



Κτιριακές εφαρμογές φωτοβολταϊκών

Φωτοβολταϊκά για Οικιστικά Σύνολα – Ημερίδα ΤΕΙ Κρήτης

Γιατράκος Γιώργος
Μηχανικός Περιβάλλοντος, MSc
Υποψήφιος διδάκτωρ Πολυτεχνείου Κρήτης



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΑΡΧ. ΜΑΚΑΡΙΟΥ 36, ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

[T] 2810 222 959 [F] 2810 222 985

ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΕ Φ/Β ΣΕ ΟΙΚΙΣΤΙΚΑ ΣΥΝΟΛΑ

- Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν τη δυνατότητα αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας μέσω της μετατροπής της σε ηλεκτρική
- Διακρίνονται για την αθόρυβη λειτουργία τους, την αξιοπιστία και τη μεγάλη διάρκεια ζωής, ενώ απαιτούν ελάχιστη συντήρηση
- Προσαρμόζονται άψογα τόσο με το δομημένο, όσο και με το φυσικό περιβάλλον.
- Μπορούν να καλύψουν τις ηλεκτρικές ανάγκες ενός οποιουδήποτε κτιρίου - από μικρές απομακρυσμένες κατοικίες έως μεγάλα ξενοδοχειακά συγκροτήματα - απλά με τη χρήση κατάλληλων μετατροπέων ημιτόνου καθώς και μπαταριών
- Υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσής τους με το υπάρχον δίκτυο της ΔΕΗ και πώλησης της ενέργειας με εξαιρετικά συμφέροντες όρους

ΑΥΤΟΝΟΜΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Φ/Β ΣΕ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΕΣ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ

- Τα Φ/Β μπορούν να συνδυαστούν με μικρές και αθόρυβες οικιακές ανεμογεννήτριες, οι οποίες εξασφαλίζουν φόρτιση των μπαταριών τις ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια ή ακόμα και κατά τη διάρκεια της νύκτας
- Το σύστημα μπορεί να λειτουργήσει και υβριδικά, σε συνδυασμό με μια συμβατική ηλεκτρογεννήτρια πετρελαίου ή αερίου, η οποία θα ελέγχεται ηλεκτρονικά με αυτοματισμό.
- Η δυνατότητα συνδυασμού με Α/Γ ή συμβατική γεννήτρια εξασφαλίζει μεγαλύτερη σταθερότητα του συστήματος και μεγιστοποιούν τη διάρκεια ζωής των συσσωρευτών.



ΤΥΠΙΚΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ Φ/Β ΣΕ ΕΞΟΧΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ



ΤΥΠΙΚΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ Φ/Β ΣΕ ΕΞΟΧΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

- Προκειμένου να αυτονομηθεί εξ' ολοκλήρου μια κατοικία με χρήση Φωτοβολταϊκών, πρέπει να γίνει σωστή διαστασιολόγηση η οποία θα εξασφαλίσει:
 - Μέγιστη οικονομία φυσικών πόρων καθώς και οικονομία στην εγκατάσταση
 - Ολοκληρωμένη αυτάρκεια για τουλάχιστον 2 ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια
- Συνεπώς, γίνεται καταγραφή των κυρίως καταναλωτών της κατοικίας στη μορφή του ακόλουθου πίνακα:

Περιγραφή Καταναλωτή	Ταυτοχρονισμός φορτίου-ηλιοφ.	Φορτίο (kW)	Ώρες/ Ημέρα (h/d)	Ημέρες/ Εβδομ. (d/wk)
Λάμπες Μέσα	Αρνητικός	0,954	3,00	7
Ψυγείο	Αρνητικός	0,170	4,00	7
Αποροφητήρας	Μηδενικός	0,150	0,50	7
Τοστιέρα / Καφετιέρα κ.α.	Μηδενικός	2,100	0,50	7
TV 4 x 26 in	Μηδενικός	0,400	2,00	7
Πλυντήριο ρούχων	Θετικός	2,000	2,00	2

ΤΥΠΙΚΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ Φ/Β ΣΕ ΕΞΟΧΙΚΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑ

- Με τη χρήση μοντέλου διαστασιολόγησης υπολογίζεται η ημερησίως απαιτούμενη ενέργεια για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών της κατοικίας. Στην περίπτωση της τυπικής κατοικίας που εξετάζεται, απαιτούνται κατά μέσο όρο **7,800kWh ημερησίως**
- Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της 48ωρης αυτονομίας, υπολογίζεται η χωρητικότητα των συσσωρευτών, δεδομένης της τάσης λειτουργίας του αντιστροφέα ισχύος. Στην περίπτωση του συστήματός μας, όπου θα χρησιμοποιηθεί σύστημα 48V, η διήμερη αυτονομία επιτυγχάνεται με **μπαταρίες χωρητικότητας 500 Ah**
- Τέλος προκειμένου να είναι επαρκώς φορτισμένες οι μπαταρίες, **διαστασιολογούμε την ισχύ των πλαισίων**, η οποία ανέρχεται στο **1,08kWp**. Η ισχύς αυτή επαρκεί για τους περισσότερους μήνες του χρόνου, ενώ παραπάνω ισχύς ή προσθήκη Α/Γ απαιτείται για τους χειμερινούς μήνες.
- Η επιλογή της Α/Γ προτείνεται ως έξτρα, προκειμένου να μειωθούν οι ανάγκες σε συσσωρευτές

ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΕ Φ/Β

Περιγραφή εξοπλισμού	Τεμ.	Τιμή/ τεμ.	Συνολική τιμή (€)
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ			
Φ/Β πλαίσιο ισχύος 130 Wp πολυκρυσταλλικού πυριτίου	8	700	5.600
Γαλβανισμένες βάσεις ζεύγους Φ/Β στοιχείων	4	85	340
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΙΣΧΥΟΣ			
Αντιστροφέας ημιτόνου μέγιστης ισχύος 6kVA και τάση DC 48V	1	4.800	4.800
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ			
Συσσωρευτής PzS Solar 500 Ah κλειστού τύπου	24	200	4.800
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ (Προαιρετικά)			
Ανεμογεννήτρια μέγιστης ισχύος 1.000W	1	2.329	2.329
Πυλώνας στήριξης 6m για Α/Γ	1	305	305
Κιτ ιστού στήριξης 24' για Α/Γ	1	281	281
Ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών 48V	1	671	671
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ			
Εγκατάσταση συστήματος Φ/Β			1.000
Εγκατάσταση Α/Γ			500
Σύνολο (δε συμπεριλαμβάνει την Α/Γ)			16.540

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β

- Δεδομένων των ακόλουθων παραμέτρων, υπολογίζουμε τα βασικά οικονομικά μεγέθη ενός αυτόνομου σταθμού:
 - Για την ενίσχυση των αυτόνομων Φ/Β παραγωγών στον οικιστικό τομέα **δεν προβλέπονται ενισχύσεις** από το υπουργείο οικονομικών, αλλά **ούτε και φορολογική απαλλαγή**. Συνεπώς, ο παραγωγός θα πρέπει να επωμιστεί το σύνολο του κόστους εγκατάστασης
 - Στις περιπτώσεις των απομακρυσμένων από το δίκτυο εφαρμογών, από το κόστος της επένδυσης πρέπει να αφαιρούνται τυχόν **κόστη διασύνδεσης**, που κυμαίνονται από **2.000 έως 10.000 €**. Για τις ανάγκες του παραδείγματος, θεωρούμε μια μέση τιμή **4.000 €**
 - Για κάθε ηλιακά παραγόμενη kWh κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης, ο παραγωγός εξοικονομεί **0,11€** (κόστος ενέργειας στη Χ.Τ.) ενώ εξοικονομεί σε μηνιαία βάση τα κόστη **παγίων και δημοτικών τελών**. Στην περίπτωση της κατοικίας του παραδείγματος, το ετησίως εξοικονομούμενο ποσόν ξεπερνά τα **500€**

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΣΕ ΑΥΤΟΝΟΜΟ Φ/Β

Βασικά μεγέθη

Annual Energy Production (12,00 months analysed)		Estimate
Equivalent DC energy demand	MWh	2.971
Equivalent DC demand not met	MWh	1.554
Specific yield	kWh/m ²	177.1
Overall PV system efficiency	%	9.9%
PV system capacity factor	%	15.0%
Renewable energy delivered	MWh	1.417
	kWh	1,417



Ολικό κόστος (€)	16.540
Κόστος διασύνδεσης (€)	(4.000)
Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρισμού (€, 1 ^ο έτος)	(156)
Ετήσια εξοικονόμηση δημοτικά τέλη, πάγια (€)	(350)
Συντήρηση Inverter (15yrs)	1.000
Συντήρηση Μπαταριών (10yrs)	2.500

Financial Feasibility

Pre-tax IRR and ROI	%	3.3%	Calculate energy production cost?	yes/no	Yes
After-tax IRR and ROI	%	3.3%	Energy production cost	€/kWh	0.59
Simple Payback	yr	24.8			
Year-to-positive cash flow	yr	22.1	Project equity	€	16,548
Net Present Value - NPV	€	(8,835)			
Annual Life Cycle Savings	€	(1,346)			
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	0.47			

ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΣ



ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΣ - ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ

- Ειδικά για το σύστημα της Κρήτης απαιτείται αίτηση εξαίρεσης από τη ΡΑΕ
 - Για οποιαδήποτε εγκατεστημένη ισχύ, ακόμα και κάτω των 20kWp
 - Χρονοβόρος διαδικασία, μόνο κατόπιν πρόσκλησης ενδιαφέροντος
 - Οι αιτήσεις του Ιουλίου – Αυγούστου 2007 είναι ακόμα «υπό αξιολόγηση»
- Επόμενο βήμα η ΔΕΗ, όπου απαιτείται
 - Αίτηση σύνδεσης του σταθμού με τη Χ.Τ.
 - Καταβολή του κόστους σύνδεσης εκ των προτέρων (!!!)
 - Σύναψη συμβολαίου πώλησης με τη ΔΕΗ
- Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα **επιχορήγησης** από τον Αναπτυξιακό Νόμο ή τα διάφορα ΠΕΠ
 - Μέσω των ΠΕΠ για οποιαδήποτε ισχύ με μεταβλητή ενίσχυση και μόνο για στέγες επιχειρήσεων που εντάσσονται
 - Μέσω του Αναπτυξιακού Νόμου μόνο για επενδύσεις άνω των 20kWp, οι οποίες απαιτούν μεγάλες επιφάνειες στεγών (>350 τ.μ.)

ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΣ - ΣΥΓΚΡΙΣΗ

- Προκειμένου να εξετάσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε εφαρμογής, συγκρίνουμε δύο σταθμούς ίσης ισχύος:

1kWp PV	Αυτόνομο	Διασυνδεδεμένο
Κόστος εγκατάστασης	14.500 € (μπαταρίες, inverter 6kWp)	7.000 €
Αξιοποίηση ενέργειας	Εξοικονόμηση ενέργειας με κόστος 11€/MWh	Πώληση ενέργειας (feed-in tariff) στα 500€/MWh
Κόστη συντήρησης	Μπαταρίες, inverter	Inverter
Επιχορήγηση, κίνητρα	Αποφυγή κόστος σύνδεσης με το δίκτυο, δημοτικών τελών, παγίων και ΕΡΤ	Κανένα
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	Συσσωρευτές, απόρριψη ενέργειας κατά την απουσία φορτίου (περίοδος διακοπών κ.ά.)	Καμία, πλήρης αξιοποίηση παραγόμενης ενέργειας
Ευκολία εγκατάστασης	Άμεση	Χρονοβόρα αδειοδότηση, γραφειοκρατικές αγκυλώσεις

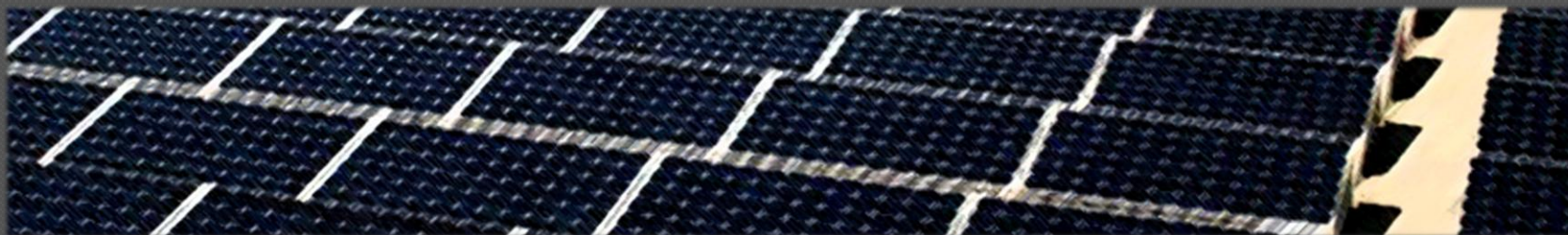
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ Φ/Β

Βασικά μεγέθη

Annual Energy Production (12.00 months analysed)		Estimate
Specific yield	kWh/m ²	193.3
Overall PV system efficiency	%	10.8%
PV system capacity factor	%	16.3%
Renewable energy collected	MWh	1.719
Renewable energy delivered	MWh	1.547
	kWh	1,547
Excess RE available	MWh	0.000

Financial Feasibility		
Pre-tax IRR and ROI	%	11.0%
After-tax IRR and ROI	%	11.0%
Simple Payback	yr	9.1
Year-to-positive cash flow	yr	8.2
Net Present Value - NPV	€	(1,572)
Annual Life Cycle Savings	€	(251)
Benefit-Cost (B-C) ratio	-	0.78

Ολικό κόστος (€)	7.000
Κόστος διασύνδεσης (€)	500
Ετήσια έσοδα ηλεκτρισμού (€, 1 ^ο έτος)	(773)
Ετήσια εξοικονόμηση δημοτικά τέλη, πάγια (€)	-
Συντήρηση Inverter (15yrs)	500
Συντήρηση Μπαταριών (10yrs)	-



ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΑ Φ/Β - ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗ

- Κατόπιν της οικονομικής ανάλυσης, καταλήγουμε στο ότι η μόνη οριακά συμφέρουσα εφαρμογή είναι η διασυνδεδεμένη

1kWp PV	Αυτόνομο	Διασυνδεδεμένο
Κόστος εγκατάστασης	14.500 €	7.000 €
Ετήσια έσοδα (ή αποφυγέντα έξοδα)	500 €	770€
Συντελεστής επιστροφής κεφαλαίου	3,3%	11%
Αποπληρωμή κεφαλαίου επένδυσης	8,2 έτη	22,1 έτη

- Παρόλα αυτά, χωρίς επιδότηση, τα κίνητρα είναι ανεπαρκή για μικρούς σταθμούς ενσωματωμένους σε κτίρια, ακόμα και για την Κρήτη, όπου η ηλιοφάνεια είναι άπλετη και η FiT μεγαλύτερη από την ηπειρωτική Ελλάδα

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΔΕΙΚΤΙΚΟΥ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΤΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

- Η εταιρία μας ενισχύθηκε τον Ιούνιο του 2006 από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΠΕΠ Κρήτης για το έργο στις στέγες του γραφείου της, το οποίο και αποτελεί τον πρώτο διασυνδεδεμένο Φ/Β σταθμό εντός της πόλης του Ηρακλείου που επιχορηγείται μετά τη θέση σε ισχύ του νέου νόμου ΑΠΕ 3468/2006.
- Ο σταθμός σχεδιάστηκε με τη χρήση των πιο έγκυρων λογισμικών διαστασιολόγησης και προσομοίωσης που διατίθενται στην αγορά, ενώ έχουν εφαρμοστεί προδιαγραφές απόλυτης βελτιστοποίησης, ώστε ο σταθμός να αποτελεί πρότυπο αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας.
- Αυτή τη στιγμή ο σταθμός βρίσκεται σε φάση υλοποίησης σε συνεργασία με την εταιρία Conergy, με την οποία συνεργαζόμαστε σε πολυάριθμα projects ανά την Ελλάδα ως μελετητής της σε χωροταξικά και περιβαλλοντικά ζητήματα.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΠΟΛΥ

