



ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

εφαρμογές στον οικιακό τομέα

www.cea.org.cy



Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Εφαρμογές στον οικιακό τομέα

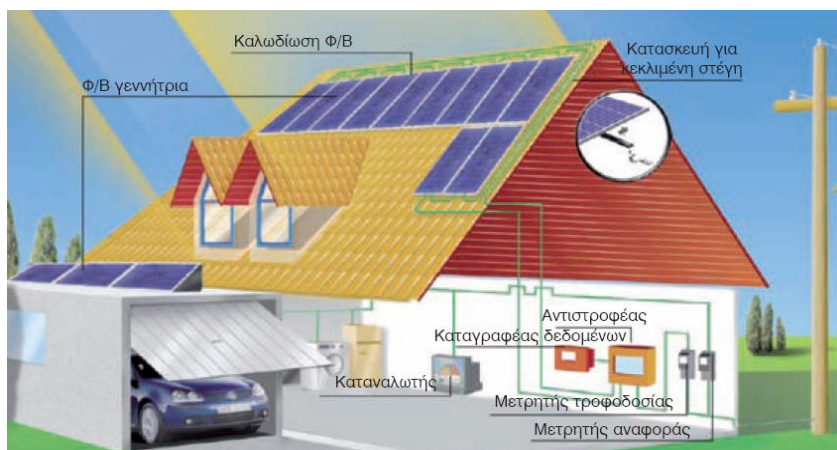
1. Εισαγωγή

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι μια βιώσιμη επιλογή παραγωγής ενέργειας για την Κύπρο, καθώς η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά υψηλό ηλιακό δυναμικό και όλες οι περιοχές της έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όλο το χρόνο (από τις υψηλότερες στην Ευρώπη). Συνεπώς, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία, η οποία ανήκει στις τεχνολογίες των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, αναμένεται να βρει μεγάλο πεδίο εφαρμογής και στον οικιακό τομέα.

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα μετατρέπουν άμεσα την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Το σημαντικότερα τμήματα ενός Φ/Β συστήματος είναι (Εικ. 2):

- το Φ/Β στοιχείο (solar cell), το οποίο συλλέγει το ηλιακό φως. Είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.
- το Φ/Β πλαίσιο (PV module) που απαρτίζεται από πολλά Φ/Β στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας. Τα πλαίσια έχουν τυπική ισχύ από 20W έως 300W. Τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (strings).

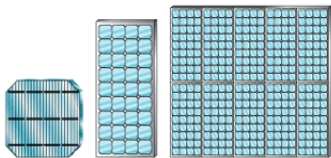


Εικόνα 1. Εγκατάσταση Φ/Β συστήματος σε κατοικία



Περιεχόμενα

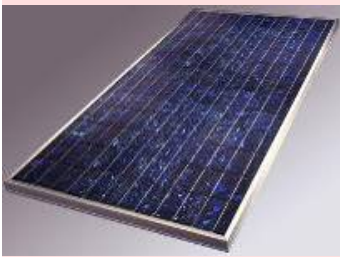
Εισαγωγή	1
Τύποι Φωτοβολταϊκών και κριτήρια επιλογής	2
Τύποι Φωτοβολταϊκών σε σχέση με το βαθμό ενσωμάτωσης τους	2
Τύποι Φωτοβολταϊκών σε σχέση με το υλικό κατασκευής τους	2
Απόδοση Φωτοβολταϊκού	3
Φώτοβολταϊκά συστήματα και προϋποθέσεις εγκατάστασής τους	3
ΦΒ ενσωματωμένα σε κτίρια	5
Αρχιτεκτονική ενσωμάτωση των ΦΒ5	
Ιδιότητες ΦΒ σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά	6
Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα	6
Η αγορά στην Κύπρο	7
Νομοθετικό πλαίσιο	8
Κίνητρα και Σχέδια Χορηγίων	9
Οικονομικά στοιχεία	9
Κόστος αγοράς-εγκατάστασης	9
Οικονομική Βιωσιμότητα	9
Περιβαλλοντικό όφελος	10
Βιβλιογραφικές πηγές	11



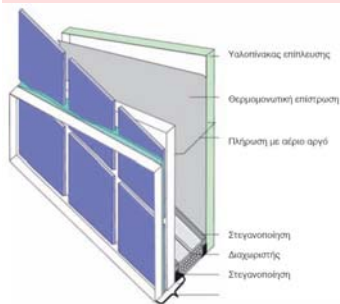
Εικόνα 2. Φωτοβολταϊκό στοιχείο, Φωτοβολταϊκό πλαίσιο και Φωτοβολταϊκό Σύστημα.



Εικόνα 3. Εφαρμογή Φωτοβολταϊκού συστήματος σε οροφή κατοικίας
Φώτο: Σοφοκλής Αύπαυλιτης



Εικόνα 4. Τυπικό πλαίσιο με πολυκρυσταλλικές Φ/Β κυψέλες



Εικόνα 5. Δομή ημιπερατού Φ/Β πλαισίου



Εικόνα 6. Μεμονωμένο Φ/Β πλαίσιο

Τέλος σε κάποιες περιπτώσεις, ο αντιστροφέας (inverter), ο οποίος μετατρέπει τον παραγόμενο ηλεκτρισμό σε μορφή κατάλληλη για καθημερινή χρήση.

Τα Φ/Β δεν χρειάζονται απευθείας έκθεση στο ηλιακό φως για να λειτουργήσουν, αφού παράγουν ενέργεια ακόμη και σε συννεφιασμένες μέρες, μέσω της διάχυσης του φωτός. Επιπλέον, τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να ενσωματωθούν στο κέλυφος των κτιρίων αξιοποιώντας τη διαθέσιμη επιφάνεια που υπάρχει. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι οποιεσδήποτε επιπτώσεις από την ανάγκη δέσμευση γης.

2. Τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και κριτήρια επιλογής

2.1 Τύποι Φ/Β πλαισίων, σε σχέση με το βαθμό ενσωμάτωσής τους

Τυπικά Φ/Β πλαίσια (πλαίσιο γυαλιού-ελασμάτων): Αποτελούν την πιο διαδεδομένη λύση σε εφαρμογές Φ/Β συστημάτων πάνω σε στέγες κτιρίων ή σε πολύ μεγάλες Φ/Β εγκαταστάσεις στην ύπαιθρο. Η κατασκευή τους βασίζεται σε μέθοδο πολυστρωμάτωσης (Εικ. 4).

Ημιπερατά Φ/Β πλαίσια (κρυσταλλικά πλαίσια γυαλιού-γυαλιού): Τα πλαίσια αυτά επιλέγονται στις περιπτώσεις αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης, όχι μόνο λόγω του ιδιαίτερου σχεδιασμού τους, αλλά και γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικοί υαλοπίνακες (Εικ. 5).

2.2. Τύποι Φ/Β πλαισίων, σε σχέση με το υλικό κατασκευής τους

Οι βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής Φ/Β στοιχείων, σήμερα, είναι:

Τεχνολογία κρυσταλλικού πυριτίου: Τα στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Εικ. 7) είναι τα πιο διαδεδομένα και κατασκευάζονται σε κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου, με απόδοση που φτάνει το 26% στο εργαστήριο και το 20% σε μαζική παραγωγή. Τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Εικ. 8) κατασκευάζονται από χυτό πυρίτιο και έχουν απόδοση περίπου 15%.

Τεχνολογία λεπτού υμενίου -Thin film- (Εικ. 9): Τα πλαίσια κατασκευάζονται με πολύ λεπτές στρώσεις φωτοευαίσθητου υλικού σε βάση από γυαλί, πλαστικό ή ανοξειδωτο χάλυβα. Έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής που εξισορροπεί το χαμηλότερο βαθμό απόδοσης. Σήμερα υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι πλαισίων αυτής της τεχνολογίας: α) άμορφου πυριτίου (aSi) β) Copper Indium Diselenide (CIS) ή Copper indium gallium diselenide (CIGS) και γ) από τελουρίδιο του καδμίου (CdTe). Έχουν πάχος ελάχιστων microns, επιτρέποντας έτσι καλύτερες εφαρμογές ενσωμάτωσης. Η μικροκρυσταλλική τεχνολογία, ιδίως ο συνδυασμός του άμορφου πυριτίου και μικροκρυστάλλων πυριτίου (a-Si/m-Si), είναι μια νέα πρόταση, με ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

Άλλες τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων (συγκεντρωτικά τύπου Fresnel, Φ/Β Γαλλίου-Αρσενίου).

Η απαιτούμενη επιφάνεια Φ/Β πλαισίων ανά εγκατεστημένο kWp εξαρτάται από την τεχνολογία που θα επιλεγεί (μονοκρυσταλλικό, πολυ-

κρυσταλλικό, λεπτού υμένα-thin film, κ.α.). Ανάλογα τον τύπο Φ/Β που θα χρησιμοποιηθεί, απαιτείται επιφάνεια 6 έως 20 m² για την εγκατάσταση 1 kW από . Εάν επιλεγεί η τεχνολογία thin film τότε απαιτείται σχεδόν διπλάσιος χώρος.

2.3 Απόδοση Φ/Β συστήματος:

Η απόδοση ενός Φ/Β κρίνεται από την ετήσια παραγωγή σε κιλοβατώρας (kWh) και το κόστος παραγωγής. Για την Κύπρο ένα Φ/Β σύστημα με βέλτιστη κλίση και βέλτιστο προσανατολισμό παράγει κατά μέσο όρο γύρω στα 1.200-1.600 kWh/έτος/kWp. Η απόδοση ενός Φ/Β εξαρτάται από:

- τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (όσο λιγότερες είναι οι ημέρες της ηλιοφάνειας τόσο χαμηλότερη η απόδοση),
- την κλίση των Φ/Β πάνελ ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό τους (η βέλτιστη απόδοση είναι με νότιο προσανατολισμό και κλίση περίπου 30°),
- την ηλικία των Φ/Β πλαισίων (υπολογίζεται ότι τα πλαίσια έχουν ζωή 25-30 χρόνια με απόδοση τουλάχιστον 80% για τα πρώτα 20 έτη).
- το γεωγραφικό πλάτος (όσο πιο νότια είναι η περιοχή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολία – Συγκριτικά με βόρειες χώρες),

Πίνακας 1: Ενδεικτική σύγκριση βασικών χαρακτηριστικών εναλλακτικών Φ/Β τεχνολογιών

Συγκριτικός πίνακας Φ/Β τεχνολογιών				
Τύπος	‘Λεπτού υμενίου’ (Thin Film)	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Εμφάνιση				
Απόδοση	6 -12%	13-15%	14-20%	16-17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m ²	7-9 m ²	6-9 m ²	6-7 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)*	1.400-1.600	1.500	1.500	1.550
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²)*	60-160	1445-185	145-235	190-225
Ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ (kg CO ₂ ανά kWp)	1.300-1.485	1.400	1.400	1.440

*Μέση τιμή για σταθεροποιημένα φωτοβολταϊκά συστήματα στην Κύπρο με κατάλληλη κλίση προς το νότο.

3. Προϋποθέσεις εγκατάστασης

Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιούνται, τα Φ/Β συστήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Αυτόνομα (μη συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ)

Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες και η εγκατάσταση μετατροπέα του συνεχούς ρεύματος



Εικόνα 7. Μονοκρυσταλλικό Φ/Β πλαίσιο



Εικόνα 8. Πολυκρυσταλλικό Φ/Β πλαίσιο



Εικόνα 9. Φ/Β πλαίσιο λεπτού υμενίου (thin film)

σε εναλλασσόμενο. Είναι ιδανικά για εξοχικές κατοικίες απομακρυσμένες από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνδεδεμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ

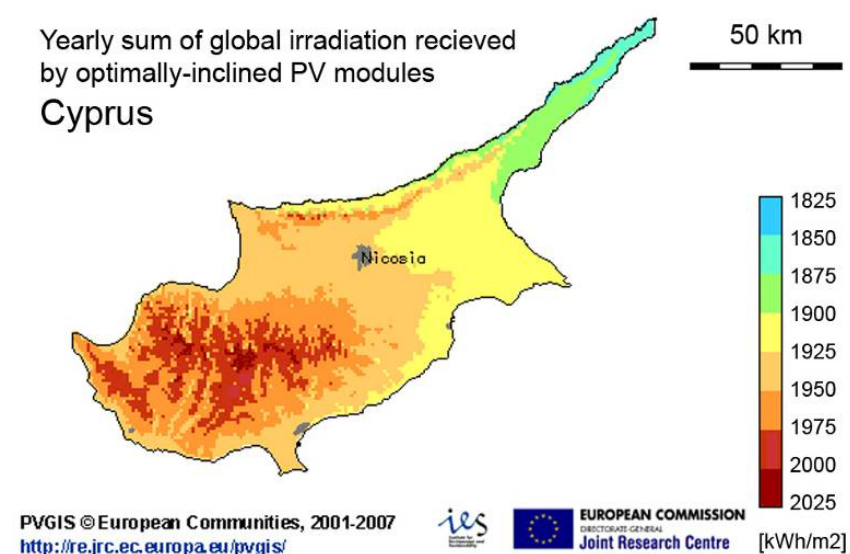
Η παραγόμενη ενέργεια πωλείται στο δίκτυο. Δεν χρειάζεται η αποθήκευση της ενέργειας σε μπαταρίες, απαιτείται όμως η εγκατάσταση μετατροπέα.

Για να εγκατασταθεί ένα Φ/Β σύστημα σε μία κατοικία θα πρέπει να πληρούνται κάποια κριτήρια. Τα πιο σημαντικά είναι η ηλιοφάνεια και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (Εικ. 10).

Στις πεδινές περιοχές ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας για ολόκληρο το έτος αποτελεί το 75% των ωρών που ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Σ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού η ηλιοφάνεια είναι κατά μέσο όρο 11,5 ώρες/μέρα, ενώ το Δεκέμβρη και το Γενάρη που εμφανίζεται μεγάλη νέφωση η διάρκεια της ηλιοφάνειας ελαττώνεται στις 5,5 ώρες την ημέρα. Ακόμα και στις πιο ψηλές περιοχές του Τροόδου, η μέση ηλιοφάνεια, κατά τους χειμερινούς μήνες -με πολύ μεγάλη νέφωση, είναι περίπου 4 ώρες/μέρα, ενώ τον Ιούνη και τον Ιούλη φτάνει στις 11 ώρες/μέρα.

Η μεγαλύτερη δυνατή ηλιοφάνεια (από την ανατολή μέχρι τη δύση του ήλιου) στην Κύπρο κυμαίνεται από 9,8 ώρες/μέρα το Δεκέμβρη ως 14,5 ώρες/μέρα τον Ιούνη, σύμφωνα με τη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, ενώ η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στην Κύπρο εκτιμάται σε 5,4 kWh/m².

Μία άλλη σημαντική παράμετρος είναι η στέγη ή ο χώρος που θα τοποθετηθούν τα πλαίσια. Η βέλτιστη απόδοση είναι όταν τα πλαίσια έχουν νότιο προσανατολισμό και βρίσκονται σε γωνία 25-30°. Αποκλίσεις από το Νότο έως και 45° είναι επιτρεπτές, μειώνουν όμως την απόδοση. Στην περίπτωση επίπεδης στέγης, τα πλαίσια μπορούν να τοποθετηθούν σε κεκλιμένες μεταλλικές βάσεις οι οποίες στερεώνονται στην οροφή. Στην περίπτωση κεκλιμένης στέγης, τα πλαίσια στε-



Εικόνα 10. Ετήσιο άθροισμα ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο φωτοβολταϊκό πλαίσιο.

ρεώνονται στα κεραμίδια (σε βάσεις) ακολουθώντας την κλίση της οροφής, η ενσωματώνονται αντικαθιστώντας το οικοδομικό υλικό.

Τέλος, οι σκιάσεις, αποτελούν αρνητική παράμετρο. Είναι σημαντικό για την τοποθέτηση Φ/Β να υπάρχει επαρκής ελεύθερος και ασκίαστος χώρος. Ένα ύψωμα, ένα διπλανό κτίριο, δέντρα, καπνοδόχοι, κεραίες ή άλλα εμπόδια ενδέχεται να δημιουργήσουν σκιάσεις και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός Φ/Β συστήματος, καθώς μπορεί να συντελέσουν στη μείωση της απόδοσής του.

Σημειώνεται ακόμα ότι:

Μια τυπική εγκατάσταση απαιτεί επιφάνεια περίπου $15\text{m}^2/\text{kWp}$. Αν επιλεγεί αυτόνομο σύστημα χρειάζεται επιπλέον, κατάλληλος χώρος, για τα ηλεκτρονικά συστήματα και τους συσσωρευτές

Σε περίπτωση διασυνδεδεμένου συστήματος, η εγκατάσταση θα πρέπει να μην είναι σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα Φ/Β πλαίσια, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, ενδέχεται να έχουν σημαντικό βάρος. Έτσι θα πρέπει να ελεγχθεί εάν η στέγη μπορεί να δεχτεί αυτό το βάρος (πχ. στην περίπτωση τοποθέτησης πάνω σε κεραμίδια). Ωστόσο ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα μαζί με τις βάσεις του ζυγίζει περίπου $15 - 20\text{ kg/m}^2$ και συνήθως δεν δημιουργείται κανένα πρόβλημα στα στατικά του κτιρίου.

4. Φωτοβολταϊκά Ενσωματωμένα στα Κτίρια (ΦΒΕΚ)

Ένα φωτοβολταϊκό σύστημα θεωρείται ενσωματωμένο σε κτίριο (ΦΒΕΚ) όταν τα Φ/Β πλαίσια έχουν ενταχθεί στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό και η τοποθέτησή τους γίνεται παράλληλα με την κατασκευή του οικοδομήματος, με την ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου. Έτσι τα ΦΒΕΚ αποτελούν δομικό υλικό του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρού ηλιακού ηλεκτρισμού, με σημαντικό πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο υλικών όσο και ενέργειας.

4.1 Αρχιτεκτονική ενσωμάτωση των Φ/Β

Η σύγχρονη τεχνολογία συνδυάζει τη μέγιστη ενεργειακή αποδοτικότητα των Φ/Β συστημάτων με πολλαπλές δυνατότητες αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης τους, ικανοποιώντας απαιτητικές λειτουργικές ή αισθητικές παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Οι δυνατότητες ενσωμάτωσης είναι απεριόριστες, καθώς τα Φ/Β μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε οικοδομικό έργο, από κτίρια υψηλής τεχνολογικής αισθητικής έως οικοδομήματα πολιτιστικής κληρονομιάς, σε νέα ή παλαιά κτίρια.

Οι συνθεότερες εφαρμογές αφορούν την ενσωμάτωση των Φ/Β σε:

- Στέγες / ταράτσες
- Προσόψεις
- Σκίαστρα / Στέγαστρα
- Φωταγωγούς/Φεγγίτες



Εικόνα 12. Εφαρμογές Φ/Β
Πηγή: © Scheuten Solar



Εικόνα 13. Εφαρμογές Φ/Β
Πηγή: © Scheuten Solar



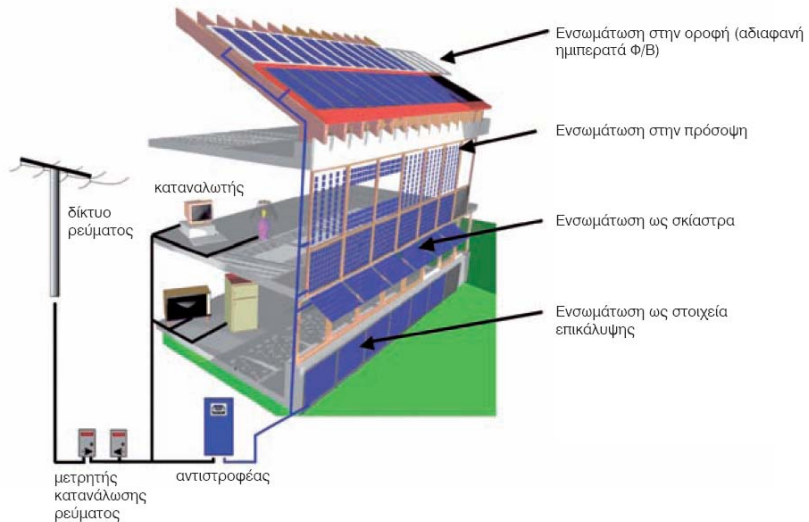
Εικόνα 14. Εφαρμογές Φ/Β
Πηγή: www.publicola.net



Εικόνα 15. Εφαρμογές Φ/Β



Εικόνα 16. Εφαρμογές Φ/Β
Πηγή: © ReSEL/TUC



Εικόνα 11. Σχηματική απεικόνιση των εναλλακτικών δυνατοτήτων Φ/Β ενσωμάτωσης σε κτίριο

4.2 Ιδιότητες ΦΒΕΚ σε σχέση με τα συμβατικά δομικά υλικά

Κατά το σχεδιασμό ενός κτιρίου και την ένταξη των Φ/Β στο κέλυφός του πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η συνολικότερη απόδοσή τους και όχι μόνο η ενεργειακή διάσταση. Τα ΦΒΕΚ είναι σε θέση να παρέχουν διαφορετικές λειτουργίες στο κτίριο όπως:

- Θερμική προστασία
- Μόνωση
- Προστασία από τον ήλιο
- Προστασία από τον θόρυβο
- Ρύθμιση του εσωτερικού φωτισμού
- Ασφάλεια

Με τα ΦΒΕΚ είναι δυνατή η επίτευξη όλων των παραπάνω, με επιπλέον πλεονέκτημα την παραγωγή -φιλικής προς το περιβάλλον- ενέργειας.

5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των φωτοβολταϊκών

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η αξιοποίησή της παρέχει ανεξαρτησία και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία. Τα Φ/Β, εκτός από την παραγωγή «καθαρής» -φιλικής προς το περιβάλλον- ενέργειας, μπορούν με ορθό σχεδιασμό ενσωμάτωσής τους στο κτίριο να παρέχουν επιπλέον "λειτουργίες", όπως: θερμική προστασία και μόνωση, προστασία από τον ήλιο και το θόρυβο, σκίαση κ.α.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των Φ/Β είναι:

- + Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα
- + Μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία. Οι

εγγυήσεις που δίνονται από τους κατασκευαστές είναι περισσότερο από 25 χρόνια καλής λειτουργίας

- + Με τη λειτουργία τους αποφεύγεται η χρήση ορυκτών, εισαγομένων, καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού
- + Λειτουργούν αθόρυβα και έχουν μηδενικές εκπομπές ρύπων
- + Έχουν μικρό λειτουργικό κόστος, δεν απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και χρειάζονται ελάχιστη περιοδική συντήρηση
- + Μπορούν να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές και να λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής
- + Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του συστήματος ανάλογα με τις ανάγκες, ενώ μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα). Έτσι, αν η ζήτηση ενέργειας αυξηθεί υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της παραγωγής.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα των Φ/Β είναι:

- Το πιο σημαντικό μειονέκτημα των Φ/Β συστημάτων είναι το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τους. Τα επόμενα χρόνια όμως αναμένεται να γίνουν ανταγωνιστικά, λόγω του ρυθμού μείωσης κόστους παραγωγής, και της αύξησης του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας. Στις χώρες όπου εφαρμόζονται κίνητρα ή συστήματα χρηματοδότησης, όπως τα Σχέδια Χορηγιών για την επιχορήγηση/επιδότηση επενδύσεων σε Φ/Β στην Κύπρο, η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από Φ/Β, είναι ήδη μια ελκυστική επένδυση.
- Απαιτούν συνήθως μεγάλο χώρο για την εγκατάστασή τους προκειμένου να επιτευχθεί ικανοποιητικό επίπεδο παραγωγής ενέργειας.
- Η παραγωγή ενέργειας επηρεάζεται από πιθανές νεφώσεις και τη ρύπανση του αέρα.
- Κατά τις νυχτερινές ώρες, δεν υπάρχει παραγωγή ενέργειας, επομένως για αυτόνομα συστήματα απαιτείται η χρήση συσσωρευτών.
- Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχή τάση η οποία πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενη (με τη χρήση αντιστροφέα). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια ενέργειας κατά 4-12%.
- Οι απόψεις για την αισθητική (οπτική) επίπτωση τους διίστανται, αν και σήμερα υπάρχει πληθώρα καινοτόμων υλικών που ικανοποιούν και τις πιο απαιτητικές αισθητικές παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής.

6. Η αγορά Φωτοβολταϊκών στην Κύπρο

Στην Κύπρο, το πρώτο Φ/Β Σύστημα ισχύος 4,84 kW συνδέθηκε στις 17/02/2005. Η εγκατεστημένη ισχύς των διασυνδεδεμένων με το σύστημα διανομής της ΑΗΚ Φ/Β ανήλθε στα 2,7 MW ενώ η συνολική παραγωγή ενέργειας των Φ/Β που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο είναι 2.908.511 kWh, για το έτος 2009, σύμφωνα με την Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αυτόνομων Φ/Β (μη συνδεδεμένα με το δίκτυο) σύμφωνα με στοιχεία της Υπηρεσίας



Εικόνα 17. Φωτοβολταϊκά στερεωμένα ενσωματωμένα σε οροφή (Samso-Δανία)



Εικόνα 18. Φωτοβολταϊκά στερεωμένα σε tracker (ανικνευτή πορείας του ήλιου)



Εικόνα 19. Φωτοβολταϊκά στην πρόσοψη κτιρίου (Λινζ-Αυστρία)



Εικόνα 20. Φωτοβολταϊκά πλαίσια στερεωμένα στο έδαφος



Εικόνα 21. Μετατροπείς (inverters) ΦΒ συστημάτων



Εικόνα 22. Εφαρμογές ΦΒ συστημάτων σε οροφές κατοικιών
Φώτο: Χρίστος Χριστοφίδης



Εικόνα 23. Φωτοβολταϊκά πλαίσια διαφόρων τύπων εγκατεστημένα σε μεταλλικές βάσεις στο έδαφος, στο χώρο του εργαστηριακού ΦΒ Πάρκου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.



Εικόνα 24. Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε οροφή κατοικίας στην Κύπρο



Εικόνα 25. Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε οροφή κατοικίας στην Κύπρο



Εικόνα 26. Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε οροφή βιομηχανικού κτιρίου στην Κύπρο



Εικόνα 27. Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε οροφή κατοικίας στην Κύπρο

Ενέργειας ανήλθε στα 0,8 MW. Επομένως η συνολική εγκατεστημένη Φ/Β ισχύς στην Κύπρο, το 2009, ανέρχεται σε 3,5 MW.

Στην Κύπρο, το 2009, παρήχθησαν από Φ/Β (αυτόνομα και συνδεδεμένα) περίπου 3.800.000 kWh. Αυτό ισοδυναμεί με εξοικονόμηση περίπου 3.500 τόνων CO₂ από την αποφυγή χρήσης συμβατικών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρισμού.

6.1 Νομοθετικό πλαίσιο για τη χωροθέτηση και αδειοδότηση Φ/Β

Για τη χωροθέτηση των Φ/Β στην Κύπρο ισχύουν τρεις νομοθετικές ρυθμίσεις:

1. Η Εντολή αρ.2 του 2006 με βάση το άρθρο 6 του περί Πολεοδομίας και Χωροταξίας Νόμου (19 Απριλίου 2006).
2. Η Εγκύκλιος 3/2008, για εγκαταστάσεις Φ/Β συστημάτων για τα οποία δεν απαιτείται Πολεοδομική άδεια (13 Μαΐου 2008).
3. Η τροποποίηση της Εντολής 2/2006 (19 Μαρτίου 2009).

Η Εγκύκλιος 3/2008, η οποία ακολούθησε την Εντολή 2/2006, διευκρινίζει τις περιπτώσεις εγκατάστασης Φ/Β συστημάτων (είτε σε οικοδομή, είτε στο έδαφος σε σχέση με την οικοδομή), που εμπίπτουν στον όρο της «δευτερεύουσας εργασίας» και δεν επηρεάζουν ουσιαστικά την εξωτερική εμφάνιση της οικοδομής. Για τις εγκαταστάσεις αυτές, δεν είναι αναγκαία η υποβολή σχετικής αίτησης στην Πολεοδομική Αρχή, εφόσον ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

Α. Όταν η εγκατάσταση γίνεται πάνω σε νόμιμα υφιστάμενη οικοδομή:

- Η εγκατάσταση να γίνεται στην οροφή ή σε άλλο τμήμα του κελύφους.
- Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι οργανικά και αρμονικά ενταγμένα στο κέλυφος της οικοδομής (σκέτσα 1-3).
- Η οικοδομή να μην έχει κηρυχθεί ως διατηρητέα ή αρχαίο μνημείο και να μην εμπίπτει σε ελεγχόμενη περιοχή από το Τμήμα Αρχαιοτήτων ή σε ζώνη προστασίας αρχαιολογικού χώρου ή σε Ειδική ζώνη αερολιμένα.
- Σε περίπτωση τοποθέτησης του συστήματος σε κεκλιμένη στέγη, όλα τα πλαίσια πρέπει να εφάπτονται μεταξύ τους, με εξαίρεση τις περιπτώσεις οικοδομών που διαθέτουν δύο ή περισσότερες νότιες κεκλιμένες στέγες. Η κλίση των στεγών πρέπει να κυμαίνεται από 140 μέχρι 450 (σκέτσα 3-4).
- Σε περίπτωση τοποθέτησης του συστήματος σε οριζόντια στέγη, το ύψος των πλαισίων δεν θα ξεπερνά το 1,20 m από το τελείωμα της στέγης, αυτά θα τοποθετούνται σε ομοιόμορφες παράλληλες σειρές και πρέπει να απέχουν από τα άκρα της στέγης απόσταση τουλάχιστον ίση με το μέγιστο ύψος των πλαισίων. Επιπρόσθετα, στις περιπτώσεις προσπελάσιμων, βατών στεγών, πρέπει να τοποθετείται περιτείχισμα με ελάχιστο ύψος 1,10 m (σκέτσα 5-6).

Β. Όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα τοποθετείται πάνω στο έδαφος, εντός οικοπέδου στο οποίο υπάρχει νόμιμη οικοδομή:

- το σύστημα να είναι μικρής κλίμακας, μέχρι 20 kW και να αποσκοπεί στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της οικοδομής (σπίτιο 7).

Επίσης, σύμφωνα με την τροποποίηση της Εντολής 2/2006, τα στοιχεία παραγωγής ενέργειας φωτοβολταϊκών ή ηλιοθερμικών εγκαταστάσεων δεν θα προσμετρώνται στο συντελεστή δόμησης και το ποσοστό κάλυψης που καθορίζονται στην Πολεοδομική Ζώνη όπου βρίσκεται η εγκατάσταση.

6.2 Κίνητρα και σχέδια χορηγιών

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε οικίες επιχορηγείται από το Σχέδιο Χορηγιών για εξοικονόμηση ενέργειας και ενθάρρυνσης της χρήσης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας 2009-2013 του Υπουργείου Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού.

Ο κάθε ενδιαφερόμενος, που επιθυμεί να επενδύσει σε εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων μέχρι 20 kW συνδεδεμένα με το δίκτυο της Αρχής Ηλεκτρισμού, με βάση το υφιστάμενο Σχέδιο Χορηγιών (Ιούλιος 2010), μπορεί να επιλέξει μεταξύ των δύο παρακάτω επιλογών:

Επιλογή 1:

Επιχορήγηση 55% επί του επιλέξιμου προϋπολογισμού (μέγιστο ποσό χορηγίας €33.000)

Επιδότηση της πωλούμενης kWh στο Δίκτυο με συνολική τιμή 22,5 σεντ/kWh (επιδότηση= 22,5 σεντ/kWh – τιμή αγοράς ΑΗΚ)

Επιλογή 2:

Επιδότηση της πωλούμενης kWh στο Δίκτυο με συνολική τιμή 38,3 σεντ/kWh (επιδότηση= 38,3 σεντ/kWh – τιμή αγοράς ΑΗΚ)

Για τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα (μέχρι 20 kW μη ενωμένα με το δίκτυο της ΑΗΚ) υπάρχει μόνο επιχορήγηση 55% επί του επιλέξιμου προϋπολογισμού (μέγιστο ποσό χορηγίας €44.000).

7. Οικονομικά στοιχεία

7.1 Κόστος αγοράς φωτοβολταϊκού συστήματος

Σήμερα το κόστος ανά εγκατεστημένο kWp κυμαίνεται μεταξύ 3.300 € και 4.500 € και εξαρτάται από το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος και από την τεχνολογία. Συνήθως το κόστος μειώνεται όσο αυξάνεται το σύνολο των εγκατεστημένων kWp. Για παράδειγμα, το κόστος ανά εγκατεστημένο kWp είναι λιγότερο για ένα σύστημα 10 kWp σε σχέση με ένα 3 kWp.

7.2 Οικονομική βιωσιμότητα Φ/Β Συστήματος

Η μέση παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένο kWp στην Κύπρο εκτιμάται περίπου σε 1.500 kWh, ανά έτος, για τα πρώτα 15 χρόνια της ζωής του Φ/Β. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από τα Φ/Β συστήματα ε-

Σκ 1α



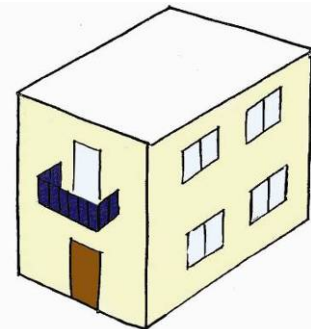
Σκ 1β



Σκ 2α



Σκ 2β



Σκ 3α



Σκ 3β



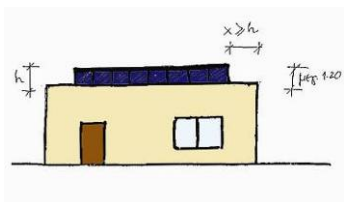
Σκ 4α



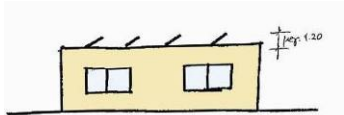
Σκ 4β



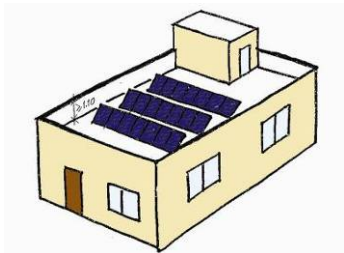
Σκ 5α



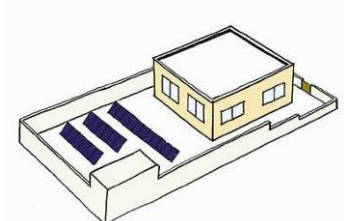
Σκ 5β



Σκ 6



Σκ 7



ξαρτάται από τον προσανατολισμό και την κλίση των πλαισίων καθώς επίσης από την περιοχή και την ύπαρξη φυσικών εμποδίων που προκαλούν σκίαση.

Οι ανάγκες σε ηλεκτρισμό ενός μέσου νοικοκυριού με τετραμελή οικογένεια στην Κύπρο είναι περίπου 4.500 με 5.000 kWh. Επομένως ένα σύστημα 3 kW είναι αρκετό για την κάλυψη τους.

Πίνακας 2. Οικονομικά δεδομένα για σύστημα 3 kW, διασυνδεδεμένο με το Δίκτυο της ΑΗΚ

	Χωρίς δανεισμό	Με δανεισμό
Ετήσια παραγωγή ενέργειας	4.500 kWh/year	4.500 kWh/year
Αρχικό κόστος	10.500 € *	10.500 € *
	+ΦΠΑ	+ΦΠΑ
	=12.075 €	=12.075 €
Χορηγία (55%)	5.775 €	5.775 €
Καθαρό κόστος (Αρχ. Κόστος-χορηγία)	7.200 €	7.200 €
Επιτόκιο	-	7,00% **
Μηνιαία δόση	-	73,15 €
Τιμή πώλησης της παραγόμενης kWh	0,225 €	0,225 €
Ετήσια έσοδα από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας	1.012 €/έτος	1.012 €/έτος
Χρόνια απόσβεσης	6.2 χρόνια	8,7 χρόνια
IRR (Internal Rate of Return)	13,7 %	7,8 %

* Κόστος 3500 € / εγκατεστημένο kW
** 10 χρόνια δανεισμού

Είναι σημαντικό ότι η Φ/Β επένδυση συνεχίζει να είναι κερδοφόρα και μετά το 15^ο έτος λειτουργίας της (δηλαδή πέραν του σεναρίου που εξετάζεται παραπάνω) για ακόμη 10 με 15 χρόνια. Ο ενδιαφερόμενος, μετά η λήξη του υφιστάμενου συμβολαίου του, εάν το επιθυμεί μπορεί να συνάψει εκ νέου πενταετούς διάρκειας συμβόλαιο για πώληση της παραγόμενης ενέργειας με την τότε ισχύουσα τιμή κιλοβατώρας.

8. Περιβαλλοντικό όφελος

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), συμβάλλοντας έτσι στον αγώνα κατά των κλιματικών αλλαγών. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των Φ/Β συστημάτων είναι ότι δεν εκπέμπουν CO₂ κατά τη λειτουργία τους. Παρόλο που κατά το στάδιο της παραγωγής τους ευθύνονται για ένα μικρό ποσό εκπομπών (21–65 g CO₂/kWh, ανάλογα την τεχνολογία), αυτό είναι σημαντικά μικρότερο από τις εκπομπές που αποφεύγονται με τη χρήση τους. Για παράδειγμα οι μέσες εκπομπές από θερμοηλεκτρικά στην Ευρώπη υπολογίζονται ως 0,900 Kg CO₂/kWh. Στην Κύπρο η μέση τιμή για τις εκπομπές CO₂ ανά παραγόμενη kWh στους ηλεκτροπαραγωγούς σταθμούς υπολογίζεται στα 0,920 Kg CO₂/kWh (μαζί με τις απώλειες δικτύου).

Σύμφωνα με την ΕΡΙΑ, την Ένωση των Ευρωπαϊκών Βιομηχανιών Φ/Β, η παραγωγή ηλεκτρισμού από Φ/Β μπορεί να εξοικονομήσει πάνω από 1,6 τόνους εκπομπές CO₂ το χρόνο παγκοσμίως, ως το 2030 (advanced scenario). Αυτό ισοδυναμεί με εξοικονόμηση εκπομπών από 450 ηλεκτροθερμικές μονάδες άνθρακα (μέσο μέγεθος 750 MW).

Το αθροιστικό περιβαλλοντικό όφελος από το 2005-2030, σε όρους εξοικονόμησης εκπομπών CO₂ θα μπορούσε να φτάσει τους 9 εκατομμύρια τόνους.

Συνοπτικά, κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης περίπου 0,920 Kg CO₂ στην ατμόσφαιρα. Ένα σύστημα 3kW, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μιας μέσης οικογένειας στην Κύπρο, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 4,2 τόνων CO₂ περίπου όσο θα απορροφούσαν 6 στρέμματα δάσους (ή 300 δέντρα). Για τον υπολογισμό των εκπομπών έχουν ληφθεί υπόψη η αποδοτικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της Α.Η.Κ (≈ 35%) καθώς και οι απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής (≈ 13,6%).

Βιβλιογραφικές Πηγές

Comite de Liaison Energies Renouvelables, Building Integrated Photovoltaics, 2008.

EPIA-Greenpeace, Solar Generation V-2008, Report, 2008

EPBD Buildings Platform, www.buildingsplatform.org.

European Commission- Joint Research centre, Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), sunbird.jrc.it/pvgis/

Photovoltaic barometer, EurObserv' ER (2010), <http://www.eurobserv-er.org>

Αρχή Ηλεκτρισμού Κύπρου, www.eac.com.cy

Ευρωπαϊκή πολιτική και νομοθεσία, <http://europa.eu.int/eur-lex/>

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), www.helapco.gr

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, <http://www.cres.gr>

Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, www.moa.gov.cy/ms

Στατιστική Υπηρεσία Κύπρου, www.mof.gov.cy/cystat

Τουρνάκη Στ., Τσούτσος Θ., Φωτοβολταϊκά Συστήματα Ενσωματωμένα σε Κτίρια-Μια Βιώσιμη επιλογή, ΚΤΙΠΙΟ- Αρχιτεκτονική+Τεχνολογία, Ιούλιος 2010

Τσούτσος, Θ. Γκούσκος, Ζ. Eisenshmidt, I. Roman, E. Alonso, R. Zabala, O. L. (2009β). Φωτοβολταϊκά Συστήματα Ενσωματωμένα στα κτίρια - Τεχνικός οδηγός και παραδείγματα βέλτιστων πρακτικών. Intelligent Energy Europe. Χανιά. Εργαστήριο Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης

Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, www.mcif.gov.cy



Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών

Λεύκωας 20, Μαρκίδης Court 13
Γραφείο 403, 2064 Στρόβολος
Λευκωσία, Κύπρος

Τηλ: 22667716 22667726
Fax: 22667736
Email: info@cea.org.cy
Website: www.cea.org.cy



Το Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών

Το «Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών» είναι μη κερδοσκοπικός φορέας, του οποίου η λειτουργία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (75%) και από την Ένωση Κοινοτήτων Κύπρου (25%). Στα πλαίσια της λειτουργίας του Ενεργειακού Γραφείου εξυπηρετούνται δράσεις που στοχεύουν την προώθηση: (α) των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, (β) της εξοικονόμησης και ορθολογικής χρήσης ενέργειας και (γ) των βιώσιμων/ αειφορικών μέσων μεταφοράς.

Ο Οδηγός αυτός ετοιμάστηκε στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Ενεργειακού Γραφείου για την προώθηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στον οικιακό τομέα. Απευθύνεται σε όσους ενδιαφέρονται να προχωρήσουν στην εγκατάσταση συστημάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην οικία τους. Τα συστήματα αυτά εξασφαλίζουν στους ιδιοκτήτες σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας και συνεισφέρουν στις προσπάθειες προστασίας του περιβάλλοντος περιορίζοντας τις εκπομπές αερίων από την καύση συμβατικών καυσίμων.

Ο Οδηγός ετοιμάστηκε από το Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών με την πολύτιμη συνεργασία και συνεισφορά του Εργαστηρίου Ανανεώσιμων και Βιώσιμων Ενεργειακών Συστημάτων του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον Αναπληρωτή Καθηγητή και Διευθυντή του Εργαστηρίου κ. Θεοκάρη Τσούτσο και στην κα. Σταυρούλα Τουρνάκη Ειδική Σύμβουλο του Εργαστηρίου για τη συμβολή τους.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες σε εκπροσώπους του Συνδέσμου Εταιρειών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΣΕΑΠΕΚ) για τις πληροφορίες που μας παραχώρησαν. Επίσης ευχαριστίες στην εταιρεία Ηνωμένα Τουβλοποιεία Κύπρου για τη συγχρηματοδότηση του Οδηγού αυτού και τον κ. Χρίστο Πογιατζή για την παρότρυνση και την στήριξη κατά την ετοιμασία του Οδηγού αυτού.

Η έκδοση αυτή είναι η 2η αναθεωρημένη έκδοση του Οδηγού (Οκτώβριος 2010) και ετοιμάστηκε με συγχρηματοδότηση από το Intelligent Energy Europe programme.

Φωτογραφία εξωφύλλου: Μαρία Ττοφαρίδου

Απαγορεύεται η επανεκτύπωση ολόκληρου ή μέρους του οδηγού αυτού χωρίς την αναφορά στο Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών.

Χορηγός:



ΤΗΛ.: 22481677. ΦΑΞ: 22485871
www.bricks.com.cy



Ενεργειακό Γραφείο Κυπρίων Πολιτών
Λεύκωνος 20, Μαρκίδης Court 13
Γραφείο 403, 2064 Στρόβολος
Λευκωσία, Κύπρος
Τηλ: 22667716, 22667726
Fax: 22667736
Email: info@cea.org.cy
Website: www.cea.org.cy

Χορηγός:

**ΗΝΩΜΕΝΑ
ΤΟΥΒΛΟΠΟΙΕΙΑ
ΛΤΔ**

ΤΗΛ.: 22481577. ΦΑΞ: 22485871
www.bricks.com.cy