη κλίση:

- Σε περιοχές με φυσικά εμπόδια ο συλλέκτης τοποθετείται έτσι ώστε να προκύπτει η μέγιστη ενεργειακή απολαβή κατά την διάρκεια όλου του έτους.

- Πρέπει να γίνεται σωστή μελέτη και σχεδιασμός της κατασκευής ώστε και στις δυο κλίσεις να επιτυγχάνεται η βέλτιστη γωνία για μέγιστη απόδοση.



*Στήριξη με δυνατότητα ρύθμισης της γωνίας κλίσης*

### **4.3. Συστήματα Συνεχούς Ημερήσιας Παρακολούθησης, Ηλιοτρόπια (trackers)**

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι συλλέκτες τοποθετούνται είτε με σταθερή κλίση είτε με εποχιακή ρύθμιση της γωνίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μικρή απολαβή ενέργειας από τον ήλιο ιδιαίτερα στην πρώτη μέθοδο, με σταθερή γωνία κλίσης. Μια βελτιωμένη εκδοχή είναι η δεύτερη μέθοδος με αυξημένη απολαβή σε σχέση με την πρώτη.

Για υψηλότερη απολαβή ισχύος κατασκευάζονται συσκευές διαρκούς παρακολούθησης της πορείας του ήλιου. Οι συσκευές αυτές μοιάζουν αρκετά με το φυτό ηλιοτρόπιο ή ηλιάνθος, από όπου πήραν και το όνομα τους. Τα ηλιοτρόπια (trackers) στρέφουν τους συλλέκτες έτσι ώστε οι ακτίνες του ηλίου να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια του συλλέκτη. Με τα ηλιοτρόπια υπάρχει μια αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος 30% - 50%, σε σχέση με τους σταθερούς τρόπους στήριξης. Βρίσκουν χρήση τόσο σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές όσο και σε θερμικά συστήματα.

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

- Στροφή γύρω από έναν άξονα

- Στροφή γύρω από δύο άξονες

### **Στροφή γύρω από Έναν Άξονα**

Η συστοιχία περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα με κατάλληλο μηχανισμό, ξεκινώντας από την ανατολή και παρακολουθώντας την πορεία του ήλιου καθ' όλη την ημέρα καταλήγοντας στην δύση. Διακρίνουμε δυο περιπτώσεις:

- Το αζιμουθιακό ηλιοτρόπιο
- Το πολικό ηλιοτρόπιο

### **Αζιμουθιακό Ηλιοτρόπιο**

Το σύστημα περιστρέφεται ως προς κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να πέφτουν κάθετα στον συλλέκτη. Δηλαδή παρακολουθεί την αζιμουθιακή κίνηση του ήλιου. Για την επιλογή της γωνίας κλίσης των συλλεκτών ακολουθείται η ίδια λογική με τις προηγούμενες μεθόδους. Δηλαδή τοποθετούνται με σταθερή γωνία η οποία επιλέγεται βάση του γεωγραφικού πλάτους. Χρησιμοποιούνται σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς αυξάνουν την παραγωγή ενέργειας.

Η αύξηση ισχύος είναι περίπου 25-35%, εξαρτάται βέβαια από την τοποθεσία, την ποιότητα του συστήματος και τον τρόπο ελέγχου της κίνησης.



*Αζιμουθιακά ηλιοτρόπια*

### **Πολικό Ηλιοτρόπιο (polar tracker)**

Το σύστημα περιστρέφεται ως προς άξονα τοποθετημένο σε γωνία ίση με το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, παράλληλα με τον πολικό άξονα της γης. Έτσι ο ήλιος βρίσκεται συνεχώς στο επίπεδο που είναι κάθετο στο συλλέκτη. Κατά την διάρκεια του έτους η γωνία μεταξύ των ακτινών του ηλίου και της κάθετης στο συλλέκτη, κυμαίνεται από  $-23,5^{\circ}$  έως  $+23,5^{\circ}$ .

Η βασική χρήση των συστημάτων αυτών είναι σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να αποκλείεται και η χρήση τους σε θερμικούς σταθμούς.

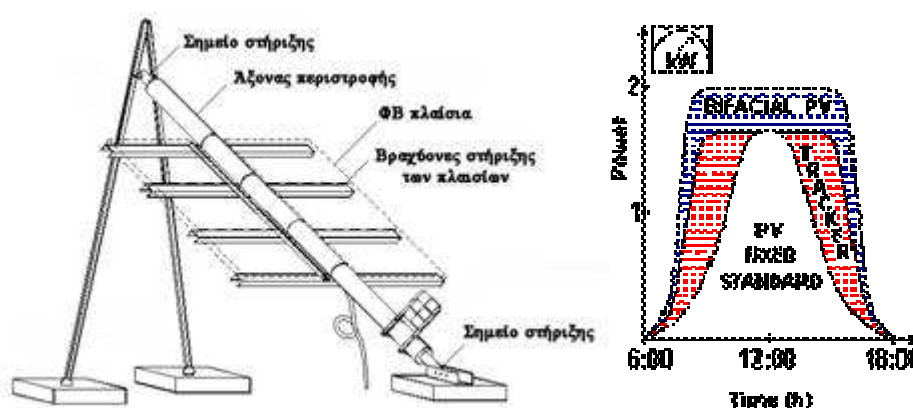
Η αύξηση της παραγόμενης ενέργειας φτάνει και το 40% ανάλογα την εποχή του έτους.



### *Πολικό ηλιοτρόπιο*

Είναι σχετικά απλά στην κατασκευή και στον έλεγχο. Μειονεκτούν σημαντικά όσο αφορά την αντοχή τους σε ισχυρούς ανέμους. Για την προστασία τους χρειάζονται ισχυρά συστήματα πέδησης. Επίσης τα πλαίσια δεν τοποθετούνται ομοιόμορφα, αλλά σε τριγωνικό σχηματισμό, έτσι ώστε να μην εφάπτονται με το έδαφος το πρωί και το απόγευμα. Αν δεν εφαρμοστεί αυτός ο τρόπος τοποθέτησης μένει αρκετός χώρος αναξιοποίητος.

Πολλές φορές τοποθετούνται και κάτοπτρα για την αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες.



*Διαγράμματα παραγόμενης ενέργειας με σταθερή τοποθέτηση ΦΒ, με χρήση ηλιοτροπίου και με ηλιοτρόπιο με ενσωματωμένους καθρέπτες*



***ΦΒ Πάρκο με ηλιοτρόπια***

Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών είναι πολλές και προσαρμόζονται σε κάθε απαίτηση. Εκτός τις απλές εφαρμογές για παραγωγή ενέργειας που τοποθετούνται στο έδαφος, υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθούν στις στέγες, στις προσόψεις κτιρίων και όπου αλλού υπάρχει δυνατότητα και διαθέσιμος χώρος.

## **ΕΝΟΤΗΤΑ 5<sup>η</sup>: Εγκατάσταση σε Στέγες**

Υπάρχει δυνατότητα να εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά σε κτίρια για τα οποία δεν έχει προβλεφθεί η τοποθέτησή τους. Λόγω των φυσικών χαρακτηριστικών των Φ/Β (αθόρυβα, ελαφριά κ.λ.π.) μπορούν να τοποθετηθούν σε οικιστικά σύνολα, σε αθλητικές εγκαταστάσεις, σε δημόσια κτίρια, σε βιομηχανικούς χώρους κ.α. Η εγκατάστασή τους γίνεται ύστερα από κατάλληλη αυτοψία του χώρου, πολλές φορές χωρίς να είναι απαραίτητες οι αλλαγές στη δομή του κτιρίου.

Τα Φ/Β πλαίσια συνήθως είναι όπως και τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται στις απλές εφαρμογές (από άμορφο, πολυκρυσταλλικό ή μονοκρυσταλλικό πυρίτιο), Βέβαια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλαίσια που να προσαρμόζονται στην αρχιτεκτονική και στην αισθητική του κτιρίου (οι εταιρίες Φ/Β, ύστερα από παραγγελία, κατασκευάζουν πλαίσια σε διάφορα χρώματα και σχέδια).





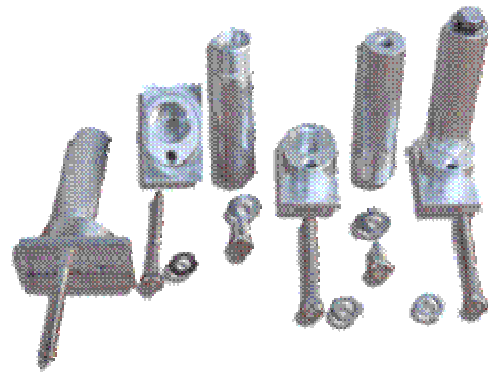
**Τοποθέτηση Φ/Β σε στέγη παλαιού σπιτιού**

Οι τρόποι τοποθέτησης διαφέρουν ανάλογα με τον τόπο εγκατάστασης. Μπορούν να τοποθετηθούν οριζόντια, κάθετα ή κεκλιμένα και με νότιο, κατά προτίμηση, προσανατολισμό, για μέγιστη απόδοση. Δεν αποκλείεται και διαφορετικός προσανατολισμός, με μειονέκτημα την απόδοση του συστήματος.

Τα Φ/Β τοποθετούνται στην οροφή ή τη στέγη του κτιρίου σε μεταλλικές βάσεις στήριξης όπως και στο έδαφος. Οι βάσεις στηρίζονται με κατάλληλους αποστάτες στην οροφή χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στεγανότητας. Είναι κατάλληλα κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα και αλουμίνιο, με τις απαραίτητες προδιαγραφές, για τέτοιες εφαρμογές.



**Φ/Β σε οροφή με διαφορετικούς προσανατολισμούς**



**Φ/Β σε οροφή τοποθετημένα με κλίση**



**Αποστάτης στήριξης βάσεων**



**Εξαρτήματα στήριξης**



Στην αγορά κυκλοφορούν ευλόγιστα Φ/Β από άμορφο πυρίτιο. Είναι σε μορφή ταινίας και απλώνονται στην οροφή ή τη στέγη του κτιρίου.

Είναι πολύ εύκολα, γρήγορα και οικονομικά στην εγκατάσταση καθώς είναι πολύ ελαφριά, εύκαμπτα και δεν απαιτείται βάση στήριξης, αρκεί να εξασφαλιστεί ο σωστός αερισμός τους.



***Τοποθέτηση ευλόγιστων Φ/Β σε στέγη  
Φ/Β σε στέγη***



***Τοποθέτηση ευλόγιστων***

Μπορεί να γίνει εφαρμογή σε ιστορικά και παραδοσιακά κτίρια χωρίς να επηρεάζεται η εμφάνισή τους. Παρουσιάζουν όμως τα μειονεκτήματα του άμορφου πυρίτιου, δηλαδή μειωμένη απόδοση και απαιτείται σχεδόν διπλάσια επιφάνεια Φ/Β.

Ένα άλλο προϊόν είναι Φ/Β άμορφου πυρίτιου ενσωματωμένα σε υγρομονωτική (στεγανωτική) μεμβράνη. Κατά την τοποθέτησή στην οροφή, τα στεγανωτικά φύλλα κολλούνται με θερμοκόλληση δημιουργώντας μια ενιαία υδατοστεγανή επιφάνεια. Έτσι εξυπηρετεί δυο σκοπούς: την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την υγρομόνωση.



***Τοποθέτηση ευλόγιστων Φ/Β σε στέγη***



***Υγρομονωτικές μεμβράνες με  
ενσωματωμένα Φ/Β***

Φωτοβολταϊκά μπορούν να τοποθετηθούν κατάλληλα ώστε να αποτελούν στοιχεία του κτιρίου. Τοποθετούνται σε κτίρια μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής, εφόσον δεν έχει γίνει πρόβλεψη, ή κατά την κατασκευή ως δομικό στοιχείο του κτιρίου εξοικονομώντας χρήματα από δομικά υλικά (κεραμίδια, υαλοπετάσματα κ.λ.π.)



***Φ/Β με μορφή κεραμιδιού***

Στο εμπόριο κυκλοφορούν Φ/Β (άμορφα, πολυκρυσταλλικά και μονοκρυσταλλικά) σε σχήμα και διαστάσεις όμοια με τα κεραμίδια, αντικαθιστώντας τα παραδοσιακά κεραμίδια. Τοποθετούνται από την νότια πλευρά του κτιρίου από τον τεχνικό που τοποθετεί και τα απλά κεραμίδια, έχοντας προβλεφθεί οι κατάλληλες ηλεκτρικές συνδέσεις. Βεβαίως μπορούν να αντικαταστήσουν και ήδη τοποθετημένα κεραμίδια.



***Φ/Β με μορφή κεραμιδιού***



### **Φ/Β Υαλοπετάσματα**

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί διαφανή Φ/Β. Δηλαδή το πλαίσιο που βρίσκονται τα Φ/Β στοιχεία είναι κατασκευασμένα ώστε να επιτρέπουν ένα μέρος από το φως να περνάει στην πίσω πλευρά του.

Τοποθετούνται σε οροφές κτιρίων και σε παράθυρα, αντικαθιστώντας τμήματα της οροφής, επικάλυψη της πρόσοψης, αντικατάσταση των κλασικών υαλοπετασμάτων ή υαλοπινάκων και ως σκίαστρα.

Έτσι γίνεται εξοικονόμηση χρημάτων από δομικά υλικά και παράλληλα υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, φωτισμός και θέρμανση για το κτίριο. Επίσης δίνεται η ευκαιρία σε αρχιτέκτονες να σχεδιάσουν κτίρια νέας τεχνολογίας με μοντέρνο σχεδιασμό και πρωτοποριακές λύσεις (πράσινα σπίτια-green houses).



***Φ/Β σε προσόψεις κτιρίων***





Οι Φ/Β υαλοπίνακες μπορούν να αντικαταστήσουν τους κλασσικούς υαλοπίνακες στα παράθυρα και στις προσόψεις των γυάλινων κτιρίων δίνοντας ένα εντυπωσιακό αισθητικό αποτέλεσμα. Μέρη γυάλινης οροφής μπορούν να αντικατασταθούν με ΦΒ υαλοπίνακες δίνοντας τη δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας για το κτίριο.

Είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται συχνά σε κτίρια με μεγάλες προσόψεις και με νότιο προσανατολισμό. Δημιουργείται ένας τύπος θερμοκηπίου το οποίο θερμαίνει τον εσωτερικό αέρα του κτιρίου μειώνοντας σημαντικά τις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου. Ο σχεδιασμός του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοιος ώστε κατά τους θερινούς μήνες να υπάρχει ο κατάλληλος αερισμός ώστε η ανάγκη κλιματισμού να γίνεται ελάχιστη.



*Φ/Β υαλοπίνακες σε οροφές κτιρίων*

Μπορούν να αντικαταστήσουν σκιάστρα σε θέσεις στάθμευσης, σε κτίρια, σε βιομηχανικούς χώρους, σε γήπεδα, σε πρατήρια υγρών καυσίμων και όπου είναι αναγκαία η σκίαση κάποιου χώρου. Έτσι η επιφάνεια που θα καταλάμβανε ένα απλό σκιάστρο, μετατρέπεται εκμεταλλεύσιμη μέσω της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της ταυτόχρονης δημιουργίας της απαραίτητης σκιάς.



***Φ/Β σκιάστρα σε αθλητικές εγκαταστάσεις***



***Φ/Β σκιάστρα σε χώρο στάθμευσης***

Σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους, που διέρχονται μέσα από κατοικημένες περιοχές, δημιουργείται σημαντική ηχορύπανση. Η αντιμετώπιση της γίνεται με ηχοφράκτες. Οι ηχοφράκτες είναι πετάσματα τοποθετημένα κάθετα, κατασκευασμένα από διαφανή πλαστική ύλη καταλαμβάνοντας σημαντική επιφάνεια.



***Φ/Β τοποθετημένα σε τοιχοπετάσματα δρόμων***

Η επιφάνεια γίνεται εκμεταλλεύσιμη τοποθετώντας Φ/Β υαλοπίνακες στην θέση της πλαστικής ύλης. Τοποθετούνται επίσης πάνω στη διαχωριστική νησίδα των δρόμων.

Τα Φ/Β υαλοπετάσματα δεν είναι τίποτα άλλο από ένα απλό υαλοπέτασμα στο οποίο έχουν ενσωματωθεί Φ/Β στοιχεία. Το διαφανές υλικό είναι ρητίνη με χαρακτηριστικά αντίστοιχα των κλασικών πλαισίων. Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή

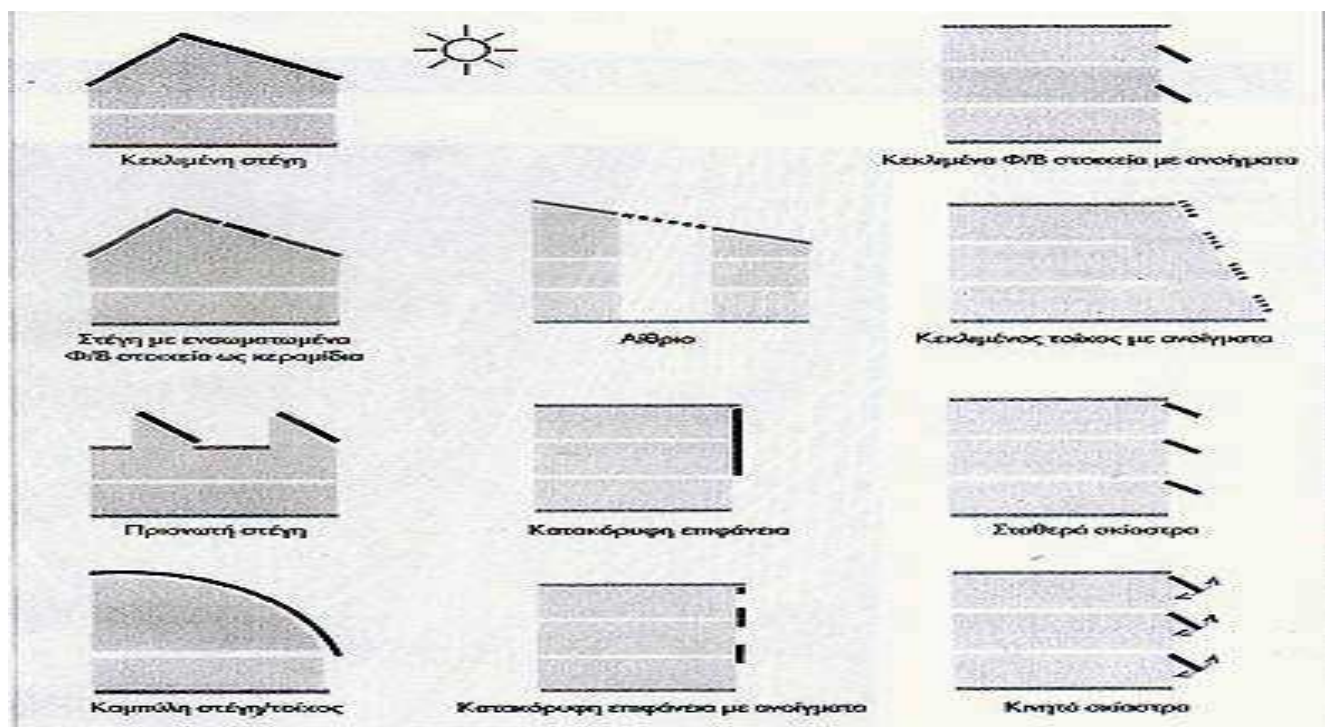


στα καιρικά φαινόμενα. Στο κάτω μέρος του πλαισίου βρίσκεται το κουτί των ηλεκτρικών συνδέσεων.



**Φ/Β υαλοπίνακες τοποθετημένοι σε οροφή κτιρίου**

Με κατάλληλο αρχικό σχεδιασμό του κτιρίου είναι εφικτό να επιτευχθούν αποδόσεις ίδιες με αυτές της σταθερής κλίσης. Δεν αποκλείεται βέβαια και η τοποθέτηση με διαφορετική κλίση και προσανατολισμό, με επίπτωση στην απόδοση του συστήματος.



**Διάφοροι τρόποι στήριξης Φωτοβολταϊκών**



*Φ/Β υαλοπίνακες κατά την τοποθέτηση σε οροφή κτιρίου*

### **5.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των Φ/Β**

Κατά την τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων στα κτίρια πρέπει να δοθεί κάποια προσοχή ώστε να μην παρουσιαστούν προβλήματα κατά την λειτουργία του συστήματος. Ο κακός αερισμός, η σκίαση και η ρύποι είναι προβλήματα στα οποία πρέπει να βρεθεί λύση κατά τον σχεδιασμό του συστήματος, καθώς μετά την τοποθέτηση η επίλυση είναι αρκετά δύσκολη και ασύμφορη.

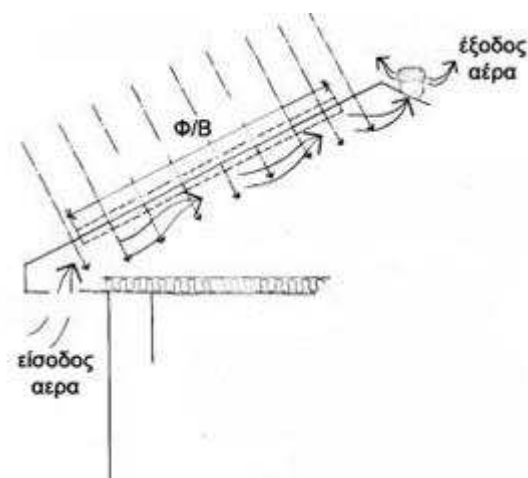
Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση των Φ/Β είναι η θερμοκρασία που βρίσκεται το Φ/Β στοιχείο. Γενικά η απόδοση του Φ/Β στοιχείου μειώνεται σχεδόν ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι η σωστή ψύξη του Φ/Β πλαισίου είναι απαραίτητη προϋπόθεση για ένα αξιόπιστο Φ/Β σύστημα. Κατά τον σχεδιασμό πρέπει να γίνει πρόβλεψη για επαρκή αερισμό της πίσω πλευράς του πλαισίου. Στα πλαίσια που τοποθετούνται σε οροφές παράλληλα με την κλίση της οροφής επιβάλλεται η χρήση αποστατών, ώστε το πλαίσιο να απέχει μερικά εκατοστά από την επιφάνεια της οροφής και να εξασφαλίζεται η ελεύθερη ροή του αέρα.



*Τοποθέτηση των Φ/Β με χρήση αποστατών για τον σωστό αερισμό τους.*

Όταν η τοποθέτηση γίνεται σε προσόψεις κτιρίων δεν πρέπει να εφάπτονται στην επιφάνεια του κτιρίου. Και σε αυτή την περίπτωση τα πλαίσια τοποθετούνται σε βάσεις ώστε να εξασφαλίζεται ο καλός αερισμός της πίσω πλευράς του πλαισίου. Στις περιπτώσεις που τοποθετούνται Φ/Β υαλοπίνακες και η πίσω πλευρά του πλαισίου είναι στο εσωτερικό του κτιρίου, η θερμότητα που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση του χώρου. Κατά τους θερινούς μήνες, όπως

αναφέραμε και παραπάνω, πρέπει το εσωτερικό του κτιρίου να αερίζεται επαρκώς ώστε η θερμοκρασία του χώρου άρα και του πλαισίου να διατηρείται σε φυσιολογικά επίπεδα.



**Ψύξη Φ/Β σε στέγη με φυσική ροή αέρα**

Όταν γίνεται χρήση Φ/Β κεραμιδιών προβλέπεται στο εσωτερικό μέρος της στέγης να υπάρχει χώρος για την ελεύθερη ροή του αέρα. Στο κάτω και πάνω μέρος της στέγης υπάρχουν ανοίγματα (αεραγωγοί) έτσι ώστε να ο κρύος αέρας εισέρχεται από το κάτω μέρος και ο θερμός να εξέρχεται από το πάνω. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ψύξη των Φ/Β.



**Πρόβλημα σκίασης σε Φ/Β σύστημα**

Η σκίαση των Φ/Β πλαισίων επηρεάζει την ενεργειακή τους απόδοση. Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος πρέπει να ελεγχθούν εμπόδια που τυχόν υπάρχουν και σκιάζουν τα πλαίσια. Βεβαίως όταν τοποθετούνται Φ/Β συστήματα σε οικιστικά σύνολα είναι λογικό να υπάρχουν εμπόδια. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, η επίδραση να είναι όσο γίνεται μικρότερη.

Η ρύπανση των Φ/Β πλαισίων μειώνει σημαντικά την απόδοση του συστήματος και τον χρόνο ζώνης του. Η σκόνη, η γύρη των φυτών, άλατα και μικροσωματίδια προκαλούν μείωση της καθαρότητας της επιφάνειας των Φ/Β

πλαισίων καθώς η ηλιακή ακτινοβολία που καταλήγει στο Φ/Β στοιχείο είναι σημαντικά μικρότερη λόγω των ρύπων. Κατά τους θερινούς μήνες το πρόβλημα είναι ιδιαίτερα αυξημένο. Κατά την διάρκεια της ημέρας και λόγω της ξηρασίας, στην ατμόσφαιρα υπάρχουν μεγάλες ποσότητες σκόνης η οποία επικάθεται στα πλαίσια. Την νύχτα η υγρασία σε συνδυασμό με τη σκόνη που υπάρχει στα πλαίσια, δημιουργεί λάσπη η οποία κατά την διάρκεια της ημέρας στεγνώνει με συνέπεια να τίθεται σημαντικό πρόβλημα ρύπανσης. Η μακροχρόνια επικάλυψη αντικειμένων, φύλλων, κλαδιών, περιττωμάτων πουλιών, που σκιάζουν ένα ή περισσότερα Φ/Β στοιχεία, προκαλούν έντονο πρόβλημα λειτουργίας και απόδοσης του Φ/Β πλαισίου. Όταν ένα Φ/Β στοιχείο σκιάζεται ενώ τα υπόλοιπα Φ/Β στοιχεία του πλαισίου δέχονται ηλιακή ακτινοβολία, παρουσιάζεται το φαινόμενο της θερμής κηλίδας. Είναι ένα φαινόμενο που μπορεί να καταστρέψει το Φ/Β στοιχείο άρα και όλο το πλαίσιο. Γι' αυτό τοποθετούνται στο κιβώτιο συνδέσεως δίοδοι παράκαμψης, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πλαίσιο χωρίς να επηρεάζει το υπόλοιπο σύστημα.

Έτσι επιβάλλεται ο τακτικός καθαρισμός των Φ/Β πλαισίων του συστήματος και η επιθεώρηση του για τυχόν αντικείμενα τα οποία δημιουργούν πρόβλημα. Η βροχή είναι μια πολύ καλή λύση κατά την διάρκεια του χειμώνα. Το καλοκαίρι οι βροχές είναι σπάνιες άρα ο φυσικός καθαρισμός των πλαισίων είναι αδύνατος. Τα πλαίσια μπορούν να καθαριστούν με χρήση νερού και μαλακής βούρτσας, αποφεύγοντας βέβαια τη δημιουργία ζημιών. Σε μεγάλα συστήματα υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης αυτόματου συστήματος πλύσης κάτι το οποίο αυξάνει σημαντικά το κόστος. Στα Φ/Β συστήματα που είναι σε προσόψεις κτιρίων ο καθαρισμός μπορεί να γίνει και μέσω των συνεργείων καθαρισμού του εξωτερικού των κτιρίων.

Σε μέρη με μεγάλο υψόμετρο η επικάλυψη χιονιού είναι συχνό φαινόμενο κατά την διάρκεια του χειμώνα. Όταν η χιονόπτωση είναι μικρής έκτασης, το χιόνι την ημέρα λιώνει πάνω στα πλαίσια χωρίς να δημιουργεί πρόβλημα. Όμως όταν η χιονόπτωση είναι έντονη πρέπει να υπάρχει συνεργείο που να αφαιρεί το χιόνι, για να μη διακόπτεται η παραγωγή ενέργειας.

Η κλίση του πλαισίου βοηθάει στο καθαρισμό του πλαισίου. Αν η κλίση αυτή είναι μικρή, οι ρύποι είναι δύσκολο να φύγουν. Έτσι ακόμα και στον ισημερινό, που κανονικά πρέπει η τοποθέτηση των πλαισίων να είναι οριζόντια, τοποθετούνται με μια μικρή κλίση για ευκολότερο καθαρισμό τους.

## 5.2. Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

**Υψηλή Αξιοπιστία – μεγάλη διάρκεια ζωής:** Η αρχική τους κατασκευή ήταν για χρήση στο διάστημα όπου οι επισκευές είναι δαπανηρές έως ακατόρθωτες. Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες σήμερα τροφοδοτούν με ρεύμα σχεδόν όλους τους δορυφόρους.

**Μηδενικό κόστος λειτουργίας:** Χρησιμοποιούν το φως του ήλιου για να παράγουν ηλεκτρισμό. Δεν καταναλώνουν πρώτες ύλες.

**Δεν απαιτείται συντήρηση:** Τα Φωτοβολταϊκά συστήματα δεν έχουν κινούμενα μέρη έτσι δεν χρειάζονται καθόλου συντήρηση κατά την λειτουργία τους.

**Δεν μολύνουν το περιβάλλον:** Δεν παράγουν υποπροϊόντα ούτε χρειάζονται καύσιμα για να λειτουργήσουν. Επίσης δεν προκαλούν ηχορύπανση αφού η λειτουργία τους είναι εντελώς αθόρυβη. Επίσης κατασκευάζονται από ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, αλουμίνιο, πυρίτιο ) συνεπώς είναι περιβαλλοντικά καθαρά.

**Ευελιξία:** Τα φωτοβολταϊκά συστήματα τοποθετούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις σε ενέργεια. Σε περίπτωση που οι ανάγκες αυξηθούν πολύ εύκολα το σύστημα αναβαθμίζεται για να καλύψει ενεργειακά την νέα ζήτηση.

**Αυτονομία:** Παρέχουν πλήρη ενεργειακή αυτονομία. Έτσι μπορούν να τοποθετηθούν σε δύσβατες περιοχές, σε πλωτές εξέδρες και γενικά όπου το δίκτυο της ΔΕΗ είναι οικονομικά ασύμφορο να φτάσει.

### 5.3. Χωροθέτηση Φ/Β Συστημάτων

Τα Φ/Β μπορούν να τοποθετηθούν σε:

- Σε οποιονδήποτε οικόπεδο
- Σε στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) υφιστάμενων κτιρίων
- Ως υποκατάστατα κεραμοσκεπών ή υαλοστασίων
- Ως σκίαστρα πάνω από παράθυρα
- Ως δομικά συστατικά ειδικών αρχιτεκτονικών εφαρμογών

Για κάθε KWp εγκατεστημένης ισχύς απαιτούνται περίπου 10 τετραγωνικά μέτρα Φ/Β πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου (τεχνολογία αιχμής). Επίσης πρέπει να υπολογιστεί η απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους οι συστοιχίες των πλαισίων για την αποφυγή σκίασης. Ανάλογα με την μορφολογία του χώρου στον οποίον θα τοποθετηθούν ως ένας πρόχειρος κανόνας απαιτείται δύο (2) φορές περισσότερος χώρος από την καθαρή επιφάνεια των πλαισίων.



## 5.4. Κόστος Φ/Β Συστήματος

Το κόστος ενός Φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίζεται σε ευρώ ανά εγκατεστημένο KW και εξαρτάται από:

- Την τεχνολογία των πλαισίων που θα χρησιμοποιηθεί
- Την προέλευση των πλαισίων και των ηλεκτρονικών ισχύος του
- Το μέγεθος του Φ/Β Συστήματος (οικονομία κλίμακος)
- Την δυσκολία της εγκατάστασης (δυσπρόσιτες περιοχές)
- Την μορφολογία του εδάφους
- Την απόσταση της εγκατάστασης από το δίκτυο της ΔΕΗ (ιδιαίτερα για μικρές εφαρμογές).

Οι προσφορές που δίνονται σήμερα στην αγορά για κάθε εγκατεστημένο KW κυμαίνονται από 5.500 Ευρώ έως 7.500 ευρώ (για εγκαταστάσεις με πλαίσια πολυκρυσταλικού ή μονοκρυσταλικού πυριτίου, πλήρη διαμόρφωση χώρου και περίφραξη ασφαλείας) ανάλογα με την εταιρία και την χρησιμοποίηση ηλιοτροπικών συστημάτων (trackers). Ενδεικτικά για τον αρχικό προγραμματισμό του, ο υποψήφιος επενδυτής μπορεί να υπολογίσει μια ενδεικτική μέση τιμή συνολικού κόστους 6.000 ευρώ ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ.

## 5.5. Απόδοση Φ/Β Συστήματος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο είναι εξαιρετικά προβλέψιμη. Αυτό που ενδιαφέρει, είναι πόσες κιλοβατώρες θα μας δώσει το σύστημά μας σε ετήσια βάση. Σε γενικές γραμμές, ένα φωτοβολταϊκό σύστημα στην Ελλάδα παράγει κατά μέσο όρο ετησίως περί τις 1.150-1.500 κιλοβατώρες ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ (KWh/έτος/KWp). Προφανώς στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας ένα φωτοβολταϊκό παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες.

## **Ενότητα 6<sup>η</sup>: Στάδια Αδειοδότησης**

Οι διαδικασίες και οι χρόνοι αδειοδότησης διαφέρουν ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος. Διακρίνουμε 4 κατηγορίες: συστήματα  $\leq 20$  κιλοβάτ (kWp), 20-150 kWp, 150-2.000 kWp και  $>2.000$  kWp.

### **A. Συστήματα $\leq 20$ kWp**

Δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας ή έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Δεν απαιτείται επίσης εξαίρεση από την άδεια παραγωγής, εκτός εάν πρόκειται για σταθμούς που εγκαθίστανται σε Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά όπου υφίσταται κορεσμός του δικτύου, ο οποίος διαπιστώνεται με απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ). Οι περιπτώσεις εξαίρεσης από τη λήψη άδειας παραγωγής διαπιστώνονται με απόφαση της ΡΑΕ που εκδίδεται εντός δέκα (10) εργάσιμων ημερών από την υποβολή σχετικής αίτησης, εφόσον η αίτηση αυτή συνοδεύεται από όλα τα αναγκαία στοιχεία ή από τη συμπλήρωση των στοιχείων αυτών.

Τα πρόσωπα που έχουν την ευθύνη της λειτουργίας των σταθμών για τους οποίους δεν εκδίδεται διαπιστωτική απόφαση της ΡΑΕ, **υποχρεούνται, πριν εγκαταστήσουν τους σταθμούς, να ενημερώνουν τον αρμόδιο Διαχειριστή (ΔΕΣΜΗΕ ή ΔΕΗ κατά περίπτωση) για τη θέση, την ισχύ και την τεχνολογία των σταθμών αυτών.** Αν παραληφθεί η υποχρέωση ενημέρωσης, η λειτουργία των σταθμών αποβαίνει παράνομη. Ο αρμόδιος Διαχειριστής ενημερώνει, στο τέλος κάθε διμήνου, τον Υπουργό Ανάπτυξης και τη ΡΑΕ για την εγκατάσταση των ανωτέρω σταθμών (Ν. 3468/06).

Εφόσον οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί της κατηγορίας αυτής βρίσκονται εντός περιοχών NATURA 2000, Εθνικών Δρυμών, παραδοσιακών οικισμών και περιοχών αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, απαιτείται έγκριση περιβαλλοντικών όρων (εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006).

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος  $\leq 20$  kWp εντός περιοχών προστασίας υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ.145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7-2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006):

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος–

Χωροταξίας (ΔΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός **10 ημερών**, η ΔΠΕΧΩ αποφαινεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 ή της Β4 (λιγότερο επίπονες).

Κατά τεκμήριο, τα έργα αυτής της κατηγορίας θα υπαχθούν στην υποκατηγορία Β4, αφού σύμφωνα με την ΚΥΑ της 4-11-2004, (Δ6/Φ1/Οικ.19500), τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος  $\leq 500 \text{ kWp}$  χαρακτηρίζονται πλέον ως “μη οχλούσες δραστηριότητες”.

## **Β. Συστήματα 20-150 kWp**

Απαιτούνται:

1. Εξαίρεση από άδεια παραγωγής
2. Έγκριση περιβαλλοντικών όρων

### Εξαίρεση από άδεια παραγωγής

Εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής πρόσωπα που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από σταθμούς οι οποίοι εγκαθίστανται σε ακίνητο ή όμορα ακίνητα τα οποία ανήκουν, κατά κυριότητα ή βρίσκονται στη νόμιμη κατοχή των προσώπων αυτών, για όσο χρόνο τα πρόσωπα αυτά είναι κύριοι ή νόμιμοι κάτοχοι, εφόσον η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των εκατόν πενήντα (150) κιλοβάτ (Ν. 3468/06).

Οι περιπτώσεις εξαίρεσης από τη λήψη άδειας παραγωγής διαπιστώνονται με απόφαση της ΡΑΕ που εκδίδεται εντός **δέκα (10) εργασίμων ημερών** από την υποβολή σχετικής αίτησης, εφόσον η αίτηση αυτή συνοδεύεται από όλα τα αναγκαία στοιχεία ή από τη συμπλήρωση των στοιχείων αυτών.

### Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος 20-150 kWp υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7- 2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006):

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος–

Χωροταξίας (ΔΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός **10 ημερών**, η ΔΠΕΧΩ αποφαινεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 (στην οποία υπάγονται και τα φωτοβολταϊκά άνω των 2.000 kWp) ή της Β4 (λιγότερο επίπνες).

Κατά τεκμήριο, τα έργα αυτής της κατηγορίας θα υπαχθούν στην υποκατηγορία Β4, εκτός αν εκτελούνται σε περιοχές προστασίας οπότε τότε μπορεί να υπαχθούν στην υποκατηγορία Α2.

### **Γ. Συστήματα 150-2.000 kWp**

Απαιτούνται:

[α]. Πριν την εγκατάσταση της μονάδας

1. Άδεια Παραγωγής
2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
3. Άδεια Εγκατάστασης

[β]. Μετά την εγκατάσταση της μονάδας

1. Άδεια Λειτουργίας

#### **Άδεια Παραγωγής**

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). **Η άδεια αυτή χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ)**. Μαζί με την αίτηση για άδεια παραγωγής, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει στη ΡΑΕ και αίτηση Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) για το έργο, συνοδευόμενη από σχετική Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΠΕ).

Η ΡΑΕ πριν διατυπώσει τη γνώμη της, διαβιβάζει την ΠΠΕ στην αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Η αρχή αυτή γνωμοδοτεί επί της ΠΠΕ και διαβιβάζει τη γνωμοδότησή της στη ΡΑΕ εντός **εξήντα (60) ημερών** από τη συμπλήρωση του φακέλου της ΠΠΕ.

Η ΡΑΕ, μετά την έκδοση της γνωμοδότησης, υποβάλλει τη γνώμη της στον Υπουργό Ανάπτυξης εντός **τεσσάρων (4) μηνών** από τη γνωστοποίηση, σε αυτήν,

της δημοσίευσης της αίτησης, εφόσον ο φάκελος της αίτησης είναι πλήρης ή από τη συμπλήρωση του φακέλου, όταν αυτή ολοκληρώνεται μετά τη γνωστοποίηση, σύμφωνα με την ίδια απόφαση.

**Ο Υπουργός Ανάπτυξης** εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός **δεκαπέντε (15) ημερών** από την υποβολή, σε αυτόν, της γνώμης της ΡΑΕ.

#### Άδεια Εγκατάστασης

Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). Η άδεια αυτή εκδίδεται με απόφαση του **Γενικού Γραμματέα της Περιφέρειας**, στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός, για όλα τα έργα που κατατάσσονται στη 2η υποκατηγορία της Α΄ Κατηγορίας και στην 3η ή 4η υποκατηγορία της Β΄ Κατηγορίας, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 3 του ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α΄), όπως ισχύει, και τις κανονιστικές πράξεις που εκδίδονται κατ' εξουσιοδότησή του. Η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας **δεκαπέντε (15) ημερών** από την υποβολή, από τον ενδιαφερόμενο, της σχετικής αίτησης με τα δικαιολογητικά που καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία. Αν ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας Περιφέρειας δεν εκδώσει την άδεια εγκατάστασης εντός της προθεσμίας που ορίζεται στο προηγούμενο εδάφιο, για την έκδοση αυτής καθίσταται αρμόδιος ο Υπουργός Ανάπτυξης, προς τον οποίο ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει την αίτηση με το συνοδευτικό της φάκελο και την απόφαση ΕΠΟ ή επικυρωμένα αντίγραφα αυτών. Ο **Υπουργός Ανάπτυξης** εκδίδει την άδεια εγκατάστασης εντός **τριάντα (30) ημερών** από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων.

#### Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική

Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ).

Τα έργα που αφορούν φωτοβολταϊκά ισχύος 150-2.000 kWp υπάγονται στη λεγόμενη

υποκατηγορία 3 της δεύτερης κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7- 2005). Για τα έργα αυτά ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006):

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη ΡΑΕ, η οποία τη διαβιβάζει στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος-Χωροταξίας (ΔΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός **10 ημερών**, η ΔΠΕΧΩ αποφαινεται αν το έργο θα ακολουθήσει τις διαδικασίες της κατηγορίας Α2 (στην οποία υπάγονται και τα φωτοβολταϊκά άνω των 2.000 kWp) ή της Β4 .

#### Δ. Συστήματα >2.000 kWp

Απαιτούνται:

[α]. Πριν την εγκατάσταση της μονάδας

1. Άδεια Παραγωγής
2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
3. Άδεια Εγκατάστασης

[β]. Μετά την εγκατάσταση της μονάδας

1. Άδεια Λειτουργίας

#### Άδεια Παραγωγής

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). **Η άδεια αυτή χορηγείται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ).** Μαζί με την αίτηση για άδεια παραγωγής, ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει στη ΡΑΕ και αίτηση Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) για το έργο, συνοδευόμενη από σχετική Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΠΠΕ).

Η ΡΑΕ πριν διατυπώσει τη γνώμη της, διαβιβάζει την ΠΠΕ στην αρχή που είναι αρμόδια για την περιβαλλοντική αδειοδότηση. Η αρχή αυτή γνωμοδοτεί επί της ΠΠΕ και διαβιβάζει τη γνωμοδότησή της στη ΡΑΕ εντός **εξήντα (60) ημερών** από τη συμπλήρωση του φακέλου της ΠΠΕ.

Η ΡΑΕ, μετά την έκδοση της γνωμοδότησης, υποβάλλει τη γνώμη της στον Υπουργό

Ανάπτυξης εντός **τεσσάρων (4) μηνών** από τη γνωστοποίηση, σε αυτήν, δημοσίευσης

της αίτησης, εφόσον ο φάκελος της αίτησης είναι πλήρης ή από τη συμπλήρωση του φακέλου, όταν αυτή ολοκληρώνεται μετά τη γνωστοποίηση, σύμφωνα με την ίδια απόφαση.



Ο Υπουργός Ανάπτυξης εκδίδει τη σχετική απόφαση εντός **δεκαπέντε (15) ημερών** από την υποβολή, σε αυτόν, της γνώμης της ΡΑΕ.

### Άδεια Εγκατάστασης

Για την εγκατάσταση ή επέκταση σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ,

απαιτείται σχετική άδεια (Ν. 3468/06). Η άδεια αυτή εκδίδεται με απόφαση του Γενικού **Γραμματέα της Περιφέρειας**, στα όρια της οποίας εγκαθίσταται ο σταθμός, για όλα τα έργα που κατατάσσονται στη 2η υποκατηγορία της Α΄ Κατηγορίας και στην 3η ή 4η υποκατηγορία της Β΄ Κατηγορίας, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 3 του ν. 1650/1986 (ΦΕΚ 160 Α΄), όπως ισχύει, και τις κανονιστικές πράξεις που εκδίδονται κατ' εξουσιοδότησή του. Η άδεια εγκατάστασης εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας **δεκαπέντε (15) ημερών** από την υποβολή, από τον ενδιαφερόμενο, της σχετικής αίτησης με τα δικαιολογητικά που καθορίζονται από την ισχύουσα νομοθεσία. Αν ο αρμόδιος Γενικός Γραμματέας Περιφέρειας δεν εκδώσει την άδεια εγκατάστασης εντός της προθεσμίας που ορίζεται στο προηγούμενο εδάφιο, για την έκδοση αυτής καθίσταται αρμόδιος ο Υπουργός Ανάπτυξης, προς τον οποίο ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει την αίτηση με το συνοδευτικό της φάκελο και την απόφαση ΕΠΟ ή επικυρωμένα αντίγραφα αυτών. Ο **Υπουργός Ανάπτυξης** εκδίδει την άδεια εγκατάστασης εντός **τριάντα (30) ημερών** από την παραλαβή των ανωτέρω εγγράφων.

### Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ)

Η έγκριση αυτή έχει δύο στάδια. Πρώτα εγκρίνεται η Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτίμηση και Αξιολόγηση (ΠΠΕΑ) και στη συνέχεια χορηγείται η έγκριση περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ).

Τα έργα αυτής της κατηγορίας υπάγονται στη λεγόμενη υποκατηγορία 2 της πρώτης

κατηγορίας έργων (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 145799, ΦΕΚ 1002Β, 18-7-2005). Για τα έργα αυτά

ισχύουν τα εξής (ΚΥΑ Αριθ. Οικ. 104247, ΦΕΚ 663Β, 26-5-2006 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006):

## **6.1. Δικαιολογητικά για το πρόγραμμα Φ/Β στις στέγες**

1. Αντίγραφο πρόσφατου λογαριασμού κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος (για τον μετρητή κατανάλωσης του ακινήτου ή των κοινόχρηστων μέσω του οποίου θα διενεργείται ο οικονομικός συμψηφισμός).
2. Τοπογραφικό της θέσης εγκατάστασης (προκειμένου για κτιριακές εγκαταστάσεις εκτός σχεδίου πόλεως).

3. Αποδεικτικό δικαιώματος χρήσης του χώρου εγκατάστασης, κατά περίπτωση ως ακολούθως:

➤ για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από τον κύριο του χώρου αυτού:

Τίτλος κυριότητας (αντίγραφο συμβολαιογραφικής πράξης και πιστοποιητικό μεταγραφής της στο υποθηκοφυλακείο).

➤ για εγκατάσταση του συστήματος σε ιδιόκτητο χώρο από άλλον, πλην του ιδιοκτήτη, κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας στο ίδιο κτίριο:

Τίτλος κυριότητας ως ανωτέρω και έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου εγκατάστασης για την παραχώρηση του σε άλλο κύριο οριζόντιας του ίδιου κτιρίου, με ίδια ευθύνη των υπογραφόντων.

➤ για εγκατάσταση του συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο είτε από το σύνολο των κυρίων οριζοντίων ιδιοκτησιών του κτιρίου, είτε από έναν εκ των κυρίων οριζοντίων ιδιοκτησιών, μετά από παραχώρηση του χώρου αυτού:

Πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή έγγραφη συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου με ευθύνη του διαχειριστή ή του κυρίου οριζόντιας ιδιοκτησίας που θα εγκαταστήσει το σύστημα, αντίστοιχα.

4. Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία ο αιτών θα δηλώνει ότι:

➤ Το έργο της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν έχει ενταχθεί σε οποιοδήποτε πρόγραμμα χρηματοδότησης .

➤ Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό του κτιρίου επί του οποίου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (με αναφορά στον τρόπο κάλυψης, όπως ο ηλιακός θερμοσίφωνας, ηλιοθερμικά, βιομάζα κλπ).

➤ Κατατάσσεται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, όπως αυτές καθορίζονται στην Ε.Ε. μόνο προκειμένου για φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες.

➤ Όλοι ανεξαιρέτως οι συνιδιοκτήτες των οριζοντίων ιδιοκτησιών του κτιρίου έχουν υπογράψει το πρακτικό της γενικής συνέλευσης ή έχουν εγγράφως συμφωνήσει για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

➤ Όλα τα στοιχεία που υποβάλει με την αίτηση του είναι αληθή.

5. Όψεις κατόψεις κτιρίου.

### Κατ' εκτίμηση υπολογισμοί

ΙΣΧΥΣ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ M2		ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΚΑΤ' ΕΚΤΙΜΗΣΗ)		ΠΑΡΑΓΩΓΗ	
	ΣΤΕΓΗ	ΤΑΡΑΤΣΑ	ΚΟΣΤΟΣ	ΜΕ ΦΠΑ 23%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ Ή Kwh/έτος	€/έτος (0.55€)
1 KW	8	16	4000	4920	1500	825

2 KW	16	32	8000	9840	3000	1650
3 KW	24	48	12000	14760	4500	2475
4 KW	32	64	16000	19680	6000	3300
5 KW	40	80	20000	24600	7500	4125
6 KW	48	96	24000	29520	9000	4950
7 KW	56	112	28000	34440	10500	5775
8 KW	64	128	32000	39360	12000	6600
9 KW	72	144	36000	44280	13500	7425
10 KW	80	160	40000	49200	15000	8250

## 6.2. Συνήθειες εγγυήσεις από εταιρείες του κλάδου:

1. 25 χρόνια σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας με τη ΔΕΗ.
2. 25 χρόνια εγγύηση απόδοσης του συστήματος.
3. Θερμομόνωση της οροφής-ταράτσας.
4. Τραπεζική χρηματοδότηση.
5. Καθαρή, αδιάλειπτη λειτουργία χωρίς έξοδα συντήρησης.
6. Προστασία περιβάλλοντος.

## 6.3. Τιμές πώλησης παραγομένης ενέργειας από Φ/Β

Μετά και την ψήφιση του σχεδίου νόμου «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης» τον Ιούνιο του 2006, η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας για διασυνδεδεμένους ΦΒ σταθμούς ανέρχεται στα 0,4-0,5 €/KWh. Η τιμή αυτή της κιλοβατώρας είναι εγγυημένη για 20 χρόνια και αναπροσαρμόζεται ετησίως είτε βάσει του πληθωρισμού (80% της ονομαστικής αξίας του) είτε βάσει των αυξήσεων των τιμολογίων της ΔΕΗ.

Ονομαστική Ισχύς Φ/Β συστήματος	Ηπειρωτικό δίκτυο	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
< 100 KW	0,45 €/κιλοβατώρα	0,50 €/κιλοβατώρα
> 100 KW	0,40 €/κιλοβατώρα	0,45 €/κιλοβατώρα

## 6.4. Ευκαιρίες Χρηματοδότησης

Συμφώνα με την τροπολογία του νόμου 3299/04 που ψηφίστηκε στην βουλή τον Δεκέμβριο του 2006 επιδοτούνται οι επενδύσεις παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες ήπιες μορφές με ποσοστά από 20% - 60%.

Τα ποσοστά ενισχύσεων ανά Περιφέρεια, καθορίστηκαν ως ακολούθως:

40% για Δυτική Ελλάδα, Ανατολική Μακεδονία - Θράκη, Ήπειρο, Πελοπόννησο, και Νησιά Βορείου Αιγαίου.

30% για Κεντρική Μακεδονία (εκτός νομού Θεσσαλονίκης) , Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία, Κρήτη, Ιόνια Νησιά, Στερεά Ελλάδα και Νησιά Νοτίου Αιγαίου 20% για νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης (εκτός των νησιών και των βιομηχανικών περιοχών αυτών που ανήκουν στην προηγούμενη κατηγορία.

Τα παραπάνω ποσοστά προσαυξάνονται κατ' αρχήν κατά 10% για Μεσαίες Επιχειρήσεις και κατά 20% για μικρές επιχειρήσεις. Αναμένεται η έκδοση υπουργικής απόφασης που θα προσδιορίζει επακριβώς το ύψος των ποσοστών της προσαύξησης.

Επισημαίνεται ότι μικρές είναι οι επιχειρήσεις με λιγότερο από 50 άτομα προσωπικό και ετήσιο κύκλο εργασιών μικρότερο από 10.000.000 € ή ετήσιο ισολογισμό μικρότερο από 10.000.000 €, ενώ μεσαίες είναι οι επιχειρήσεις με λιγότερο από 250 άτομα προσωπικό και ετήσιο κύκλο εργασιών μικρότερο από 50.000.000 € ή ετήσιο ισολογισμό μικρότερο από 43.000.000 €.

Τα Φ/Β πλαίσια τεχνολογίας αιχμής που αποτελούν το μεγαλύτερο κόστος ενός Φ/Β συστήματος δίνονται από τους κατασκευαστές με εγγυήσεις από 20 έως και 25 έτη. Οι δε μετατροπείς (inverter) δίνονται με εγγυήσεις από 5 - 10 έτη. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι μμέσα στα περιθώρια της εγγύησης αντικαθίστανται τα ελαττωματικά στοιχεία του εξοπλισμού.

Οι σοβαρές εταιρείες τοποθέτησης Φωτοβολταϊκών δίνουν εγγύηση καλής λειτουργίας ενός ή δύο ετών και πολυετές συμβόλαιο συντήρησης MS (maintenance & service) σε συνδυασμό με συστήματα καταγραφής των ηλεκτρολογικών δεδομένων της εγκατάστασης, μετάδοσης των δεδομένων και στατιστικής ανάλυσης αυτών ώστε να είναι δυνατόν η άμεση διάγνωση των προβλημάτων κάθε μιας ξεχωριστής συστοιχίας και η ταχύτερη επανόρθωσή του. Στο ετήσιο κόστος αυτό της συντήρησης που ενδεικτικά μπορεί να κυμαίνεται στο 0,3% - 0,6% του προϋπολογισμού του έργου θα συμπεριλαμβάνεται η άμεση αποκατάσταση οποιασδήποτε αστοχίας υλικού και η εύρυθμη λειτουργία όλης της μονάδας.

Το υπόλοιπο κόστος της λειτουργίας - συντήρησης ενός Φ/Β Συστήματος, είναι πρακτικά μηδαμινό. Η προληπτική συντήρηση που απαιτούν είναι ο καθαρισμός αυτών από την σκόνη, όταν υπάρχουν μεγάλα διαστήματα ανομβρίας, και η φροντίδα

ώστε ο περιβάλλοντας χώρος να μην μεταβάλλεται ώστε να δημιουργούνται συνθήκες σκίασης (όπως ανάπτυξη δένδρων, θάμνων κλπ). Οι περιπτώσεις έκτακτων καταστροφών, όπως φωτιά, σεισμός, κλοπή, βανδαλισμός κλπ καλύπτονται από τις ασφαλιστικές εταιρείες είτε για απλή αντικατάσταση των ζημιών είτε για επιπρόσθετη κάλυψη απώλειας εσόδων. Ένα ενδεικτικό ετήσιο ασφάλιστρο μπορεί να κυμαίνεται από 0,25% έως 0,35% της αξίας της εγκατάστασης ανάλογα με το είδος των καλύψεων που προσφέρουν.

Ως εκ τούτου με σταθερό και προβλέψιμο κόστος εικοσαετίας, με προβλέψιμη ενεργειακή απόδοση (KWh/έτος/KW) αλλά και δεδομένη τιμή πώλησης για μια εικοσαετία, οι επενδύσεις στα Φ/Β συστήματα είναι από τις πλέον εξασφαλισμένες επενδύσεις της αγοράς.

## **6.5. Βήματα για την εγκατάσταση ενός Φ/Β συστήματος**

Η συνεργασία με έναν αξιόπιστο επιχειρηματικό σύμβουλο που θα βοηθήσει σε όλη την πορεία υλοποίησης του επενδυτικού σχεδίου.

Η αξιολόγηση και ο προσδιορισμός του ακινήτου ή των ακινήτων στα οποία πρόκειται να εγκατασταθούν τα Φωτοβολταϊκά (Φ/Β) Συστήματα.

Η σύσταση εταιρείας και η αγορά - εκχώρηση - ενοικίαση του αγροτεμαχίου σε αυτήν.

Ο προσδιορισμός της καλύτερης λύσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος με βάση το διαθέσιμο οικόπεδο και τα διαθέσιμα κεφάλαια ώστε να ακολουθήσει η σύνταξη ενός τεύχους προδιαγραφών.

Η συλλογή προσφορών και η αξιολόγηση αυτών

Η σύνταξη και υποβολή του φακέλου για την λήψη άδειας παραγωγής (ή εξαίρεσης άδειας παραγωγής για εγκαταστάσεις κάτω από 150 KW)

Η αίτηση προς την ΔΕΗ για τον προσδιορισμό των όρων σύνδεσης (συνοδευμένη από την σχετική τεχνική μελέτη) για έργα από 20 έως 150KW.

Η έκδοση της άδειας εγκατάστασης για έργα πάνω 150KW.

Σύνταξη και υποβολή μελέτης Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Έγκρισης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) στην αρμόδια ΔΙΠΕΧΩ για επενδύσεις από 20KW έως 150KW.

Η υπογραφή σύμβασης σύνδεσης με την ΔΕΗ για την σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο

Η υπογραφή σύμβασης πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Η σύνταξη της τεchnοοικονομικής μελέτης για την χρηματοδότηση συμφωνά με τον αναπτυξιακό νόμο.



Η υπογραφή σύμβασης με τον προμηθευτή - κατασκευαστή και η έναρξη υλοποίησης του έργου

Η υπογραφή σύμβασης σύνδεσης με την ΔΕΗ για την σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο

Η επικαιροποίηση της εγκεκριμένης ΠΠΕΑ και η υποβολή Περιβαλλοντικής Μελέτης για Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) από την αρμόδια ΔΙΠΕΧΩ.

Η έκδοση άδειας λειτουργίας για εγκαταστάσεις πάνω από 150 KW.

Η ολοκλήρωση των εργασιών, σύνδεση με το δίκτυο και έναρξη λειτουργίας της μονάδας. Η υποβολή εκθέσεων προόδου και ολοκλήρωσης για την εκταμίευση του ποσού της επιδοτούμενης χρηματοδότησης.

## **6.6. Απαιτούμενη Ίδια Συμμετοχή**

Με βάση τον αναπτυξιακό νόμο 3299/04 τα ίδια κεφάλαια πρέπει να αντιστοιχούν σε ελάχιστο ποσοστό 25%. Το υπολειπόμενο ποσό (πλην της ίδιας συμμετοχής και επιχορήγησης ) καλύπτεται με τραπεζικό δανεισμό. Σήμερα υπάρχουν τράπεζες που καλύπτουν αυτό το ποσό με δεκαετές δάνειο και με επιτόκιο περίπου 6% (euribor + 2%) και εγγύηση την εκχώρηση του τιμολογίου αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος.

Η εκταμίευση της επιχορήγησης γίνεται σε 2 ισόποσες δόσεις μετά την πιστοποίηση της υλοποίησης του 50% και ολόκληρης της επένδυσης αντίστοιχα.

Για παράδειγμα, σε μια επένδυση 1.000.000 Ευρώ μια επιχείρηση θα πρέπει να έχει διαθέσιμα 250.000 Ευρώ το ελάχιστο. Εάν εγκριθεί επιχορήγηση έστω 50%, θα πρέπει να πάρει ένα μεσομακροπρόθεσμο δάνειο 250000 Ευρώ. Για την εξόφληση της δαπάνης υπάρχει η δυνατότητα νέου βραχυπρόθεσμου δανεισμού με εκχώρηση της επιχορήγησης στην τράπεζα.

Σημειώνεται επίσης ότι δίνεται στις επιχειρήσεις το δικαίωμα έκπτωσης του ΦΠΑ, για αγαθά επένδυσης κατόπιν ενημέρωσης και συμφωνίας με την αρμόδια εφορία.

## **6.7. Παραδείγματα επενδύσεων σε Φ/Β Συστήματα**

Για τον υπολογισμό των παρακάτω παραδειγμάτων θεωρήθηκε μια ενδεικτική τιμή κόστους 6.000 ευρώ ανά εγκατεστημένο KW. Για τον υπολογισμό της πραγματικής απόδοσης θα πρέπει να εξετάζεται η κάθε περίπτωση ξεχωριστά σε σχέση με το ακίνητο, την περιοχή που βρίσκεται, την τεχνική λύση που προτείνεται και το ύψος της επένδυσης.

Με βάση στοιχεία της πύλης του PVGIS:ν Geographical Assessment of Solar Energy Resource and Photovoltaic Technology πήραμε την μεσού ετήσια απόδοση ανά εγκατεστημένο κιλοβάτ για πέντε περιοχές της Ελλάδας με δεδομένο την βέλτιστη κλίση και βέλτιστο προσανατολισμό:

Περιοχή Αλεξανδρούπολης	1194KWh
Περιοχή Θεσσαλονίκης	1177KWh
Αττική	1370KWh
Περιοχή Σπάρτης	1375KWh
Ρόδος	1467KWh

Για τις παραπάνω περιοχές και τα συγκεκριμένα παραδείγματα, λαμβάνονται υπόψιν οι επιδοτήσεις όπως αυτές προσδιορίζονται από τον τροποποιημένο αναπτυξιακό νόμο. Θεωρείται ότι οι επενδύσεις γίνονται από μικρή ομόρρυθμη εταιρεία με φορολογία 20%. Το κόστος λειτουργίας (ασφάλιστρα, συντήρηση και φύλακτρα) υπολογίζεται σε 1,5% επί του προϋπολογισμού του έργου. Δεν λαμβάνεται υπόψιν το κόστος αγοράς ή ενοικίασης της γης.

Οι συγκεκριμένες αποδόσεις θα πρέπει να ισχύουν για μία εικοσαετία, με μικρή πτώση που ακολουθεί την αντίστοιχη πτώση της ενεργειακής απόδοσης των πλαισίων στην πορεία του χρόνου. Η απώλεια όμως της ενεργειακής απόδοσης θα αντισταθμίζεται από την αναμενόμενη αύξηση της τιμής πώλησης του ηλεκτρικού ρεύματος για την πρώτη εικοσαετία.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα μιας επένδυσης 100KW στην Βοιωτία, όπου λαμβάνονται υπόψιν οι παρακάτω παράγοντες:

Κόστος εγκατάστασης 600.000 Ευρώ

Ίδια συμμετοχή 25% = 150.000 Ευρώ

Επιχορήγηση 50% = 300.000 Ευρώ

Δανειοδότηση 150.000 Ευρώ για 10 έτη και 6% επιτόκιο

Αρχική ετήσια απόδοση 1290 KWh / KW με ετήσια μείωση 0,5% τα πρώτα 10 έτη και 1 % τα επόμενα έτη.

Τιμή αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος 0,45 Ευρώ ανά KWh προσαυξημένη κατά 2,5% ανά έτος

Αρχικό λειτουργικό κόστος (ασφάλιστρα, συντήρηση, φύλακτρα, λειτουργία της εταιρείας κλπ) 9.000 ευρώ προσαυξημένα κατά 2,5% ετησίως

Φορολογία 20%

Εξαίρεση του ΦΠΑ από το κόστος του εξοπλισμού 500.000 Ευρώ

Κόστος αγοράς οικοπέδου, αμοιβές συμβούλου, ίδρυση εταιρείας 35.000 ευρώ

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα με δεδομένα τις παραπάνω παραδοχές, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι 14,2% .

Προφανώς σε περιοχές με μεγαλύτερη επιδότηση όπως Πελοπόννησο, Ήπειρο, Ανατολική Μακεδονία - Θράκη, ή σε περιοχές με μεγαλύτερη τιμή πώλησης όπως τα νησιά, η προβλεπόμενη απόδοση θα είναι μεγαλύτερη.

## **6.8. ΤΡΟΠΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ**

Σήμερα χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρόποι εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων:

- Διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά συστήματα

Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο φωτοβολταϊκά συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρικής ενέργειας εφ' όσον υπάρχει διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο. Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης.

- Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

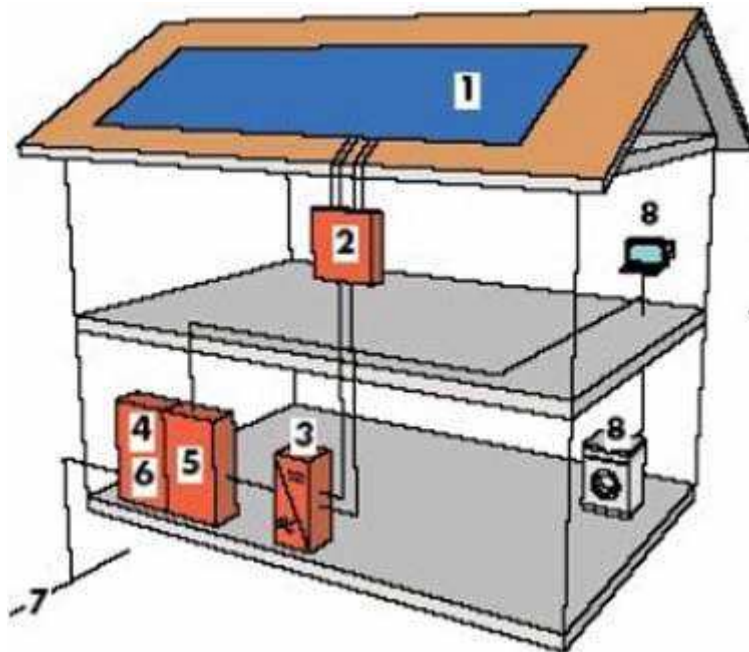
Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες

τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια. ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση. Όταν τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδυασθούν και με άλλη ανανεώσιμη ή συμβατική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ανεμογεννήτρια, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, κ.λ.π.) τότε χαρακτηρίζονται σαν υβριδικά.

- Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

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

Τέτοια διασυνδεδεμένα συστήματα με τα εξαρτήματα τους(με ένα ή δύο μετρητές) φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



- 1.Φ/Β γεννήτρια
- 2.Ηλ.Πίνακας
- 3.Αντιστροφέας(inverter)
- 4.Κιβώτιο ασφαλειών
- 5.Μετρητής παραγωγής
- 6.Υφιστάμενος μετρητής
- 7.Δίκτυο ΔΕΗ
- 8.Εσωτερικοί καταναλωτές

## 6.9. ΜΕΓΕΘΟΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αναφέραμε πριν ότι στην Ελλάδα ένα Φ/Β σύστημα μπορεί να δώσει 1100-1500 KWH/έτος /KW. Αυτό σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές ένα αυτόνομο Φ/Β 2-3 KW εγκατεστημένης ισχύος, μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας τριμελούς οικογένειας. Παίζει όμως πολύ σημαντικό ρόλο ,το πώς θα χρησιμοποιηθεί αυτή η ενέργεια και πού. Παίζει ρόλο επίσης ,αν το σπίτι χρησιμοποιείται σαν κύρια κατοικία ή εξοχικό, η περιοχή που βρίσκεται, ο αριθμός των ατόμων που κατοικούν και οι ώρες που βρίσκονται στο σπίτι, ακόμα και οι συνήθειές τους. Παρακάτω βλέπουμε ένα πίνακα με τυπικές ισχύεις (W) και μηνιαίες καταναλώσεις (KWH) διαφόρων οικιακών συσκευών:

Σε περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος, δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα. Το δίκτυο καλύπτει πάντα τη ζήτηση αιχμής μιας κατοικίας. Αλλά στα αυτόνομα συστήματα, θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι επί μέρους καταναλώσεις, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα. Βέβαια, μεγάλες καταναλώσεις(κουζίνα, φούρνος, θερμοσίφωνα) θα πρέπει να καλύπτονται με άλλο τρόπο (π.χ αέριο για την κουζίνα, ηλιακός θερμοσίφωνα για το ζεστό νερό, αβαθής γεωθερμία για θέρμανση-ψύξη κλπ). Όμως ο φωτισμός με λάμπες εξοικονόμησης ενέργειας και η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών(υπολογιστές, ηχητικά συγκροτήματα, ψυγεία, τηλεοράσεις, τηλεπικοινωνίες κλπ)αποτελούν ανάγκες που καλύπτονται εύκολα και οικονομικά με Φ/Β.

## 6.10. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να υπολογίσουμε ένα Φ/Β σύστημα πρέπει να γνωρίζουμε:

**α)Ηλιοφάνεια και «ώρες αιχμής»**

Η ηλιοφάνεια δίνεται σε Langleys/day(1 Langley=1 cal/cm<sup>2</sup>=10 kcal/m<sup>2</sup>) και οι ημερήσιες τιμές δίνονται ανά μήνα. Για απλοποίηση όμως των υπολογισμών τα Langleys/day μετατρέπονται σε “ώρες αιχμής” διαιρούμενα δια του 0.0116,οπότε “ώρες αιχμής” είναι ο ισοδύναμος μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά ημέρα σε σταθερές συνθήκες.

**β)Απαιτήσεις φορτίου- Μέγεθος Φ/Β συστήματος**

Οι απαιτήσεις φορτίου εξαρτώνται από την τάση(Volt)και το ρεύμα σε AH/ημέρα του φορτίου. Ανάλογα με τη απαιτούμενη τάση ή ένταση ,συνδέουμε τα Φ/Β στοιχεία σε σειρά ή παράλληλα αντίστοιχα. Ο συνολικός αριθμός στοιχείων θα είναι το γινόμενο του αριθμού των σε σειρά επί τον αριθμό των παράλληλα συνδεδεμένων στοιχείων. Αυτά για τα στοιχεία .Για την εκτίμηση του μεγέθους των μπαταριών πολλαπλασιάζουμε το ημερήσιο φορτίο(AH/ημέρα)με ένα σταθερό αριθμό ημερών αποθήκευσης.



## Παράδειγμα

Να υπολογισθεί το Φ/Β σύστημα τροφοδότησης μίας κατοικίας στην Κρήτη, της οποίας όλες οι ηλεκτρικές καταναλώσεις έχουν συνολική ισχύ 1150 W και λειτουργούν κατά μέσο όρο 10H.

### Λύση

α) Το ημερήσιο φορτίο της κατοικίας θα είναι:  
 $(1150W/230V) \times 10H = 50 \text{ AH} / \text{ημέρα}$ .

β) Η μέση ηλιοφάνεια της Κρήτης είναι  $383 \times 0.00116 = 4.4$  ώρες /ημέρα.

γ) Θα χρησιμοποιήσουμε στοιχεία με ονομαστική τάση 12V και ρεύμα 2 A.

δ) Για να πάρουμε τα 230V της κατοικίας, συνδέουμε σε σειρά:  
τάση συστήματος / τάση στοιχείων =  $230/12 = 19$  στοιχεία.

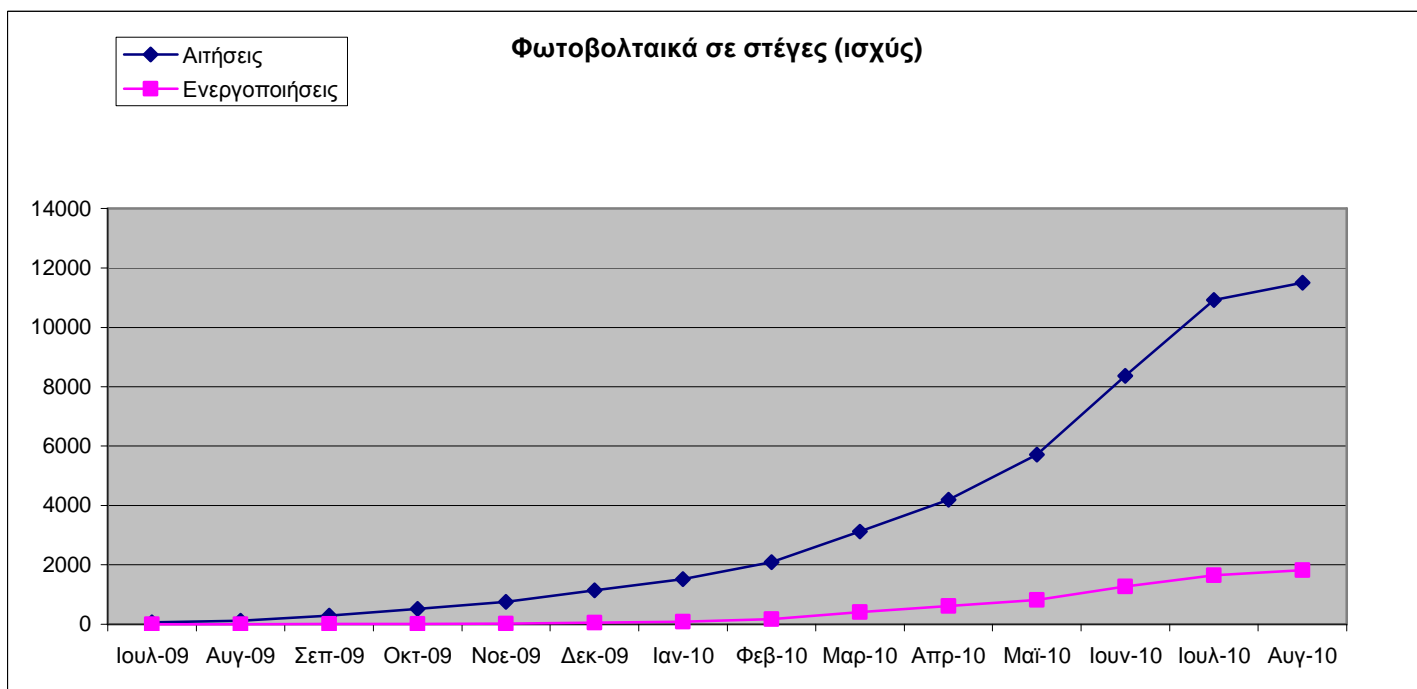
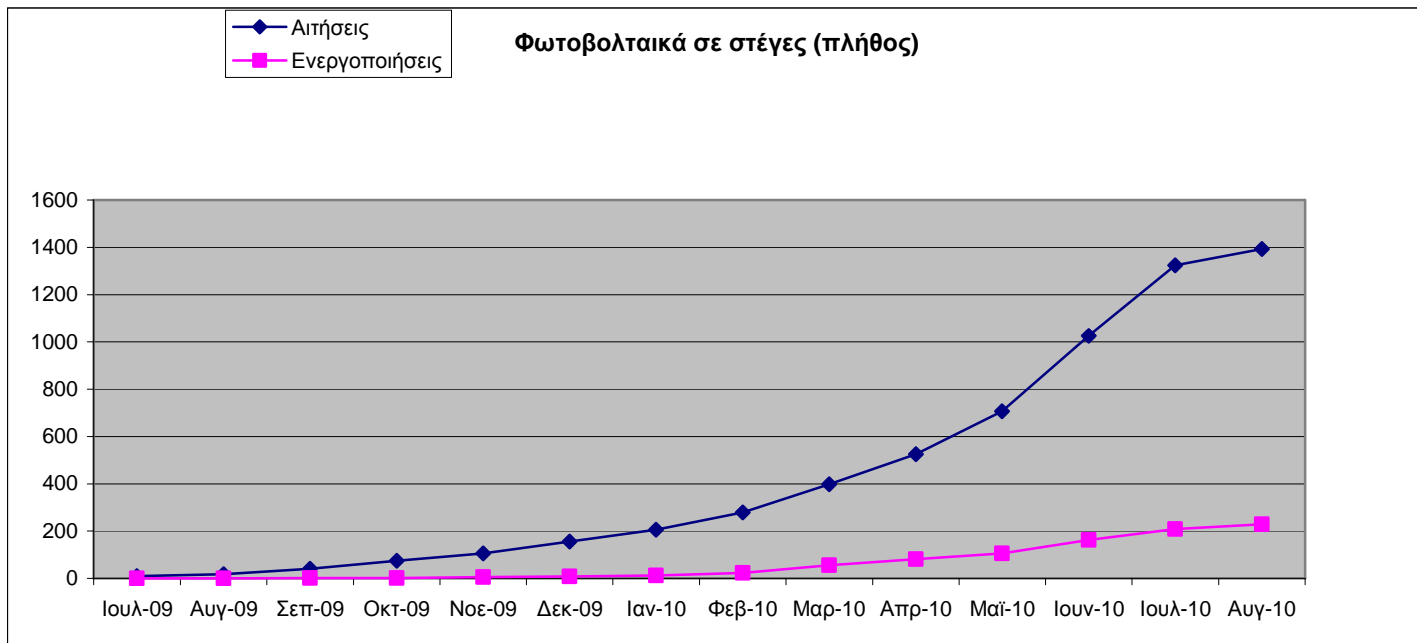
ε) Το φορτίο που παράγεται από κάθε στοιχείο θα είναι:  
ώρες αιχμής X ρεύμα στοιχείου =  $4,4 \text{ H} / \text{ημέρα} \times 2 \text{ A} = 8,8 \text{ AH} / \text{ημέρα}$   
Αρα, αριθμός στοιχείων παράλληλα :  $50 \text{ AH} / \text{ημέρα} : 8,8 \text{ AH} / \text{ημέρα} = 6$  στοιχεία

Ολικός αριθμός στοιχείων:  $19 \times 6 = 114$

Μέγεθος μπαταριών:  $20 \text{ ημέρες} \times 50 \text{ AH} / \text{ημέρα} = 1000 \text{ AH}$ .

## Αιτήσεις- Ενεργοποιήσεις από τη ΔΕΗ

Περίοδος	Σύνολο αιτήσεων				Σύνολο ενεργοποιήσεων			
	Σύνολο μήνα		Γενικό σύνολο		Σύνολο μήνα		Γενικό σύνολο	
	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)	Πλήθος	Ισχύς (kW)
Ιουλ-09	9	60,4	9	60,4	0	0	0	0
Αυγ-09	9	59,1	18	119,5	0	0	0	0
Σεπ-09	22	169,8	40	289,3	1	9,9	1	9,9
Οκτ-09	34	225,2	74	514,5	1	1	2	10,9
Νοε-09	31	243,3	105	757,8	3	14,7	5	25,6
Δεκ-09	50	381,9	155	1139,7	3	23,6	8	49,2
Ιαν-10	51	374	206	1513,7	4	32,6	12	81,8
Φεβ-10	72	572,4	278	2086,1	11	89,4	23	171,2
Μαρ-10	120	1036,2	398	3122,3	32	238,2	55	409,5
Απρ-10	128	1076,6	526	4198,8	26	203,4	81	612,8
Μαϊ-10	181	1513,2	707	5712	25	199,8	106	812,7
Ιουν-10	319	2645,7	1026	8357,7	56	452,1	162	1264,8
Ιουλ-10	299	2566,5	1325	10924,2	46	383,2	208	1648
Αυγ-10	68	577,8	1393	11502	20	165,8	228	1813,8



## Συμπεράσματα

Τα «Φωτοβολταϊκά στη στέγη» είναι ένα πρόγραμμα που εγκαινιάστηκε τον Ιούλιο του 2009 και έφερε στο προσκήνιο την πρόκληση της οικολογικής οικιακής επένδυσης. Η συγκεκριμένη επένδυση αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε ιδιόκτητες ταράτσες ή κεραμοσκεπές.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα εισάγει μια νέα προοπτική στον οικιακό κτιριακό τομέα. Η νέα προοπτική αφορά την ανεξάρτηση από τους ορυκτούς πόρους, την εκπαίδευση στη χρήση και την αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε), καθώς και τη μείωση των εκπεμπόμενων αερίων του θερμοκηπίου.

Η απόσβεση τέτοιων συστημάτων πραγματοποιείται σε 5 με 7 έτη και εξασφαλίζει στον επενδυτή την επιστροφή του κεφαλαίου του και κάποια σημαντικά κέρδη.

Το οικιακό Φ/Β σύστημα δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη συντήρηση παρά μόνο έναν απλό καθαρισμό των πανέλων με καθαρό νερό, μια φορά το μήνα, από τον ιδιοκτήτη και έναν τεχνικό έλεγχο των καλωδίων και των συνδέσεων, μια φορά το χρόνο, από εξειδικευμένο προσωπικό της εταιρίας μας.

Η διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών πανέλων που χρησιμοποιούνται ξεπερνούν τα 25 έτη, με ανάγκη για ετήσια τυπική συντήρηση και με το δείκτη απόδοσης να κυμαίνεται στο τέλος της 25ετίας στο 80%.

Η Σύμβαση με τη Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. εγγυάται τη σταθερή τιμή της KWH, ήτοι 0,55 λεπτά/KWH για 25 έτη. Η τιμή αυτή θα παραμείνει σταθερή έως το 2012 και εν συνεχεία θα ακολουθήσει πτωτική τάση. Τέλος, ο κάθε οικιακός παραγωγός ενέργειας απαλλάσσεται από το τέλος των Α.Π.Ε. και δεν φορολογείται το εισόδημά του που προέρχεται από αυτές.

Σε κάθε περίπτωση η επένδυση σε Φ/Β συστήματα στις στέγες κρίνεται ιδιαίτερα επικερδής και απαλλαγμένη από γραφειοκρατικές αγκυλώσεις

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Το Φ/Β στοιχείο και η τεχνολογία του / Γιάννης Φραγκιαδάκης
- Ενέργεια, Πηγές - Εφαρμογές - Εναλλακτικές Λύσεις / Ίδρυμα Ευγενίδου
- [WWW.CRES.GR](http://WWW.CRES.GR)
- [WWW.DEI.GR](http://WWW.DEI.GR)
- [WWW.KLT.GR](http://WWW.KLT.GR)