

## Οικονομοτεχνική Μελέτη Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Υλοποιώντας έναν από τους στόχους του εγκεκριμένου από το Ι.Κ.Υ. ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus+, 2015-2016 με θέμα: «Αυτόνομα συστήματα θέρμανσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για θέρμανση σε δημόσια κτήρια» το 1<sup>ο</sup> ΕΠΑΛ Ευόσμου κατέθεσε Οικονομοτεχνική μελέτη προς τον Δήμο Κορδελιού - Ευόσμου. Η μελέτη αφορά την εκμετάλλευση και τη χρήση της ηλιακής ενέργειας για τις ανάγκες του σχολείου μας με στόχο τη μείωση του ενεργειακού κόστους. Η μελέτη εκπονήθηκε από τον κο Μπασάκη Σταύρο (Μηχανολόγο - Μηχανικό), εκπαιδευτικού του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑΛ Ευόσμου.

### Σενάρια & Αποτελέσματα

Η χρήση της ηλιακής ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, για τις ανάγκες του σχολικού συγκροτήματος του 1ου ΕΠΑΛ Ευόσμου, εξετάστηκε με δύο διαφορετικά σενάρια – μελέτες:

- Εγκατάσταση συστήματος ηλιακών συλλεκτών παραγωγής ζεστού νερού για τη θέρμανση του σχολικού συγκροτήματος
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Για τη μελέτη των παραπάνω έγινε χρήση των παρακάτω καταναλώσεων φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος αντίστοιχα, στο σχολικό συγκρότημα.

- ΦΑ: 45.000 – 51.000 Nm<sup>3</sup> (510.000 – 580.000 KWh), καταγραφές των ετών 2014-2015
- Ηλεκτρική ενέργεια: 270.000 KWh/year (κατ' εκτίμηση, βάσει καταγραφών του 2015)

Τα αποτελέσματα στην πρώτη μελέτη έδειξαν ότι η εγκατάσταση συστήματος εβδομήντα (70) ηλιακών συλλεκτών, επιφάνειας 140 m<sup>2</sup>, εγκατεστημένης ισχύος 98 KW και κόστους περίπου €30.000, δεν αποδίδει οικονομικά, μια και η μείωση στην κατανάλωση φυσικού αερίου θα ήταν 5% ετησίως (αντί για το επιθυμητό 30-40% περίπου).

Αυτό οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους:

- Η χρήση του συστήματος θα γίνεται μόνον για τους χειμερινούς μήνες για τη θέρμανση του σχολικού συγκροτήματος, ενώ κατά τους θερινούς μήνες το σχολείο δεν έχει απαίτηση από το σύστημα μια και δεν υπάρχει απαίτηση παραγωγής ζεστού νερού για χρήση.
- Το παραπάνω σύστημα παρουσιάζει μικρότερη απόδοση το χειμώνα, λόγω της μικρής διάρκειας της ηλιοφάνειας.

Στη δεύτερη μελέτη, η οποία παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω, επιλέχτηκε σύστημα φωτοβολταϊκής συστοιχίας εγκατεστημένης ισχύος 10KW, για να είναι εύκολα επεκτάσιμο μελλοντικά και η σύμβαση με τον πάροχο ηλιακής ενέργειας θα γίνει με ενεργειακό συμφωνηισμό (σύστημα net metering – ΦΕΚ Β' 3583 / 31.12.2014).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ετήσια παραγόμενη ενέργεια 13.893 KWh/year, με απόσβεση του συστήματος σε 7 χρόνια και μηδενική τιμολόγηση της παραπάνω ενέργειας για τα υπόλοιπα χρόνια της 25ετούς σύμβασης, όταν το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης υπολογίζεται σε €17.000 περίπου.

**Συμπερασματικά** μπορούμε να πούμε ότι πριν από οποιοδήποτε project χρήσης της ηλιακής ενέργειας είναι **άμεση** η συντήρηση και η ενεργειακή αναβάθμιση των κτιριακών εγκαταστάσεων έτσι ώστε να μειωθεί η **υπάρχουσα υπερβολική κατανάλωση της ενέργειας** και να μπορεί να γίνει ικανοποιητική απόσβεση του έργου.

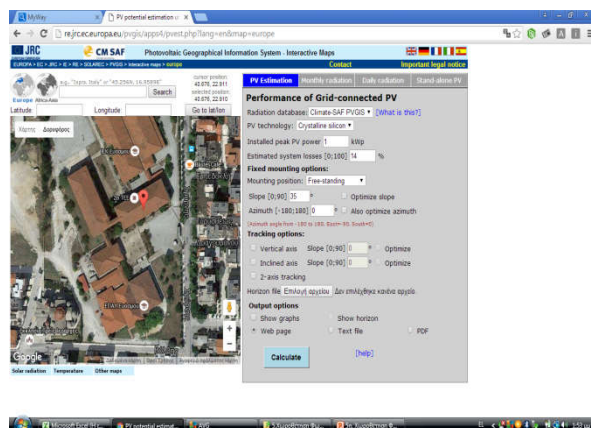
## Εκτίμηση Ηλιακού Δυναμικού

Το διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα θα τοποθετηθεί στην σκεπή του κτιρίου που στεγάζει το «1<sup>ο</sup> ΕΠΑΛ ΕΥΟΣΜΟΥ» (Συντεταγμένες: 40° 40' 34" Βόρεια, 22° 54' 37" Ανατολικά, Ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας :55 μ.).

Από το σχέδιο καθώς και τον προσανατολισμό του κτιρίου, προκύπτει ότι οι διαθέσιμες επιφάνειες κάλυψης είναι νότια προσανατολισμένες, έχοντας σχεδόν 4% απώλειες σε σχέση με τον ιδεατό νότιο προσανατολισμό – 25° ανατολικά (σε σχέση με την μέγιστη ολική ηλιακή απολαβή).

Η τοποθέτηση των ΦΒ panels επί του δώματος θα ακολουθήσει την κλίση της σκεπής (περίπου 30°).

Τα κλιματολογικά δεδομένα έχουν αντληθεί από το PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) το οποίο είναι ένα ερευνητικό εργαλείο διαχείρισης-αξιολόγησης και στήριξης των πηγών ης ηλιακής ενέργειας και το οποίο αποτελεί τμήμα της δράσης SOLAREC του τμήματος JRC (Joint Research Centre) για τις Ανανεώσιμες Μορφές Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (Ispra-Italy).



## Παραγόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια

Έχοντας τα παραπάνω δεδομένα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια του φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δίνεται από τη σχέση:

$$E_t = H_t \cdot S_{\text{mod}} \cdot a$$

Όπου  $E_t$  η μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένου επίπεδου στο οποίο έχουν τοποθετηθεί τα πλαίσια,  $S_{\text{mod}}$  η συνολική ενεργός επιφάνεια των φ/β πλαισίων και  $a$  ο συνολικός συντελεστής απόδοσης της εγκατάστασης που δίνεται από την σχέση :

$$a = n_{\text{inv}} \cdot n_{\text{mod}} \cdot (1 - n_{\text{sh}}) \cdot (1 - n_p) \cdot (1 - n_{\text{cable}}) \cdot \sigma_\theta$$

Αν υποθέσουμε ότι  $n_{\text{mod}}$  είναι η απόδοση του φ/β πλαισίου σε STC, τότε για να υπολογιστεί η απόδοση σε οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία χρειάζεται ένας διορθωτικός θερμοκρασιακός συντελεστής  $\sigma_\theta$ , ο οποίος δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_\theta = 1 - (T_c - 25) \cdot 0,005$$

Η σχέση αυτή ισχύει για τα συμβατικά στοιχεία πυριτίου και υποδηλώνει μείωση της απόδοσης κατά 0,005 ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας πάνω από τη θερμοκρασία των 25°C.

Για την θερμοκρασία  $T_c$  ισχύει ο τύπος του Evans :

$$T_c = C_f \cdot (219 + 832 \cdot \bar{k}_T) \cdot \frac{(NOCT - 20)}{800} + T_a$$

Όπου η NOCT δίδεται από τον κατασκευαστή του ΦΒ πλαισίου και ο μέσος μηνιαίος δείκτης αιθριότητας  $\bar{k}_T$  δίνεται από την επιλογή Tools και Synthetic Hourly data Generation στο PVSYSYST.

Ο  $C_f$  είναι διορθωτικός συντελεστής που είναι ίσος με :

$$C_f = 1 - 1,17 \cdot 10^{-4} (\beta_m - \beta)^2$$

Και λαμβάνει υπόψη του αν η κλίση των φ/β κυψελών  $\beta$ , είναι διαφορετική από τη βέλτιστη  $\beta_m$ .

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανά μήνα για την γωνία κλίσης στην οποία έχουν τοποθετηθεί τα πλαίσια.

Μέγιστη ισχύς ΦΒ πλαισίου :	230,00
Μήκος πλαισίου [m]	1,64
Πλάτος πλαισίου [m] :	0,992
Εμβαδόν πλαισίου [m <sup>2</sup> ] :	1,62688
Βαθμός απόδοσης ΦΒ πλαισίου [ $n_{mod}$ ] :	0,1403
Βαθμός απόδοσης inverter [ $n_{inv}$ ]:	0,96
Απώλειες καλωδιώσεων [ $n_{cable}$ ]:	0,01
Απώλειες λόγω σκίασης [ $n_{sh}$ ] :	acc to strings
Συντελεστής καθαρότητας [ $n_p$ ]:	0,97
Αριθμός ΦΒ πλαισίων	43
Συνολική επιφάνεια κάλυψης ΦΒ πλαισίων :	69,96
Ωφέλιμο εμβαδόν πλαισίου [m <sup>2</sup> ] :	1,46016

	Μέσος Μηνιαίος Δείκτης Αιθριότητας	Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία Αέρα	Ht	shade loss	1- shade	Tc	σθ	E
Ιαν	0,456	6	95,79	0	1	25,95944	0,9952028	774,17029
Φεβ	0,499	7,2	107,24	0	1	28,352753	0,9832362	856,28713
Μαρ	0,553	10,5	161,1	0	1	33,151332	0,9592433	1254,9576
Απρ	0,571	14	183,3	0	1	37,150858	0,9392457	1398,1263
Μαϊ	0,596	19,1	208,01	0	1	42,944645	0,9102768	1537,6674
Ιουν	0,653	23,6	217,8	0	1	49,026478	0,8798676	1556,2521
Ιουλ	0,673	26,1	224,44	0	1	52,081508	0,8645925	1575,8557
Αυγ	0,661	25,8	227,54	0	1	51,44849	0,8677575	1603,4702
Σεπ	0,579	21,6	184,2	0	1	44,97287	0,9001356	1346,4875
Οκτ	0,528	16,8	148,49	0	1	38,757545	0,9312123	1122,9247
Νοε	0,451	12	100,8	0	1	31,820683	0,9658966	790,67116
Δεκ	0,418	7,4	84,32	0	1	26,304884	0,9934756	680,28756
Απώλειες λόγω μη βέλτιστου προσανατολισμού :								4,17
Ετήσια παραγόμενες KWh								<b>13892,6</b>
Ετήσια παραγόμενες KWh ανά εγκατεστημένο KW								<b>1404,7</b>

Παρατήρηση : Οι απώλειες λόγω της απόκλισης των Φ/Β πλαισίων από τον νότο είναι 4,17% [Menu Orientation στο PVSYSY]

## Οικονομική Αξιολόγηση

Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [KWh/έτος] :	13893
Τιμή παραγόμενης ενέργειας [€/KWh] :	0,17
Απομείωση απόδοσης ΦΒ module λόγω παλαιότητας [% ανά έτος]	-0,01
Κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης	17000
Μέσος Ετήσιος Πληθωρισμός	0,03

Έτη Λειτουργίας	Ετήσια Παραγόμενη Ενέργεια [KWh/έτος]	Ετήσια Έσοδα
1	13892,60	2361,74
2	13753,67	2338,12
3	13616,14	2314,74
4	13479,98	2291,60
5	13345,18	2268,68
6	13211,72	2245,99
7	13079,61	2223,53
8	12948,81	2201,30
9	12819,32	2179,28
10	12691,13	2157,49
11	12564,22	2135,92
12	12438,58	2114,56
13	12314,19	2093,41
14	12191,05	2072,48
15	12069,14	2051,75
16	11948,45	2031,24
17	11828,96	2010,92
18	11710,67	1990,81
19	11593,57	1970,91
20	11477,63	1951,20
21	11362,85	1931,69
22	11249,23	1912,37
23	11136,73	1893,24
24	11025,37	1874,31
25	10915,11	1855,57
ΣΥΝΟΛΟ	308663,90	52472,86

