



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΑΡΘΟΥΡΟΣ ΖΕΡΒΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΑΡΚΟΥΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ



ΑΘΗΝΑ
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2007

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	7
1.1 Βασικές γωνίες.....	10
1.2 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας	12
1.3 Υπολογισμός της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο όταν γνωρίζουμε την ολική ακτινοβολία	14
1.4 Εκτίμηση ωριαίας ακτινοβολίας από την ημερήσια	14
1.5 Εκτίμηση ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες με δεδομένη την ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	16
1.5.1 Εκτίμηση άμεσης ακτινοβολίας.....	16
1.5.2 Εκτίμηση διάχυτης ακτινοβολίας	16
1.5.3 Εκτίμηση ανακλώμενης ακτινοβολίας.....	17
1.5.4 Μεθοδολογία υπολογισμού συνολικής ακτινοβολίας.....	17
2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	19
2.1 Γενικά.....	21
2.2 Γεωγραφική κατανομή σταθμών	21
2.3 Επιδότηση επενδύσεων	23
2.4 Διαδικασίες αδειοδότησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων	24
2.4.1 Συστήματα ≤ 20 kWp	24
2.4.2 Συστήματα 20-150 kWp	26
2.4.3 Συστήματα 150-2.000 kWp	28
2.4.4 Συστήματα >2.000 kWp	30
3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	33
3.1 Γενικά.....	35
3.2 Μονάδες φωτοβολταϊκών συστημάτων	35
3.2.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	35
3.2.1.1 Είδη ηλιακών κυψελών	36
3.2.1.2 Υπολογισμός απόδοσης ηλιακής κυψέλης	38
3.2.1.3 Σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων	39
3.2.1.4 Στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων	40
3.2.2 Αντιστροφείας τάσης.....	41
3.2.2.1 Αντιστροφείς τάσης για συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα	41
3.2.2.2 Αντιστροφείς τάσης για αυτόνομα συστήματα	42
3.2.3 Συσσωρευτής (Μπαταρία).....	42
3.2.3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη μπαταρίας	44
3.2.3.2 Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας δεν είναι σταθερή	45
3.2.3.3 Τύποι μπαταριών φ/β συστημάτων	45
3.2.4 Ρυθμιστής φόρτισης.....	47
3.2.5 Βοηθητικά συστήματα.....	47
3.3 Διαστασιολόγηση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος	48
3.4 Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων	48

4	ΙΔΙΩΤΙΚΟ – ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	51
4.1	Βασικές έννοιες.....	53
4.1.1	Χρηματοροή	53
4.1.2	Πληθωρισμός.....	54
4.1.3	Αποσβέσεις.....	55
4.1.4	Κόστος χρηματοδότησης.....	56
4.2	Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης	57
4.2.1	Καθαρή παρούσα αξία (NPV)	57
4.2.2	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR)	59
4.2.3	Περίοδος αποπληρωμής κεφαλαίου.....	60
4.2.4	Ανάλυση ευαισθησίας	60
5	ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ.....	63
5.1	Γενικά.....	65
5.2	Φύλλο εργασίας “MENU” του “PV.xls”	65
5.3	Φύλλο εργασίας “SOLAR RADIATION” του “PV.xls”	66
5.3.1	Εισαγωγή μηνιαίων δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας.....	66
5.3.2	Εισαγωγή ετήσιας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες	68
5.4	Φύλλο εργασίας “PV DATA” του “PV.xls”	68
5.4.1	Επιλογή στοιχείων συλλέκτη από το χρήστη	68
5.4.2	Επιλογή στοιχείων συλλέκτη από τη βάση του εργαλείου	69
5.5	Φύλλο εργασίας “COST ANALYSIS” του “PV.xls”	70
5.6	Φύλλο εργασίας “FINANCIAL EVALUATION” του “PV.xls”	72
5.6.1	Διασυνδεδεμένο σύστημα.....	72
5.6.2	Αυτόνομο σύστημα.....	75
5.7	Φύλλο εργασίας “SENSITIVITY ANALYSIS” του “PV.xls”	76
6	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	79
6.1	Γενικά.....	81
6.2	Μελέτη συστήματος 6 KWp σε στέγη κατοικίας στην ανατολική Αττική...81	
6.3	Μελέτη συστήματος 100 KWp.....	86
6.3.1	Στο διασυνδεδεμένο σύστημα (Λακωνία)	86
6.3.2	Στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (Πάρος)	91
6.3.3	Συμπεράσματα.....	95
6.4	Μελέτη συστήματος 1 MWp στην Κρήτη	96
6.4.1	Με σταθερούς συλλέκτες.....	96
6.4.2	Με συλλέκτες περιστροφής σε δύο άξονες	101
6.4.3	Το ίδιο σύστημα στην Βόρεια Ελλάδα	107
6.4.4	Συμπεράσματα	107
6.5	Μελέτη συστήματος σε αυτόνομη κατοικία στην Γαύδο	108
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	115
7.1	Συμπεράσματα	117
7.2	Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	119
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	121

Εισαγωγή

Η ηλιακή ενέργεια είναι πραγματικά μια τεράστια πηγή ενέργειας. Σε λιγότερο από μια ώρα η ενέργεια που φτάνει από τον ήλιο στη γη θα μπορούσε να καλύψει τις παγκόσμιες ενεργειακές απαιτήσεις για ένα χρόνο αν μπορούσε να αξιοποιηθεί. Οι περισσότερες από τις άλλες μορφές Α.Π.Ε. εξαρτώνται από τον ήλιο. Η υδροηλεκτρική, η αιολική και ένα μέρος της ενέργειας των κυμάτων, οφείλονται στην ηλιακή ενέργεια.

Η ιστορία των φωτοβολταϊκών πηγαίνει πίσω πάνω από 150 χρόνια όταν το 1839 ο Alexandre Edmund Becquerel παρατήρησε ότι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα από συγκεκριμένες χημικές αντιδράσεις και το ηλιακό φως. Ένα παρόμοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε και σε ένα στερεό (σελήνιο) αρκετές δεκαετίες αργότερα. Ωστόσο μια πιο ολοκληρωμένη κατανόηση των φαινομένων αυτών έγινε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα με την ανάπτυξη της επιστήμης και της κβαντικής θεωρίας. Η ανάπτυξη της πρώτης στερεής συσκευής τη δεκαετία του 1940 άνοιξε το δρόμο για την ανακοίνωση της πρώτης ηλιακής κυψέλης πυριτίου με απόδοση 6% (1954).

Η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά είναι αξιόπιστη, δεν περιλαμβάνει κινούμενα μέρη και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι πολύ χαμηλό. Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη και δεν μολύνουν το περιβάλλον. Επίσης η ενέργεια παράγεται εκεί που χρειάζεται χωρίς να είναι αναγκαίες γραμμές για τη μεταφορά της.

Το κόστος των φωτοβολταϊκών ήδη ανταγωνίζεται με αυτό των μικρών μονάδων παραγωγής ενέργειας, όπως των γεννητριών πετρελαίου. Το μεγάλο μειονέκτημα τους είναι το υψηλό αρχικό κόστος τους.

Στην Ελλάδα οι προσπάθειες για ανάπτυξη των φ/β συστημάτων ξεκίνησαν το 1985 αλλά εντατικοποιήθηκαν μόλις πέρυσι, το 2006, με έναν καινούργιο νόμο που δίνει κίνητρα για την υλοποίηση επενδύσεων και απλοποιεί κατά πολύ τις διαδικασίες αδειοδότησης και εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων.

Ο στόχος της εργασίας αυτής είναι η τεχνικοοικονομική αξιολόγηση επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Στα πλαίσια της εργασίας σχεδιάστηκε ένα πλήρες υπολογιστικό εργαλείο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση ενδεικτικών περιπτώσεων.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή του τρόπου υπολογισμού της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μια κεκλιμένη επιφάνεια όπως είναι η επιφάνεια ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται η ελληνική νομοθεσία που αφορά τις συγκεκριμένες επενδύσεις και περιγράφεται η αδειοδοτική διαδικασία για ένα τέτοιο σύστημα. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται τα φωτοβολταϊκά συστήματα καθεαυτού και οι μονάδες από τις οποίες αποτελούνται. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η οικονομική θεωρία για την αξιολόγηση μιας ιδιωτικοοικονομικής επένδυσης μαζί με την ανάλυση ευαισθησίας της. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του υπολογιστικού εργαλείου που κατασκευάστηκε και περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται χρήση του εργαλείου σε συγκεκριμένες περιπτώσεις που επιλέχθηκαν και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα. Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα που εξήχθησαν και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Για την πραγμάτωση της εργασίας αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Αρθούρο Ζερβό, αναπληρωτή καθηγητή Ε.Μ.Π. για την επιλογή και ανάθεση του θέματος καθώς και για την καθοδήγηση του σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειας μου αυτής.

Επίσης για την σημαντική υποστήριξη και συνεισφορά του σε ιδέες και γνώσεις, καθώς και για τις λύσεις που μου έδωσε σε δύσκολες στιγμές ευχαριστώ τον κ. Γεώργιο Κάραλη, μεταπτυχιακό σπουδαστή.

Αρκούδης Γεώργιος

1 Υπολογισμός ηλιακής ακτινοβολίας



Οικισμός με ηλιακές κατοικίες στη Γερμανία

Συμβολισμοί – Μονάδες

Σύμβολο	Περιγραφή	Μονάδες
δ	Ηλιακή απόκλιση	$^{\circ}$
θ_{zs}	Ηλιακή γωνία ζενίθ	$^{\circ}$
Ψ_s	Γωνία ηλιακού αζιμούθιου	$^{\circ}$
γ_s	Ηλιακό ύψος	$^{\circ}$
ω_s	Γωνία δύσης ηλίου	$^{\circ}$
ω	Ωριαία γωνία	$^{\circ}$
β	Κλίση επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο	$^{\circ}$
α	Προσανατολισμός επιφάνειας	$^{\circ}$
θ_s	Γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας	$^{\circ}$
φ	Γεωγραφικό πλάτος τοποθεσίας	$^{\circ}$
β_0	Ηλιακή σταθερά ($\beta_0 = 1367$)	w/m^2
B_0	Ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου εκτός ατμόσφαιρας	w/m^2
k_T	Συντελεστής αιθριότητας	w/m^2
G	Ολική ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου εντός ατμόσφαιρας	w/m^2
D	Διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου εντός ατμόσφαιρας	w/m^2
B	Άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου εντός ατμόσφαιρας	w/m^2
R	Ανακλώμενη ακτινοβολία	w/m^2
Δείκτες		
(β, α)	Κεκλιμένη επιφάνεια με προσανατολισμό	
d	Ημερήσια τιμή	
m	Μηνιαία τιμή	
dm	Μέση ημέρα του μήνα	
h	Ωριαία τιμή	
hm	Μέση ωριαία τιμή	

1.1 Βασικές γωνίες

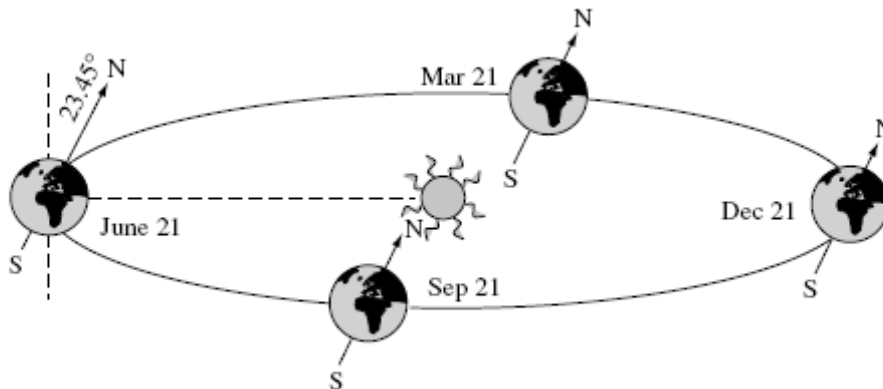
[2], [5]

Η γη περιστρέφεται μια φορά την ημέρα γύρω απ' τον άξονα της, ο οποίος περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο διατηρώντας μια σταθερή γωνία, $23,45^\circ$. Αυτή η γωνία είναι υπεύθυνη για το ότι ο ήλιος φαίνεται ψηλότερα στον ουρανό το καλοκαίρι απ' ότι το χειμώνα. Επίσης εξαιτίας της γωνίας αυτής είναι μεγαλύτερη η διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι. Στο σχήμα 1-1 φαίνεται η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο και η κλίση του άξονα της.

Η γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του ισημερινού και την ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με αυτό του ήλιου ονομάζεται ηλιακή απόκλιση δ και φαίνεται στο σχήμα 1-2. Η ηλιακή απόκλιση δίνεται από τον τύπο

$$\delta = 23,45 \sin\left(\frac{360(284 + n)}{365}\right) \quad (1.1) \quad ,$$

όπου n είναι η ημέρα του έτους που μας ενδιαφέρει. Οι γωνίες βόρεια του ισημερινού θεωρούνται θετικές και αυτές νότια αρνητικές.



Σχήμα 1-1 : Η τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο [5]

Σε μια συγκεκριμένη περιοχή όπου θα τοποθετηθεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι βολικό να ορίσουμε τη θέση του ήλιου χρησιμοποιώντας δυο γωνίες που θα αναφέρονται η μια στο οριζόντιο και η άλλη στο κάθετο επίπεδο. Στο σχήμα 1-3 φαίνονται οι δυο αυτές γωνίες. Η ηλιακή γωνία ζενίθ θ_{zs} είναι η γωνία μεταξύ του κάθετου άξονα και της κατεύθυνσης της ακτινοβολίας του ήλιου. Και η γωνία ηλιακού αζιμούθιου Ψ_s είναι αυτή μεταξύ της νότιας διεύθυνσης και της προβολής της ακτινοβολίας του ήλιου στο οριζόντιο επίπεδο. Η συμπληρωματική γωνία της γωνίας ζενίθ ονομάζεται ηλιακό ύψος γ_s . Σε κάθε δεδομένη στιγμή οι συντεταγμένες του ήλιου σε κάποιο σημείο με γεωγραφικό πλάτος ϕ , δίνονται από τις εξισώσεις :

$$\cos \theta_{zs} = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega = \sin \gamma_s \quad (1.2)$$

$$\cos \psi_s = \pm \frac{\sin \gamma_s \sin \phi - \sin \delta}{\cos \gamma_s \cos \phi} \quad \left(\begin{array}{l} + \text{ για το βόρειο ημισφαίριο} \\ - \text{ για το νότιο ημισφαίριο} \end{array} \right) \quad (1.3)$$

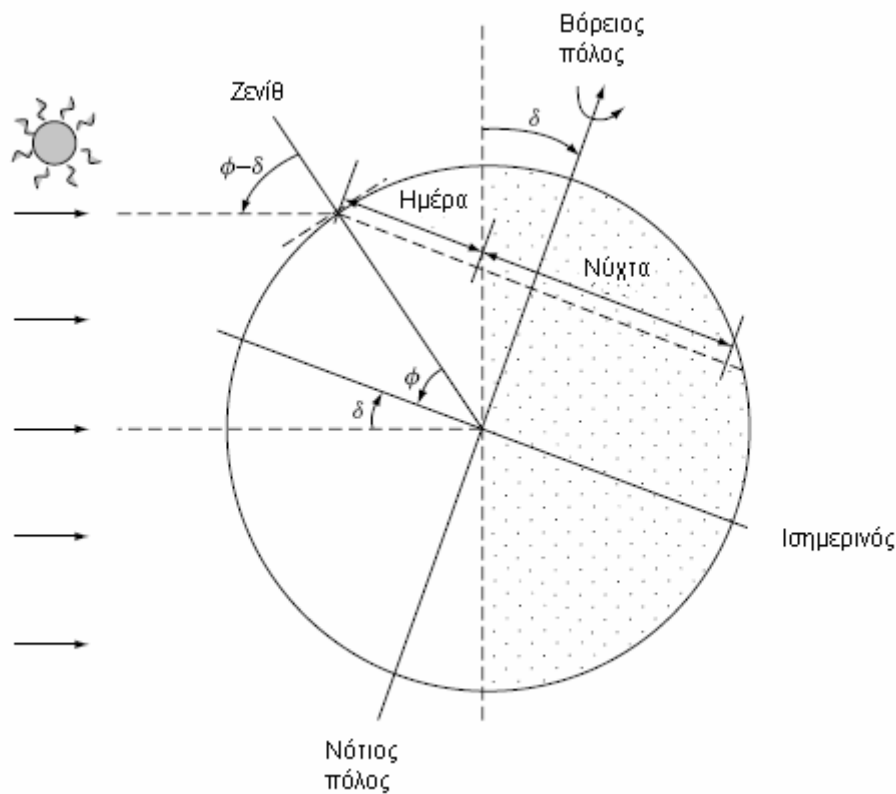
όπου ω είναι η ωριαία γωνία.

$$\omega = 0,25 \cdot (\text{min από ηλιακό μεσημέρι}) \quad (1.4)$$

Για τη γωνία δύσης του ηλίου ισχύει ότι

$$\omega_s = -\arccos(-\tan \delta \tan \phi) \quad (1.5)$$

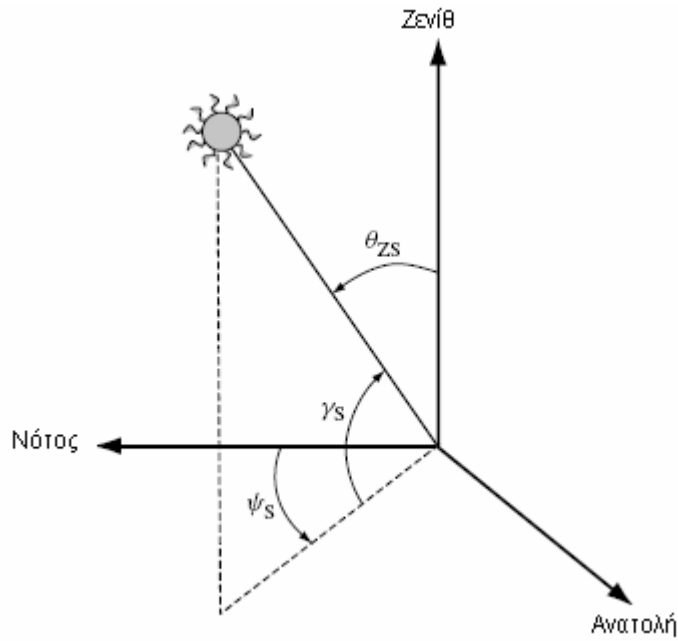
Οι εξισώσεις (1.2) και (1.3) μας δίνουν τις γωνίες θ_{zs} και ψ_s για μια οριζόντια επιφάνεια. Ωστόσο είναι πιο πρακτικό σε κάποιες περιπτώσεις να γνωρίζουμε τη θέση του ήλιου σε σχέση με κεκλιμένες επιφάνειες. Η θέση μιας επιφάνειας μπορεί να περιγραφεί από την κλίση της, β , και από το αζιμούνθιο, α , όπως φαίνεται και στο σχήμα 1-4.



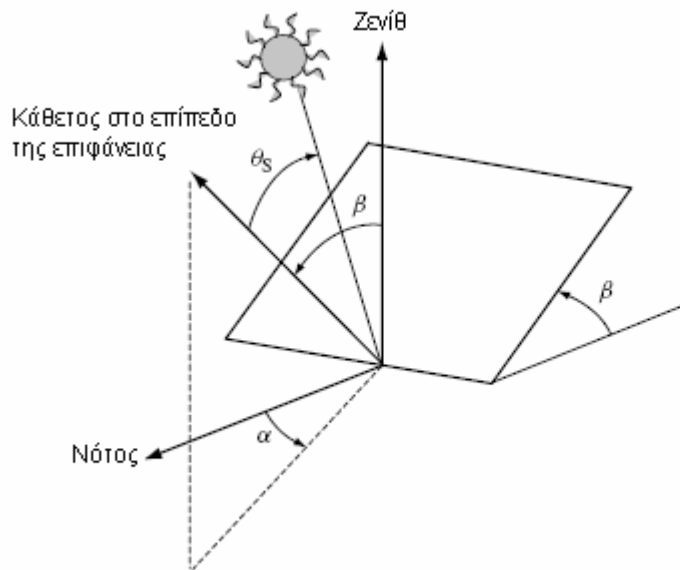
Σχήμα 1-2 : Θέση ήλιου - γης κατά το μεσημέρι μιας ημέρας με αρνητική ηλιακή απόκλιση δ [5]

Η γωνία πρόσπτωσης μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και της καθέτου στην επιφάνεια για περιοχές του βορείου ημισφαιρίου δίνεται από τη σχέση

$$\begin{aligned} \cos \theta_s = & \sin \delta \cdot \sin \phi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha + \\ & \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \omega + \\ & \cos \delta \cdot \sin \alpha \cdot \sin \omega \cdot \sin \beta \end{aligned} \quad (1.6)$$



Σχήμα 1-3 : Η θέση του ήλιου σε σχέση με κάποιο σημείο στη γη [5]



Σχήμα 1-4 : Θέση επιφάνειας (κλίση β και αζιμούνθιο α) και γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων θ_s [5]

1.2 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας

[2], [5]

Η ακτινοβολία που πέφτει σ' ένα σώμα που βρίσκεται έξω από την ατμόσφαιρα της γης ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή με αφετηρία τον ήλιο και φτάνει στο σώμα χωρίς να υποστεί καμία μεταβολή.

Καθώς η ηλιακή ακτινοβολία περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα της γης αλλάζει αφού έρχεται σε επαφή με συστατικά που υπάρχουν σε αυτή. Μερικά από αυτά όπως τα σύννεφα αντανάκλούν την ακτινοβολία. Άλλα όπως το όζον, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί απορροφούν ένα μέρος της. Επίσης τα σταγονίδια του νερού και η σκόνη προκαλούν διασκορπισμό της. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την αποσύνθεση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σ' ένα σώμα στην επιφάνεια της γης, σε τρία διαφορετικά συστατικά.

Στην άμεση ακτινοβολία που είναι αυτή που φτάνει κατευθείαν από τον ήλιο χωρίς να υποστεί αντανάκλαση ή διασκορπισμό, στην διάχυτη ακτινοβολία που προέρχεται από τον ορίζοντα και είναι αυτή που έχει υποστεί διασκορπισμό και στην ανακλώμενη ακτινοβολία που έχει υποστεί ανάκλαση στο έδαφος. Η ολική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια είναι το άθροισμα των τριών αυτών συνιστωσών.

Η ακτινοβολία που προσπίπτει σ' ένα σώμα στην επιφάνεια της γης δεν είναι πάντα η ίδια αλλά διαφέρει σημαντικά αναλόγως την ώρα της ημέρας και την εποχή, αλλά και τις καιρικές συνθήκες. Ακόμα και η ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας παρουσιάζει ομαλές ημερήσιες και ετήσιες μεταβολές που οφείλονται στην κίνηση του ήλιου. Οι μεταβολές αυτές είναι προβλεπόμενες και μπορούν να καθοριστούν θεωρητικά.

Η ακτινοβολία για κάποια ημέρα του έτους σε μια οριζόντια επιφάνεια εκτός ατμόσφαιρας δίνεται από τη σχέση $B_o = \beta_o \varepsilon_o \cos \theta_s$ (1.7), όπου β_o είναι η ηλιακή

σταθερά, $\beta_o = 1367 \text{ W/m}^2$ και $\varepsilon_o = 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365}$ (1.8). Η σχέση 1.7 για τον

υπολογισμό της ενέργειας (wh/m^2) στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια μιας ολόκληρης ημέρας γίνεται $B_{Od} = \frac{T}{\pi} B_o \varepsilon_o \left(-\frac{\pi}{180} \omega_s \sin \delta \sin \phi - \cos \delta \cos \phi \sin \omega_s \right)$ (1.9), όπου T είναι η διάρκεια της ημέρας, δηλαδή 24 h.

Η σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης και σε αυτή εκτός της ατμόσφαιρας δίνει ένα μέτρο της διαπερατότητας της ατμόσφαιρας. Έτσι ο συντελεστής διαπερατότητας (ή συντελεστής αιθριότητας) υπολογίζεται για κάθε μήνα από τη σχέση

$$K_{Tm} = \frac{G_{dm}}{B_{Odm}} \quad (1.10),$$

όπου G_d είναι η ημερήσια ενέργεια σε οριζόντιο επίπεδο εντός ατμόσφαιρας

Ο συντελεστής αυτός μπορεί να χαρακτηρίσει το ηλιακό κλίμα μιας συγκεκριμένης τοποθεσίας και είναι και η βάση για να υπολογίσουμε την ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο.

Συνήθως οι μετρήσεις ακτινοβολίας γίνονται σε οριζόντιο επίπεδο. Επειδή όμως η τιμή της σε κεκλιμένο επίπεδο είναι μεγαλύτερη συμφέρει τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι τοποθετημένα με κλίση σε σχέση με το οριζόντιο. Οπότε χρειάζεται να υπολογίσουμε την ακτινοβολία για το κεκλιμένο επίπεδο. Οι μετρήσεις συνήθως

μας δίνουν την ολική ακτινοβολία και αυτό δημιουργεί δυο προβλήματα. Πρώτα να την διαχωρίσουμε σε άμεση και διάχυτη και στη συνέχεια να υπολογίσουμε το μέγεθος της κάθε μιας για το κεκλιμένο επίπεδο.

1.3 Υπολογισμός της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο όταν γνωρίζουμε την ολική ακτινοβολία

[2], [5]

Η γενική ιδέα προτάθηκε από τους Liu και Jordan. Περιλαμβάνει τον υπολογισμό μιας εμπειρικής σχέσης μεταξύ του κλάσματος της διάχυτης ακτινοβολίας προς την ολική για οριζόντιο επίπεδο $F_{Dm} = \frac{D_{dm}}{G_{dm}}$ (1.11) και του συντελεστή διαπερατότητας. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από δέκα διαφορετικές τοποθεσίες ανάμεσα στα πλάτη $40^{\circ}N$ και $40^{\circ}S$ ο Page πρότεινε την ακόλουθη γραμμική σχέση που συνήθως δίνει και τα καλύτερα αποτελέσματα $F_{Dm} = 1 - 1,13K_{Tm}$ (1.12).

Μια πρόσφατη μελέτη για την περιοχή της Μεσογείου χρησιμοποιώντας 150.000 ζευγάρια δεδομένων από έντεκα διαφορετικούς σταθμούς της Ευρώπης προτείνει την ακόλουθη σχέση :

$$\begin{aligned} F_{Dd} &= 0,952 & K_{Td} &\leq 0,13 \\ F_{Dd} &= 0,868 + 1,335K_T - 5,782K_T^2 + 3,721K_T^3 & 0,13 < K_{Td} &\leq 0,8 \\ F_{Dd} &= 0,141 & K_{Td} &< 0,8 \end{aligned} \quad (1.13)$$

Τα περισσότερα προβλήματα μηχανικών για εφαρμογές φωτοβολταϊκών μπορούν να επιλυθούν ικανοποιητικά με την εξίσωση (1.12).

Αφού υπολογίσουμε την διάχυτη ακτινοβολία μπορούμε να υπολογίσουμε και την άμεση η οποία προκύπτει με αφαίρεση της διάχυτης από την ολική $B_{dm} = G_{dm} - D_{dm}$ (1.14).

1.4 Εκτίμηση ωριαίας ακτινοβολίας από την ημερήσια

[5]

Επειδή η ηλιακή ενέργεια (Wh/m^2) κατά τη διάρκεια μιας ώρας είναι αριθμητικά ίση με την τιμή της ισχύος (W/m^2) την ώρα αυτή, οι τιμές της ισχύος μπορούν να μετατραπούν σε ωριαίες τιμές ενέργειας. Ωστόσο επειδή δεν υπάρχουν διαθέσιμες τιμές ωριαίας ακτινοβολίας το πρόβλημα είναι να υπολογίσουμε την ωριαία ακτινοβολία με δεδομένη την ημερήσια.

Ο λόγος της ενέργειας της ακτινοβολίας οριζοντίου επιπέδου εκτός ατμόσφαιρας σε κάποια στιγμή (W/m^2) προς την ημερήσια ενέργεια (Wh/m^2) μπορεί θεωρητικά να υπολογιστεί με χρήση των εξισώσεων (1.2), (1.7) και (1.9). Δηλαδή :

$$\frac{B_o(0)}{B_{Od}(0)} = \frac{\pi}{T} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\frac{\pi}{180} \omega_s \cos \omega_s - \sin \omega_s} \quad (1.15) ,$$

όταν η γωνία δύσης ω_s είναι εκφρασμένη σε μοίρες και T είναι η διάρκεια της ημέρας συνήθως εκφρασμένης σε ώρες. $B_o(0)$ και $B_{Od}(0)$ είναι τα αντίστοιχα μεγέθη για οριζόντιο επίπεδο.

Από την εξέταση δεδομένων από διάφορους σταθμούς έχει παρατηρηθεί ότι όσον αφορά τις μέσες τιμές μακροχρόνιων μετρήσεων ακτινοβολίας εντός ατμόσφαιρας, η σχέση του μετρούμενου λόγου της στιγμιαίας διάχυτης ακτινοβολίας (w/m^2) προς την ημερήσια ενέργεια της διάχυτης ακτινοβολίας (wh/m^2), $r_D = \frac{D(0)}{D_d(0)}$,

και της θεωρητικής έκφρασης της εξίσωσης (1.13) είναι πολύ κοντά. Ενώ η σχέση του μετρούμενου λόγου της ολικής στιγμιαίας ακτινοβολίας προς την ολική ημερήσια ενέργεια της ακτινοβολίας, $r_G = \frac{G(0)}{G_d(0)}$, και η r_D βρίσκονται πολύ κοντά ώστε με μια

μικρή διόρθωση ταιριάζουν στα παρατηρούμενα δεδομένα. Οπότε έχουμε :

$$r_D = \frac{D(0)}{D_d(0)} = \frac{B_o(0)}{B_d(0)} \quad (1.16)$$

$$r_G = \frac{G(0)}{G_d(0)} = \frac{B_o(0)}{B_d(0)} (a + b \cos \omega) \quad (1.17)$$

όπου $a = 0,409 - 0,5016 \sin(\omega_s + 60)$

$b = 0,6609 + 0,4767 \sin(\omega_s + 60)$

Σημειώνεται ότι τα r_G και r_D έχουν μονάδες $(\text{χρόνο})^{-1}$ και μπορούν να επεκταθούν για να υπολογίσουν ακτινοβολίες για σύντομες χρονικές περιόδους επικεντρωμένες στη στιγμιαία γωνία ω . Για παράδειγμα αν θέλουμε να υπολογίσουμε την ακτινοβολία για μια ώρα μεταξύ 10:00 και 11:00 (ηλιακή ώρα), θέτουμε τη γωνία $\omega = -22,5^\circ$ (το κέντρο του διαστήματος, δηλαδή για 10:30) και $T = 24h$.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για αυτόν τον υπολογισμό μπορεί να θεωρηθεί ότι η ενέργεια (Wh/m^2) στη διάρκεια μιας ώρας είναι αριθμητικά ίση με την ισχύ (W/m^2) της ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ώρας αυτής και επίσης ίση με την ισχύ της ακτινοβολίας στο μέσον του διαστήματος της ώρας. Για παράδειγμα αν η ολική ακτινοβολία το μεσημέρι είναι $G(0) = 580,4 W/m^2$ είναι και αριθμητικά ίδια με την ενέργεια από 11:30 έως 12:30 $G_h(0) = 580,4 Wh/m^2$. Αυτή η υπόθεση βρίσκεται πολύ κοντά στην πραγματικότητα και έτσι απλοποιούνται κατά πολύ οι υπολογισμοί που κάνουμε.

1.5 Εκτίμηση ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες με δεδομένη την ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο

Η πιο συνηθισμένη διαδικασία για τον υπολογισμό της ολικής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο, $G(\beta, \alpha)$, είναι να υπολογίσουμε ξεχωριστά την άμεση, $B(\beta, \alpha)$, τη διάχυτη, $D(\beta, \alpha)$, και την ανακλώμενη ακτινοβολία $R(\beta, \alpha)$. Μόλις αυτά είναι γνωστά τότε $G(\beta, \alpha) = B(\beta, \alpha) + D(\beta, \alpha) + R(\beta, \alpha)$

1.5.1 Εκτίμηση άμεσης ακτινοβολίας

[5]

Για την άμεση ακτινοβολία ισχύει

$$B(\beta, \alpha) = B \max(0, \cos \theta_s) \quad (1.18)$$

όπου B είναι η άμεση ακτινοβολία που προσπίπτει σε επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του ήλιου και θ_s είναι η γωνία μεταξύ των ακτίνων του ήλιου και της καθέτου στην επιφάνεια και δίνεται από την εξίσωση (1.6). Η άμεση ακτινοβολία B προκύπτει από

τη σχέση
$$B = \frac{B(0)}{\cos \theta_{zs}} \quad (1.19)$$

Σημειώνεται ότι όταν οι ακτίνες του ήλιου προσπίπτουν στην πίσω πλευρά της επιφάνειας (όπως συμβαίνει τις πρωινές ώρες σε μια επιφάνεια με δυτικό προσανατολισμό) $|\theta_s| > \frac{\pi}{2}$. Τότε, $\cos \theta_s < 0$ και $B = 0$. Έτσι ο παράγοντας $\max(0, \cos \theta_s)$ δείχνει ότι η ακτινοβολία στο πίσω μέρος της επιφάνειας των φωτοβολταϊκών δεν χρησιμοποιείται.

1.5.2 Εκτίμηση διάχυτης ακτινοβολίας

[5]

Το πιο απλό μοντέλο για τον υπολογισμό της διάχυτης ακτινοβολίας θεωρεί ότι η ακτινοβολία στον ουρανό είναι ισοτροπική, το οποίο σημαίνει πως από κάθε σημείο του ουράνιου θόλου εκπέμπεται ακτινοβολία με την ίδια ένταση. Για το

μοντέλο αυτό προκύπτει ότι
$$D(\beta, \alpha) = D(0) \frac{1 + \cos \beta}{2} \quad (1.20)$$
 . Εξαιτίας της

απλότητας του το μοντέλο αυτό είναι ευρέως διαδεδομένο, έστω και αν συστηματικά υποτιμά την διάχυτη ακτινοβολία για επιφάνειες προσανατολισμένες προς τονσημερινό.

Η αντίθετη προσέγγιση υποθέτει ότι όλη η διάχυτη ακτινοβολία εκπέμπεται από τη θέση στην οποία βρίσκεται ο ήλιος. Με αυτό τον τρόπο θεωρούμε τη διάχυτη

σαν άμεση ακτινοβολία και προκύπτει ότι $D(\beta, \alpha) = \frac{D(0)}{\cos \theta_{zs}} \max(0, \cos \theta_s)$ (1.21).

Και το μοντέλο αυτό έχει το πλεονέκτημα της απλότητας άλλα υπερεκτιμά τη διάχυτη ακτινοβολία.

Γενικά, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται από τα λεγόμενα ανισοτροπικά μοντέλα. Οι Hay και Davies θεώρησαν ότι η διάχυτη ακτινοβολία αποτελείται από δυο συνιστώσες. Μια που εκπέμπεται από τη θέση του ήλιου και μια από ολόκληρο τον ουράνιο θόλο. Και οι δυο συνιστώσες εξαρτώνται από ένα

συντελεστή k_I για τον οποίο ισχύει $k_I = \frac{B(0)}{B_o(0)} = \frac{B}{\beta_o \varepsilon_o}$ (1.22)

Τελικά ισχύει ότι $D(\beta, \alpha) = D^I(\beta, \alpha) + D^C(\beta, \alpha)$ (1.23)

όπου $D^I(\beta, \alpha) = D(0)(1 - k_I) \frac{1 + \cos \beta}{2}$ (1.24)

$D^C(\beta, \alpha) = \frac{D(0)k_I}{\cos \theta_{zs}} \max(0, \cos \theta_s)$ (1.25)

Όταν ο ουρανός είναι εντελώς συννεφιασμένος $k_I = 0$ η εξίσωση (1.21) ταυτίζεται με το απλό ισοτροπικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό είναι εξαιρετικός συνδυασμός απλότητας και ακρίβειας. Έχει συγκριθεί με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες τοποθεσίες παγκοσμίως και έχει αποδειχθεί πως έχει ικανοποιητική ακρίβεια.

1.5.3 Εκτίμηση ανακλώμενης ακτινοβολίας

[2], [5]

Η ανακλαστικότητα των περισσότερων τύπων εδάφους είναι πολύ μικρή. Συνεπώς η συνεισφορά της ανακλώμενης στην ολική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μια επιφάνεια είναι ελάχιστη (εξάιρεση αποτελεί η περίπτωση που έχουμε χιόνι). Γι αυτό το λόγο δεν έχουν αναπτυχθεί πολύπλοκα μοντέλα για την ανάκλαση. Συνήθως θεωρείται ότι το έδαφος είναι οριζόντιο με άπειρη έκταση και ανακλά ισοτροπικά. Με βάση αυτή τη θεωρία η ανακλώμενη ακτινοβολία σε μια κεκλιμένη επιφάνεια

δίνεται από τη σχέση $R(\beta, \alpha) = \rho G(0) \frac{1 - \cos \beta}{2}$ (1.26)

όπου ρ είναι ο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους και εξαρτάται από τη σύσταση που έχει το έδαφος. Για την Ελλάδα λαμβάνεται $\rho = 0,2$.

1.5.4 Μεθοδολογία υπολογισμού συνολικής ακτινοβολίας

[5]

Ανακεφαλαιώνοντας όταν σε μια περιοχή μας δίνεται το γεωγραφικό πλάτος, η ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, η κλίση των φωτοβολταϊκών

πλαισίων και ο προσανατολισμός τους, για να υπολογίσουμε την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια των συλλεκτών ακολουθούμε την εξής διαδικασία.

1. Από τη σχέση (1.10) υπολογίζεται ο συντελεστής αιθριότητας K_{Td} .
2. Από τη σχέση (1.12) ή (1.13) υπολογίζουμε το συντελεστή F_{Dd} .
3. Από τη σχέση (1.11) υπολογίζεται η ημερήσια διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου $D_{dm}(0)$.
4. Από τη σχέση (1.14) υπολογίζεται η ημερήσια άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου $B_{dm}(0)$.
5. Από τις σχέσεις (1.15) και (1.16) υπολογίζεται η ωριαία διάχυτη ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου $D_{hm}(0)$ θέτοντας όπου ω τη γωνία που αντιστοιχεί στο κέντρο του διαστήματος της μιας ώρας και $T=24h$.
6. Από τη σχέση (1.17) υπολογίζουμε την ωριαία ολική ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου $G_{hm}(0)$.
7. Η ωριαία άμεση ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου είναι η διάφορα της διάχυτης από την ολική $B_{hm}(0) = G_{hm}(0) - D_{hm}(0)$.
8. Από τις σχέσεις (1.18) και (1.19) υπολογίζεται η άμεση ωριαία ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου $B_{hm}(\beta, \alpha)$.
9. Από τις σχέσεις (1.23), (1.24) και (1.25) υπολογίζεται η διάχυτη ωριαία ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου $D_{hm}(\beta, \alpha)$.
10. Από τη σχέση (1.26) υπολογίζεται η ανακλώμενη ωριαία ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου $R_{hm}(\beta, \alpha)$.
11. Η ολική ωριαία ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου είναι το άθροισμα της άμεσης, της διάχυτης και της ανακλώμενης

$$G_{hm}(\beta, \alpha) = B_{hm}(\beta, \alpha) + D_{hm}(\beta, \alpha) + R_{hm}(\beta, \alpha)$$
12. Η ολική ημερήσια ακτινοβολία κεκλιμένου επιπέδου δίνεται από τη σχέση

$$G_{dm}(\beta, \alpha) = \sum_{-\omega_s}^{\omega_s} G_{hm}(\beta, \alpha)$$

2 Νομοθεσία



φ/β σε χώρο στάθμευσης στο Μαρούσι

2.1 Γενικά

Οι πρώτες προσπάθειες για ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών στην Ελλάδα ξεκινούν το 1985 με τον πρώτο νόμο για θέματα ηλεκτροπαραγωγής από εναλλακτικές μορφές ενέργειας. Μετά η επόμενη ουσιαστική προσπάθεια έγινε το 1994 όπου θεσπίστηκαν ευνοϊκές ρυθμίσεις για τις ΑΠΕ και είχαμε την έντονη εμφάνιση επενδυτικού ενδιαφέροντος και από την πλευρά των ιδιωτών. Οι τελικές ρυθμίσεις και η κάλυψη των όποιων κενών υπήρχαν έγιναν από το 2001 μέχρι το 2006 όπου είχαμε και τον τελευταίο και ευνοϊκότερο νόμο για τις ΑΠΕ και ειδικά για τα φωτοβολταϊκά. Οι νομοθετικές διατάξεις που αφορούν τις ΑΠΕ είναι οι εξής :

- Νόμος 1559/1985
- Νόμος 2244/1994
- Νόμος 2773/1999
- Νόμος 2941/2001
- ΥΑ 2000/2002
- ΥΑ 1726/2003
- Νόμος 3468/2006

Με τον τελευταίο νόμο 3468/2006 το ελληνικό δίκαιο εναρμονίζεται με την κοινοτική οδηγία 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και προωθείται, κατά προτεραιότητα, στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας η παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.) και μονάδες Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.). Τα τιμολόγια που καθορίζονται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από :	Τιμή ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
Φωτοβολταϊκές μονάδες (≤ 100KWpeak)	450	500
Φωτοβολταϊκές μονάδες (> 100KWpeak)	400	450

2.2 Γεωγραφική κατανομή σταθμών

[11]

Με τον τελευταίο νόμο 3468/2006 ξεκινά πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών σταθμών. Το πρόγραμμα αυτό, το οποίο έχει λήξη στις 31/12/2020 προβλέπει την ανάπτυξη στην Ελλάδα σταθμών συνολικής εγκατεστημένης ισχύος τουλάχιστον 500 MWpeak στο διασυνδεδεμένο σύστημα και τουλάχιστον 200 MWpeak στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.

Η ρυθμιστική αρχή ενέργειας με την υπ' αριθμόν 123/2007 απόφαση ανακοίνωσε την ακόλουθη γεωγραφική κατανομή για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς στο διασυνδεδεμένο σύστημα, η οποία φαίνεται στον πίνακα 2.2 και 2.3.

Πίνακας 2.2

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ				ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΑΣ/ΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ				ΜΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ			
	ΕΩΣ MWp				ΕΩΣ MWp				ΕΩΣ MWp			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
ΑΝΑΤ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	24,00	33,29	42,58	46,45	1,50	2,10	2,70	3,00	22,50	31,19	39,88	43,45
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	30,08	42,10	54,12	60,10	0,08	0,11	0,14	0,15	30,00	41,99	53,98	59,95
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	20,00	28,00	36,00	40,00					20,00	28,00	36,00	40,00
ΗΠΕΙΡΟΥ	9,00	12,60	16,20	18,00					9,00	12,60	16,20	18,00
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	29,10	40,42	51,74	56,60	1,60	2,24	2,88	3,20	27,50	38,18	48,86	53,40
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ	7,50	10,50	13,50	15,00	7,50	10,50	13,50	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	30,00	42,00	54,00	60,00					30,00	42,00	54,00	60,00
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	33,15	45,78	58,41	63,15	3,15	4,41	5,67	6,30	30,00	41,37	52,74	56,85
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	61,08	85,50	109,92	122,10	0,08	0,11	0,14	0,15	61,00	85,39	109,78	121,95
ΑΤΤΙΚΗΣ	23,60	32,32	41,04	43,60	3,60	5,04	6,48	7,20	20,00	27,28	34,56	36,40
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	7,50	10,50	13,50	15,00					7,50	10,50	13,50	15,00
ΣΥΝΟΛΟ:	275,00	383,00	491,00	540,00	17,50	24,50	31,50	35,00	257,50	358,50	459,50	505,00
ΠΡΟΣΘΕΤΗ ΙΣΧΥΣ ΣΕ ΝΟΜΟΥΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ												
ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ	50,00	50,00	50,00	50,00					50,00	50,00	50,00	50,00
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ:	50,00	50,00	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	50,00	50,00	50,00

Πίνακας 2.3

ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ	ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΗ ΝΗΣΙΩΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ															
	≤20 kWp				>20 και ≤150 kWp				>150 και < 2 MWp				≥2MWp			
	ΕΩΣ MWp				ΕΩΣ MWp				ΕΩΣ MWp				ΕΩΣ MWp			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
ΑΝΑΤ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ & ΘΡΑΚΗΣ	2,25	3,14	4,03	4,45	7,50	10,40	13,30	14,50	6,50	9,00	11,50	12,50	6,25	8,65	11,05	12,00
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	3,00	4,09	5,18	5,45	12,00	16,90	21,80	24,50	7,50	10,50	13,50	15,00	7,50	10,50	13,50	15,00
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ	2,00	2,80	3,60	4,00	6,00	8,40	10,80	12,00	6,00	8,40	10,80	12,00	6,00	8,40	10,80	12,00
ΗΠΕΙΡΟΥ	0,90	1,26	1,62	1,80	2,70	3,78	4,86	5,40	2,70	3,78	4,86	5,40	2,70	3,78	4,86	5,40
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ	2,75	3,82	4,89	5,34	8,25	11,45	14,66	16,02	8,25	11,45	14,66	16,02	8,25	11,45	14,66	16,02
ΙΟΝΙΩΝ ΝΗΣΩΝ																
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	3,00	4,20	5,40	6,00	9,00	12,60	16,20	18,00	9,00	12,60	16,20	18,00	9,00	12,60	16,20	18,00
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΟΣ	3,00	4,14	5,27	5,69	9,00	12,41	15,82	17,06	9,00	12,41	15,82	17,06	9,00	12,41	15,82	17,06
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ	6,10	8,54	10,98	12,20	18,30	25,62	32,93	36,59	18,30	25,62	32,93	36,59	18,30	25,62	32,93	36,59
ΑΤΤΙΚΗΣ	2,00	2,73	3,46	3,64	6,00	8,18	10,37	10,92	6,00	8,18	10,37	10,92	6,00	8,18	10,37	10,92
ΝΟΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	0,75	1,05	1,35	1,50	2,25	3,15	4,05	4,50	2,25	3,15	4,05	4,50	2,25	3,15	4,05	4,50
ΣΥΝΟΛΟ:	25,75	35,76	45,77	50,06	81,00	112,90	144,79	159,48	75,50	105,10	134,69	147,98	75,25	104,75	134,24	147,48
ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΓΙΑ ΝΟΜΟΥΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ																
ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ																
ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΘΕΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ:	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Και με την υπ' αριθμόν 96/2007 απόφαση καθορίζει τα περιθώρια ανάπτυξης φωτοβολταϊκών σταθμών στα μη διασυνδεδεμένα νησιά (πίνακας 2.4).

Πίνακας 2.4

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ	Περιθώριο Φωτοβολταϊκών Σταθμών (KW)	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ	Περιθώριο Φωτοβολταϊκών Σταθμών (KW)		
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	20,81	ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΜΗΛΟΣ	661,31	
ΑΓ.ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	42,31		ΚΙΜΩΛΟΣ	48,13	
ΑΜΟΡΓΟΣ	175,41	ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΜΥΚΟΝΟΣ	2.174,98	
ΑΝΑΦΗ	43,78		ΔΗΛΟΣ	0,00	
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0,00	ΣΥΡΟΣ		1.820,78	
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	277,00	ΟΘΩΝΟΙ		30,78	
ΔΟΝΟΥΣΑ	22,56		ΠΑΡΟΣ	1.680,80	
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	26,84		ΝΑΞΟΣ	1.682,80	
ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΘΗΡΑ	1.992,81	ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	127,17	
	ΘΗΡΑΣΙΑ	14,81	ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	41,14	
ΙΚΑΡΙΑ	508,19		ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	26,18	
ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	805,19	ΗΡΑΚΛΕΙΑ	11,23	
	ΚΑΣΟΣ	64,27	ΣΙΚΙΝΟΣ	22,44	
ΚΥΘΝΟΣ	58,57		ΙΟΣ	285,55	
	ΚΩΣ	4.442,58	ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	83,58	
	ΚΑΛΥΜΝΟΣ	1.138,45	ΣΑΜΟΣ	2.717,63	
	ΛΕΡΟΣ	808,13	ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΦΟΥΡΝΟΙ	58,84
ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΤΕΛΕΝΔΟΣ	8,40		ΘΥΜΑΙΝΑ	5,80
	ΨΕΡΙΜΟΣ	8,40	ΠΑΤΜΟΣ	287,80	
	ΓΥΑΛΙ	8,40	ΞΕΡΙΦΟΣ	343,72	
	ΝΙΣΥΡΟΣ	83,22	ΣΙΦΝΟΣ	246,10	
	ΤΗΛΟΣ	57,81	ΣΚΥΡΟΣ	275,67	
	ΛΕΙΨΟΙ	51,21	ΣΥΜΗ	587,66	
ΛΕΣΒΟΣ	5.511,36	ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΧΙΟΣ	3.841,78	
ΔΗΜΝΟΣ	1.187,51		ΟΙΝΟΥΣΣ	54,98	
ΜΕΓΙΣΤΗ	105,12		ΨΑΡΑ	31,43	
		ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ	ΡΟΔΟΣ	12.808,88	
			ΧΑΛΚΗ	25,67	
		ΚΡΗΤΗ		52.499,02	
		Σύνολο:		99.257	

2.3 Επιδότηση επενδύσεων

Η νομοθεσία είναι διαφορετική για την επιδότηση αν αυτή γίνεται από κάποιον ιδιώτη ή από κάποια εταιρεία. Έτσι στην περίπτωση ιδιώτη δικαιούται φοροελάφρυνση σε ποσοστό 20% επί του κόστους της επένδυσης. Το ποσό αυτό όμως δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 700€.

Αν η επένδυση γίνει από εταιρεία, σύμφωνα με το νέο επενδυτικό νόμο 3522/2006, η επικράτεια κατανέμεται σε τρεις περιοχές :

ΠΕΡΙΟΧΗ Α΄. Περιλαμβάνει τους Νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης πλην των Βιομηχανικών Επιχειρηματικών Περιοχών (Β.Ε.ΠΕ.) και των νησιών των Νομών αυτών που εντάσσονται στην Περιοχή Β΄.

ΠΕΡΙΟΧΗ Β΄. Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Θεσσαλίας (Καρδίτσας, Λάρισας, Μαγνησίας, Τρικάλων), τους Νομούς της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου (Κυκλάδων, Δωδεκανήσου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ιονίων Νήσων (Κέρκυρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας, Ζακύνθου), τους Νομούς της Περιφέρειας Κρήτης (Ηρακλείου, Λασιθίου, Ρεθύμνου, Χανίων), τους Νομούς της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Χαλκιδικής, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας, Ημαθίας, Πιερίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (Γρεβενών, Κοζάνης, Φλώρινας, Καστοριάς), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος (Φθιώτιδας, Φωκίδας, Εύβοιας, Βοιωτίας, Ευρυτανίας).

ΠΕΡΙΟΧΗ Γ΄. Περιλαμβάνει τους Νομούς της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (Καβάλας, Δράμας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου), τους Νομούς της Περιφέρειας Ηπείρου (Άρτας, Πρέβεζας, Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας), τους Νομούς της Περιφέρειας Βορείου Αιγαίου (Λέσβου, Χίου, Σάμου), τους Νομούς της Περιφέρειας Πελοποννήσου (Λακωνίας, Μεσσηνίας, Κορινθίας, Αργολίδας, Αρκαδίας), καθώς και τους Νομούς της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδος (Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Ηλείας).

Η εταιρεία υποχρεούται να συνεισφέρει το 25% της επένδυσης από ίδια κεφάλαια. Ανάλογα με την περιοχή και το μέγεθος της επιχείρησης το ποσοστό επιδότησης διαμορφώνεται σύμφωνα με τον πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4

Μέγεθος επιχείρησης	Περιοχή σύμφωνα με τον αναπτυξιακό νόμο		
	A	B	Γ
Μεγάλη	20%	30%	40%
Μεσαία	30%	40%	40%
Μικρή	40%	40%	40%
Πολύ μικρή	40%	40%	40%

Η κατάταξη των εταιρειών σε κατηγορίες γίνεται ως εξής (πίνακας 2.5) :

Πίνακας 2.5

Κατάταξη εταιρειών				
	Πολύ μικρή	Μικρή	Μεσαία	Μεγάλη
Εργαζόμενοι	< 10	< 50	< 250	≥ 250
Κύκλος εργασιών	< 2 εκ. €	< 10 εκ. €	< 50 εκ. €	≥ 50 εκ. €
Σύνολο ενεργητικού	< 2 εκ. €	< 10 εκ. €	< 43 εκ. €	≥ 43 εκ. €

2.4 Διαδικασίες αδειοδότησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων

[9]

Τελικά οι διαδικασίες που απαιτούνται για μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση όπως προκύπτουν από την υφιστάμενη νομοθεσία είναι οι εξής (*“Διαδικασίες αδειοδότησης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων”, Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών*):

Οι διαδικασίες και οι χρόνοι αδειοδότησης διαφέρουν ανάλογα με την ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος. Διακρίνουμε 4 κατηγορίες: συστήματα ≤20 kWp, 20-150 kWp, 150-2.000 kWp και >2.000 kWp. Οι παρακάτω χρόνοι, οι οποίοι κυμαίνονται από μηδέν έως 9 μήνες, είναι οι θεωρητικοί χρόνοι που προβλέπει η νομοθεσία. Στην πράξη οι χρόνοι αυτοί είναι πολύ μεγαλύτεροι.

2.4.1 Συστήματα ≤ 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 που 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 (Ν. 3468/06 & εγκύκλιος ΥΠΕΧΩΔΕ, Α.Π. Οικ. 107100, 29-8-2006).

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

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος– Χωροταξίας (ΔΠΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ 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 ≤ 500 kWp χαρακτηρίζονται πλέον ως “μη οχλούσες δραστηριότητες”.

Διαδικασίες υποκατηγορίας Β4

Αν η ΔΠΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία Β4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΠΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.
5. Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

<p>Απαιτούμενος χρόνος αδειοδότησης πριν την εκτέλεση έργου ≤ 20 kWp 0-90 ημέρες (0-3 μήνες)</p>

2.4.2 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 (ΔΠΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ 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 επίπλες). 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. Λέμε ‘λογικά’ γιατί σύμφωνα με την ΚΥΑ της 4-11-2004, (Δ6/Φ1/Οικ.19500), τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος ≤ 500 kWp χαρακτηρίζονται πλέον ως “μη οχλούσες δραστηριότητες”, ενώ τα συστήματα άνω των 500 kWp κατατάσσονται στις δραστηριότητες χαμηλής όχλησης.

Διαδικασίες υποκατηγορίας Β4

Αν η ΔΠΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία Β4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΠΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο

Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.
5. Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση της ΠΠΕΑ έχει ως εξής:

1. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
2. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
3. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 20 ημερών.
4. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Διευθυντή της ΔΙΠΕΧΩ της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων έχει ως εξής:

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στη ΔΙΠΕΧΩ.
2. Αν ο φάκελος (ο οποίος εν τω μεταξύ απαιτεί και πλήρη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων) δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΙΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΙΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 40 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

<p>Απαιτούμενος χρόνος αδειοδότησης πριν την εκτέλεση έργου 20-150 kWp 75-210 ημέρες (2,5-7 μήνες)</p>

2.4.3 Συστήματα 150-2.000 kWp

Απαιτούνται:

- I. Πριν την εγκατάσταση της μονάδας
 1. Άδεια Παραγωγής
 2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
 3. Άδεια Εγκατάστασης

- II. 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 (ΔΠΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας. Εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ 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).

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση της ΠΠΕΑ έχει ως εξής:

1. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΠΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
2. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
3. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 20 ημερών.
4. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Διευθυντή της ΔΠΠΕΧΩ της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων έχει ως εξής:

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στη ΔΠΠΕΧΩ.
2. Αν ο φάκελος (ο οποίος εν τω μεταξύ απαιτεί και πλήρη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων) δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΠΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 40 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Διαδικασίες υποκατηγορίας B4

Αν η ΔΠΠΕΧΩ κρίνει ότι το έργο πρέπει να υπαχθεί στην υποκατηγορία B4, τότε ο Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας εκδίδει εντός 5 ημερών από την εισήγηση της ΔΠΠΕΧΩ σχετική απόφαση την οποία διαβιβάζει στο οικείο Νομαρχιακό Συμβούλιο προκειμένου να ενημερωθούν οι πολίτες και να υποβάλλουν τυχόν ενστάσεις. Παράλληλα, η απόφαση διαβιβάζεται και στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας για να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία για έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στην Υπηρεσία Περιβάλλοντος της οικείας Νομαρχίας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 5 ημερών, η Υπηρεσία Περιβάλλοντος τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 15 ημερών.
5. Η απόφαση έγκρισης ή μη των περιβαλλοντικών όρων εκδίδεται από τον Νομάρχη εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

<p>Απαιτούμενος χρόνος αδειοδότησης πριν την εκτέλεση έργου 150-2.000 kWp 165-270 ημέρες (5,5-9 μήνες)</p>

Άδεια λειτουργίας

Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο, από τα αρμόδια όργανα, της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο, από το Κ.Α.Π.Ε., της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί.

2.4.4 Συστήματα >2.000 kWp

Απαιτούνται:

- I. Πριν την εγκατάσταση της μονάδας
 1. Άδεια Παραγωγής
 2. Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων
 3. Άδεια Εγκατάστασης
- II. 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 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):

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση της ΠΠΕΑ έχει ως εξής:

1. Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει αίτηση διενέργειας ΠΠΕΑ στη ΡΑΕ, η οποία τη διαβιβάζει στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος-Χωροταξίας (ΔΠΠΕΧΩ) της οικείας Περιφέρειας.
2. Αν ο φάκελος δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΠΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 20 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Διευθυντή της ΔΠΠΕΧΩ της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Η διαδικασία της κατηγορίας Α2 για την έγκριση των περιβαλλοντικών όρων έχει ως εξής:

1. Υποβολή αίτησης στη Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης (ΔΙΣΑ) της οικείας Περιφέρειας η οποία τη διαβιβάζει στη ΔΠΠΕΧΩ.
2. Αν ο φάκελος (ο οποίος εν τω μεταξύ απαιτεί και πλήρη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων) δεν θεωρηθεί πλήρης από τη ΔΠΠΕΧΩ, εντός 10 ημερών ζητά συμπληρωματικά στοιχεία.
3. Όταν ο φάκελος θεωρηθεί πλήρης, εντός 10 ημερών, η ΔΠΠΕΧΩ τον διαβιβάζει για γνωμοδότηση σε διάφορους φορείς.
4. Οι φορείς αυτοί πρέπει να γνωμοδοτήσουν εντός 40 ημερών.
5. Η θετική γνωμοδότηση ή αρνητική απόφαση επί της ΠΠΕΑ εκδίδεται από τον Γενικό Γραμματέα της οικείας Περιφέρειας εντός 10 ημερών από την εισήγηση.

Απαιτούμενος χρόνος αδειοδότησης πριν την εκτέλεση έργου >2.000 kWp 180-270 ημέρες (6-9 μήνες)
--

Άδεια λειτουργίας

Η άδεια αυτή χορηγείται με απόφαση του οργάνου που είναι αρμόδιο για τη χορήγηση της άδειας εγκατάστασης, μετά από αίτηση του ενδιαφερομένου και έλεγχο, από τα αρμόδια όργανα, της τήρησης των τεχνικών όρων εγκατάστασης κατά τη δοκιμαστική λειτουργία του σταθμού, καθώς και έλεγχο, από το Κ.Α.Π.Ε., της διασφάλισης των αναγκαίων λειτουργικών και τεχνικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού του σταθμού. Η άδεια λειτουργίας εκδίδεται εντός αποκλειστικής προθεσμίας δεκαπέντε (15) ημερών από την ολοκλήρωση των ανωτέρω ελέγχων, εφόσον αυτοί αποβούν θετικοί.

3 Φωτοβολταϊκά συστήματα



ΚΑΠΕ, κτίριο φ/β συστημάτων

3.1 Γενικά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες :

- Τα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα.
- Τα αυτόνομα συστήματα.

Και τα δυο έχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι στα πρώτα υπάρχει σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. και η ενέργεια που παράγεται περνάει σε αυτό, ενώ στα δεύτερα δεν υπάρχει τέτοια σύνδεση και η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται για ίδια κατανάλωση.

3.2 Μονάδες φωτοβολταϊκών συστημάτων

Και τα δυο συστήματα αποτελούνται από επιμέρους μονάδες οι οποίες συνήθως είναι οι εξής :

- Διασυνδεδεμένα συστήματα.
 - Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.
 - Πίνακας ελέγχου.
 - Αντιστροφέας τάσης.
 - Μετρητής Δ.Ε.Η.
- Αυτόνομα συστήματα.
 - Φωτοβολταϊκό πλαίσιο.
 - Πίνακας ελέγχου.
 - Ρυθμιστής φόρτισης.
 - Συσσωρευτής.
 - Αντιστροφέας τάσης.

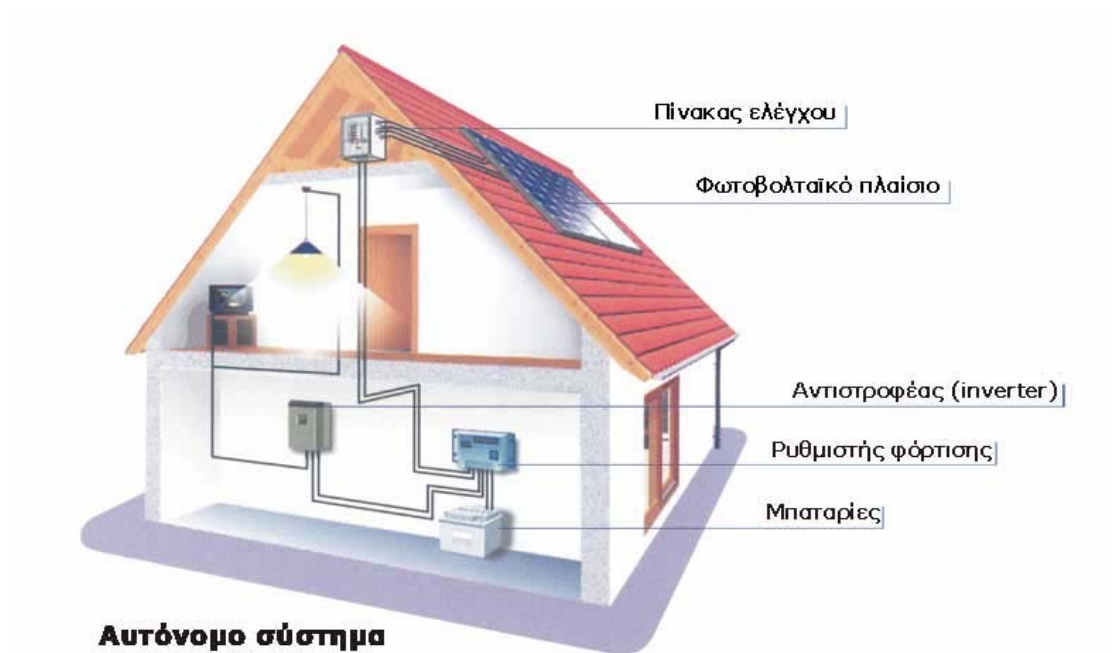
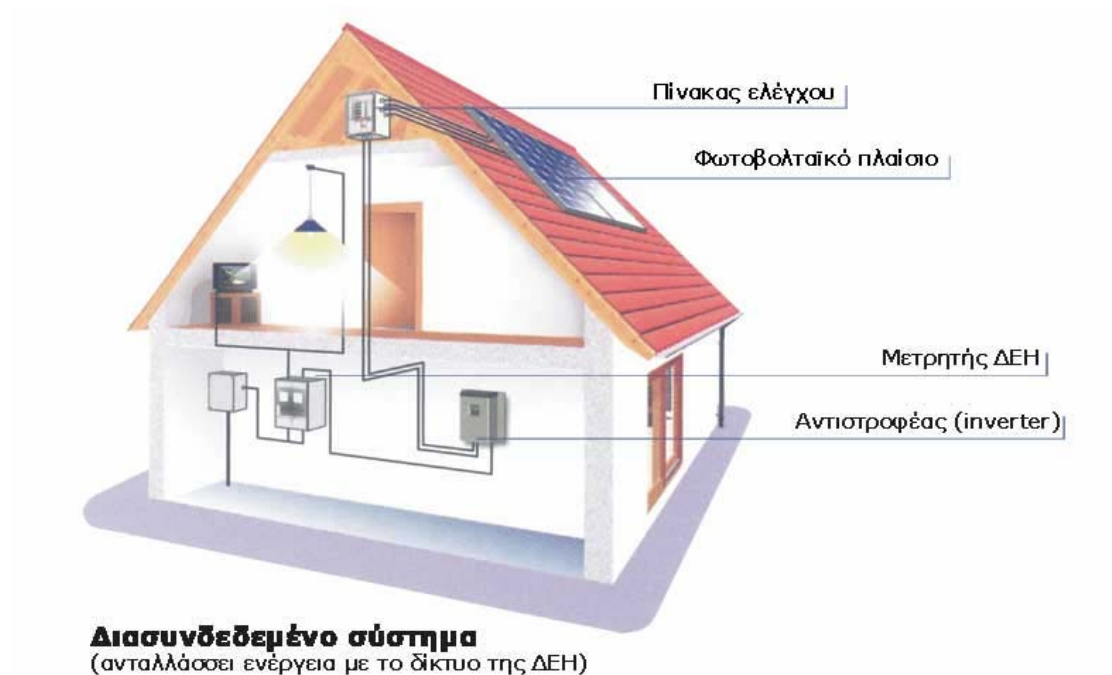
Στο σχήμα 3-1 φαίνονται οι διατάξεις των δυο αυτών συστημάτων.

3.2.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

[5] , [9]

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο αποτελείται από πολλές φωτοβολταϊκές κυψέλες που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η φ/β κυψέλη είναι η στοιχειώδης μονάδα ενός φ/β συστήματος γιατί εκεί μετατρέπεται η ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Υπάρχουν πολλά είδη φ/β κυψελών διαθέσιμα στην αγορά και πολλά άλλα υπό ανάπτυξη. Χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά και διατάξεις με στόχο τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τη συσκευή με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Έχουν κατασκευασθεί κυψέλες σε εργαστηριακό περιβάλλον με απόδοση που ξεπερνά το 30%. Ωστόσο η απόδοση αυτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι περίπου η μισή.



Σχήμα 3-1 : Διασυνδεδεμένο και αυτόνομο σύστημα (ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ, Σύνδεσμος εταιρειών φωτοβολταϊκών)

3.2.1.1 Είδη ηλιακών κυψελών

[1], [5]

Τα είδη κυψελών, που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην αγορά είναι τα εξής :

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου.
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου.
- Λεπτής μεμβράνης (Thin-film).
- Υβριδικά.

Κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου [1]

Κατασκευάζονται από καθαρό μονοκρυσταλλικό πυρίτιο το οποίο προέρχεται από ένα μικρό «γόνιο» κρύσταλλο, που αποσπάται με αργό ρυθμό από την τηγμένη μάζα του λιγότερου καθαρού πολυκρυσταλλικού πυριτίου. Αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα καθαρού κρυσταλλικού πυριτίου του οποίου το πάχος είναι 200 – 400 μm. Επίσης γίνεται τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος το οποίο λειτουργεί ως ηλεκτρική επαφή και έτσι επιτυγχάνεται η λειτουργία του ως ηλιακή κυψέλη. Οι μονοκρυσταλλικές ηλιακές κυψέλες παρουσιάζουν την υψηλότερη απόδοση και το υψηλότερο κόστος από όλες τις κυψέλες πυριτίου.

Κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου [1]

Οι κυψέλες αυτές κατασκευάζονται από μεγάλες ορθογώνιες ράβδους καθαρού πυριτίου σε ειδικούς κλιβάνους στους οποίους ψύχεται αργά τήγμα πυριτίου για τη δημιουργία μεγάλων κρυστάλλων. Επειδή προκύπτουν απευθείας από ορθογώνιες ράβδους οι πολυκρυσταλλικές κυψέλες είναι συνήθως τετράγωνης μορφής και μεγαλύτερου μεγέθους από αυτές από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς και έχουν και λίγο χαμηλότερη απόδοση από αυτές.

Κυψέλες λεπτής μεμβράνης [1] , [7]

Η τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών χρησιμοποιεί πολύ λεπτά στρώματα (πάχους λίγων μικρών) του ημιαγωγού και με τον τρόπο αυτό μειώνεται το κόστος. Τα πιο γνωστά υλικά που χρησιμοποιούνται στις κυψέλες αυτές είναι :

- Άμορφο πυρίτιο (a-Si).
- Copper Indium Diselenide (CIS).
- Cadmium Telluride (CdTe).
- Gallium Arsenide (GaAs).

Με τα δυο πρώτα να είναι τα σημαντικότερα.

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό στο ότι τα άτομα δεν είναι τοποθετημένα σε ακριβείς αποστάσεις μεταξύ τους και οι γωνίες των δεσμών τους δεν είναι συγκεκριμένες. Σήμερα ένα εμπορικό φ/β πλαίσιο με κυψέλες άμορφου πυριτίου έχει απόδοση 6-8%, ενώ οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού ή πολυκρυσταλλικού πυριτίου έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται στο 11-14%.

Λεπτό στρώμα άμορφου πυριτίου τοποθετείται σε φύλλο γυαλιού, το οποίο έχει καλυφθεί από διάφανο οξείδιο του κασσιτέρου. Στην πίσω επιφάνεια τοποθετείται μεταλλικός αγωγός και στη συνέχεια η όλη διάταξη κόβεται με laser για την παραγωγή μιας σειράς ηλεκτρικά συνδεδεμένων άλλα ξεχωριστών στοιχείων και στο τέλος γίνεται η ενσωμάτωση τους σε μια φ/β μονάδα.

Υβριδικές κυψέλες [7]

Για να επιτευχθεί ουσιώδης βελτίωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών κυψελών έπρεπε να γίνει κάποια σημαντική αλλαγή. Σε μια προσπάθεια να γίνει αυτό έγινε μελέτη στη χρήση υβριδικών δομών, στις οποίες κυψέλες με διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός συνδέονται μαζί. Αυτό επιτρέπει να πετύχουμε καλύτερα χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υλικά και διαδικασίες.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας δομής με πολλά στρώματα είναι τα εξής :

- Είναι δυνατόν να απορροφηθεί το φως σε μια πιο πλατιά φασματική περιοχή, δηλαδή αποτελεσματικότερα.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλότερες τάσεις ανοιχτού κυκλώματος.
- Είναι δυνατόν να πέσει σε κάποιο βαθμό ο ρυθμός μείωσης της απόδοσης των κυψελών, ο οποίος οφείλεται σε φαινόμενα οπτικής υποβάθμισης που παρατηρούνται όταν χρησιμοποιούνται υλικά άμορφου πυριτίου.

Πίνακας 3.1

Συγκριτικός πίνακας τεχνολογιών φωτοβολταϊκών				
Τύπος	Λεπτής μεμβράνης	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	Υβριδικά
Απόδοση	Άμορφα : 5-7% CIS : 7-10%	11-14%	13-16%	16-17%
Επιφάνεια ανά KWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 m ²	6-7 m ²

3.2.1.2 Υπολογισμός απόδοσης ηλιακής κυψέλης

[1]

Όλες οι ηλιακές κυψέλες έχουν ένα βαθμό απόδοσης ο οποίος ονομάζεται ονομαστικός και αναφέρεται στην απόδοση της κυψέλης κάτω από μια ορισμένη θερμοκρασία που ονομάζεται θερμοκρασία αναφοράς.

Σχεδόν ποτέ όμως μια κυψέλη δεν λειτουργεί στην θερμοκρασία αναφοράς και ποτέ δε λειτουργεί σε σταθερή θερμοκρασία. Άλλη είναι η θερμοκρασία το καλοκαίρι και άλλη το χειμώνα. Ακόμα και την ίδια ημέρα άλλη θερμοκρασία έχουμε αν συννεφιάσει και άλλη αν έχει ηλιοφάνεια. Για το λόγο αυτό πρέπει να υπολογίσουμε την απόδοση της κυψέλης στην θερμοκρασία που έχουμε κάθε φορά. Οι σχέσεις που ακολουθούνται για τον υπολογισμό αυτό είναι οι ακόλουθες.

Η μέση απόδοση μιας φ/β κυψέλης δίνεται από τη σχέση :

$$\eta_p = \eta_r [1 - \beta_p (T_c - T_r)] \quad (3.1)$$

όπου

β_p είναι ο συντελεστής θερμοκρασίας για την απόδοση της φ/β κυψέλης και δίνεται από τον κατασκευαστή

η_r είναι ο βαθμός απόδοσης της φ/β κυψέλης στη θερμοκρασία αναφοράς T_r (25°C)

T_c είναι η θερμοκρασία που συνδέεται με την μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος

Για την θερμοκρασία T_c ισχύει ο τύπος του Evans :

$$T_c - T_a = (219 + 832\bar{k}_T) \frac{NOCT - 20}{800} \quad (3.2)$$

όπου

NOCT (Normal Operation Cell Temperature) δίνεται από τον κατασκευαστή

K_T είναι ο μέσος μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας

Αν η κλίση των φ/β κυψελών είναι διαφορετική από τη βέλτιστη ($\beta = |\varphi - \delta|$) τότε γίνεται χρήση της σχέσης :

$$T_c - T_a = C_f (219 + 832\bar{k}_T) \frac{NOCT - 20}{800} \quad (3.3)$$

όπου

C_f διορθωτικός συντελεστής που είναι ίσος με :

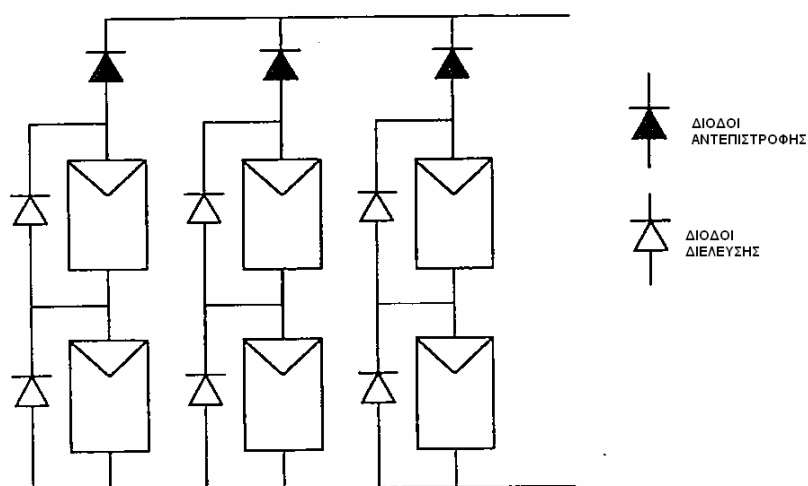
$$C_f = 1 - 1,17 \cdot 10^{-4} (\beta_m - \beta)^2 \quad (3.4)$$

όπου β_m είναι η βέλτιστη κλίση συλλέκτη ($\beta_m = |\varphi - \delta|$)

3.2.1.3 Σύνδεση φωτοβολταϊκών πλαισίων

[6]

Μια σχηματική παράσταση συνδεδεμένων φ/β πλαισίων φαίνεται στο σχήμα 3-2. Εκτός από τα πλαίσια στη συνδεσμολογία περιλαμβάνονται δίοδοι αντεπιστροφής και δίοδοι διέλευσης (βλ. παρ. 3.2.5). Αυτές οι δίοδοι προστατεύουν τα πλαίσια και τα αποτρέπουν από το να φέρονται σαν φορτία τη διάρκεια της νύχτας. Τα φ/β πλαίσια συνδέονται στη σειρά ώστε να σχηματίζουν συστοιχίες, όπου ο αριθμός των πλαισίων N_s καθορίζεται από την συνεχή τάση που θέλουμε και οι παράλληλες συστοιχίες N_p από την ένταση του ρεύματος που θέλουμε. Για παράδειγμα η τάση εξόδου για τους συλλέκτες του σχήματος 3-2 θα είναι διπλάσια από την τάση του κάθε πλαισίου και η ένταση του ρεύματος θα είναι τριπλάσια από την ένταση κάθε πλαισίου ξεχωριστά ($N_s = 2$ και $N_p = 3$)



Σχήμα 3-2 : Σύνδεση φ/β πλαισίων

3.2.1.4 Στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων

[1], [6]

Οι κατασκευές στήριξης των φ/β πλαισίων πρέπει να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

- Αντίσταση στον αέρα.
- Χαμηλό κόστος.
- Αποφυγή σκιασμού.
- Εύκολη προσέγγιση ώστε να είναι δυνατός ο καθαρισμός των φ/β μονάδων.

Η κατασκευή πρέπει να διαθέτει ύψος ώστε να μην κινδυνεύουν οι μονάδες από την βλάστηση ή από πέτρες, αλλά ταυτόχρονα να είναι δυνατός ο εύκολος καθαρισμός τους. Επειδή οι φ/β μονάδες είναι πολύ ακριβές θα πρέπει να είναι πολύ καλά στερεωμένες για να είναι δύσκολη η κλοπή τους. Επίσης είναι απαραίτητη η χρήση φράχτη για να εμποδίζεται η είσοδος σε όσους δεν έχουν σχέση με το έργο και να αποφεύγονται τυχόν βανδαλισμοί και καταστροφές από ζώα. Τέλος οι μονάδες θα πρέπει να είναι σε κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους και από τον φράχτη ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα σκιασμού.

Οι κατασκευές στήριξης των φ/β πλαισίων χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- Σταθερές κατασκευές.
- Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σ' έναν άξονα.
- Κατασκευές με δυνατότητα περιστροφής σε δυο άξονες.

Οι σταθερές κατασκευές είναι οι πιο απλές. Τα πλαίσια τοποθετούνται σε συγκεκριμένο προσανατολισμό και κλίση και παραμένουν έτσι για όλη τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Έχουν το χαμηλότερο κόστος αλλά λόγω της σταθερής τους θέσης έχουμε και τη μικρότερη παραγωγή ενέργειας.

Οι κινήσεις του εδάφους και η σύνθεση της ατμόσφαιρας οδηγούν στη διαρκή αλλαγή της απόδοσης και της κατεύθυνσης των ανακλώντων ακτίνων του ηλίου. Έτσι οι κυψέλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων σταθερής συναρμολόγησης μπορούν να μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια μόνο ένα κλάσμα της ενέργειας του φωτός που εκπέμπει ο ήλιος. Τα προγραμματιζόμενα συστήματα ανίχνευσης στρέφουν τα φ/β στοιχεία πάντοτε προς τον ήλιο κι έτσι η γωνία πρόσπτωσης παραμένει σταθερή και η ένταση του φωτός διατηρείται και μαζί της η ενέργεια. Έτσι χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά όχι μόνο οι ώρες της ηλιοφάνειας, αλλά και το διάχυτο φως – όλο το έτος -, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλιακής ενέργειας. Η αύξηση είναι της τάξης του 20 - 25% με μονοαξονικά, 35 - 45% με διαξονικά συστήματα κι έτσι έχουμε μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα, γρηγορότερη απόσβεση του κόστους κτήσης και κατά συνέπεια μεγαλύτερο κέρδος.

3.2.2 Αντιστροφείας τάσης

[5]

Οι αντιστροφείς τάσης είναι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε συνδεδεμένα με το δίκτυο φ/β συστήματα αλλά και σε αυτόνομα συστήματα με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες.

3.2.2.1 Αντιστροφείς τάσης για συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα

Ο σχεδιασμός ενός συνδεδεμένου με το δίκτυο φ/β συστήματος αρχίζει με την επιλογή ενός κατάλληλου αντιστροφέα τάσης. Αυτό καθορίζει την τάση του συνεχούς ρεύματος που θα έχει το σύστημα και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα επιλέγονται και οι κατάλληλοι συλλέκτες. Ο αντιστροφέας είναι η δεύτερη σημαντικότερη μονάδα του συστήματος μετά τους συλλέκτες. Δουλειά του είναι να μετατρέπει την συνεχή τάση που παράγεται στους συλλέκτες σε εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50Hz η οποία προωθείται στο δίκτυο. Σε αντίθεση με τους αντιστροφείς των αυτόνομων συστημάτων, αυτοί των συνδεδεμένων πρέπει να αντιδρούν το ίδιο στις μεταβολές των χαρακτηριστικών του δικτύου ηλεκτροδότησης και στις μεταβολές της απόδοσης των συλλεκτών. Αφού όλο το παραγόμενο ρεύμα περνά από αυτόν τα χαρακτηριστικά του επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος.

Εκτός από την απόδοση στη μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, τα ηλεκτρονικά του αντιστροφέα περιλαμβάνουν συστήματα που είναι υπεύθυνα για την ημερήσια λειτουργία του συστήματος. Φροντίζουν η λειτουργία να ξεκινά την κατάλληλη στιγμή το πρωί, όταν οι συλλέκτες παράγουν αρκετή ενέργεια. Ανεπιτυχής έναρξη της λειτουργίας απαιτεί ενέργεια από το δίκτυο και πρέπει να αποφεύγεται. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το βέλτιστο σημείο λειτουργίας στην καμπύλη I-V μεταβάλλεται ανάλογα με τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των συλλεκτών. Ο «έξυπνος» έλεγχος του μετατροπέα περιλαμβάνει παρακολούθηση του σημείου μέγιστης ενέργειας και συνεχή ρύθμιση στο βέλτιστο κάθε φορά σημείο λειτουργίας. Επίσης υπάρχουν

συστήματα που αυτόματα αποσυνδέουν το σύστημα αν εμφανισθούν ανωμαλίες στο δίκτυο ή στους συλλέκτες.

Σήμερα τα περισσότερα μοντέλα αντιστροφών τάσης είναι εξοπλισμένα με συστήματα που επιτρέπουν τη συνεχή μέτρηση της ισχύος, της τάσης, του ρεύματος και άλλων λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος. Τα δεδομένα αυτά μπορούν στη συνέχεια να συλλεχθούν και να αναλυθούν με τη χρήση Η/Υ.

3.2.2.2 Αντιστροφείς τάσης για αυτόνομα συστήματα

Εξαιτίας των ειδικών συνθηκών λειτουργίας των αντιστροφών των αυτόνομων συστημάτων, χρησιμοποιείται διαφορετικός σχεδιασμός. Σ' ένα τυπικό οικιακό σύστημα, ο λόγος της ονομαστικής ισχύος προς τη μέση ισχύ είναι περίπου 25:1. Για το λόγο αυτό ο αντιστροφέας πρέπει να έχει υψηλή απόδοση γύρω στο 90%, στα μερικά φορτία και συγκεκριμένα στην περιοχή του 5-10% της ονομαστικής ισχύος. Λίγοι αντιστροφείς ικανοποιούν τις συνθήκες αυτές, μαζί με έξοδο τάσης με καμπυλοειδή κυματομορφή, και την ικανότητα να αντέχει μικρής διάρκειας υπερφορτώσεις. Ανάλογα τις απαιτήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθούν τετραγωνικής και καμπυλοειδούς κυματομορφής.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας αντιστροφέας τάσης αυτόνομου συστήματος είναι τα ακόλουθα :

- Μεγάλο εύρος τάσης εισόδου (-10% με +30% της ονομαστικής τάσης).
- Τάση εξόδου όσο το δυνατόν πιο κοντά στην καμπυλοειδή κυματομορφή.
- Μικρή διακύμανση στην συχνότητα και τάση εξόδου.
- $\pm 8\%$ σταθερότητα τάσης, $\pm 2\%$ σταθερότητα συχνότητας.
- Υψηλό βαθμό απόδοσης στα μερικά φορτία. Βαθμό απόδοσης τουλάχιστον 90% στο 10% του φορτίου.
- Ικανότητα να υπομένει μικρής διάρκειας υπερφορτώσεις για τις συνθήκες εκκίνησης συσκευών. Για παράδειγμα 2 με 3 φορές την ονομαστική ένταση του ρεύματος για 5s για το ψυγείο και το πλυντήριο.
- Ελάχιστες δυνατές υπερ-τάσεις για επαγωγικά και χωρητικά φορτία.
- Ικανότητα να αντέχει βραχυκύκλωμα.

3.2.3 Συσσωρευτής (Μπαταρία)

[5], [7]

Τα αυτόνομα (μη διασυνδεδεμένα) φωτοβολταϊκά συστήματα απαιτούν την αποθήκευση της ενέργειας ώστε να έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και σε περιόδους με καθόλου ή λίγη ηλιακή ακτινοβολία, όπως κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά τη διάρκεια συννεφιάς. Η πιο βολική λύση για αποθήκευση ενέργειας σε ένα φ/β σύστημα είναι ο κλασικός ηλεκτροχημικός συσσωρευτής (μπαταρία), ειδικά

αφού παράγεται συνεχές ρεύμα και έτσι επιτρέπεται η απευθείας σύνδεση μεταξύ ηλιακών κυψελών και μπαταρίας χωρίς να χρειάζεται μετατροπή.

Ωστόσο η εμπειρία έχει δείξει ότι σε ένα αυτόνομο φ/β σύστημα η μπαταρία είναι το πιο αδύνατο σημείο, καθώς η διάρκεια ζωής της είναι γενικά πολύ μικρότερη από όλες τις άλλες μονάδες του συστήματος. Έτσι το 30% περίπου ή και περισσότερο από τα έξοδα κατά τη διάρκεια ζωής ενός τέτοιου συστήματος δαπανείται στις μονάδες αποθήκευσης.

Τυπικά η μπαταρία σε ένα αυτόνομο φ/β σύστημα είναι διαστασιολογημένη ώστε να διασφαλίζει ότι εφόσον η ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί, τα φορτία που πρέπει, μπορούν να καλυφθούν για τουλάχιστον 3-4 ημέρες. Το αποτέλεσμα της διαστασιολόγησης αυτής είναι ότι το ποσοστό της ημερήσιας εκφόρτισης μιας μπαταρίας φ/β συστήματος είναι περίπου 25% με 30% της θεωρητικής χωρητικότητας της. Επιπλέον η διαστασιολόγηση των φ/β κυψελών συνήθως γίνεται για την κάλυψη όλων των φορτίων που έχουμε υπό συνθήκες μέσης ακτινοβολίας της περιοχής. Αυτές οι δυο βασικές υποθέσεις μας επιτρέπουν να συμπεράνουμε τις τυπικές συνθήκες λειτουργίας για μια μπαταρία σε ένα αυτόνομο φ/β σύστημα.

- Λειτουργία με περίσσεια ενέργειας : Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κάθε φ/β σύστημα λειτουργεί υπό συνθήκες περίσσειας ενέργειας, καθώς είναι σχεδιασμένο για συνθήκες χαμηλότερης μέσης ηλιακής ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα η μπαταρία φτάνει τη μέγιστη τάση φόρτισης της σχεδόν κάθε μέρα το μεσημέρι και μέχρι το απόγευμα είναι πλήρως φορτισμένη. Κατά τη διάρκεια της νύχτας η μπαταρία εκφορτίζεται και το πρωί με την ανατολή του ηλίου έχει φτάσει στην ελάχιστη κατάσταση εκφόρτισης, περίπου στο 70% της θεωρητικής χωρητικότητας της. Κατά τη διάρκεια της επόμενης ημέρας πραγματοποιείται πάλι ο ίδιος κύκλος φόρτισης και έχουμε και πάλι πλήρη φόρτιση μέχρι το απόγευμα. Αυτές είναι οι ευνοϊκότερες συνθήκες λειτουργίας για την μπαταρία του φ/β συστήματος.
- Λειτουργία με έλλειψη ενέργειας : Κατά τη διάρκεια του χειμώνα αν δεν έχει γίνει σημαντική υπερδιαστασιολόγηση, το ίδιο φ/β σύστημα λιγότερο ή περισσότερο συχνά αντιμετωπίζει συνθήκες λειτουργίας έλλειψης ενέργειας. Κάθε φορά που ο ουρανός θα είναι συννεφιασμένος (έλλειψη άμεσης ακτινοβολίας) και η συννεφιά θα παραμένει για μερικές ημέρες, η κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας σταδιακά θα μειώνεται και αργά η γρήγορα η τάση της θα πέσει κάτω από την ελάχιστη τάση εκφόρτισης. Αν ο χρήστης δεν μειώσει εκουσίως την κατανάλωση το αποτέλεσμα θα είναι η προστασία βαθιάς εκφόρτισης της μπαταρίας να διακόψει την παροχή ρεύματος. Η διακοπή θα συνεχιστεί μέχρι η μπαταρία να φορτιστεί και πάλι κατά την διάρκεια της επόμενης ηλιόλουστης ημέρας και να φτάσει ένα ικανοποιητικό επίπεδο τάσης.
- Λειτουργία με κύκλους διακύμανσης ενέργειας : Κατά τη διάρκεια των ημερών που η μπαταρία δεν φορτίζεται στο 100% και ούτε πέφτει στην ελάχιστη τάση εκφόρτισης, λειτουργεί σε μια κατάσταση διακύμανσης που είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Ωστόσο σε σχέση με τις δυο προηγούμενες καταστάσεις λειτουργίας αυτή η ενδιάμεση κατάσταση έχει πολύ μικρή

σημασία για την διάρκεια ζωής της μπαταρίας γιατί δεν εμφανίζεται τόσο συχνά όσο οι άλλες δυο.

Οι συνθήκες λειτουργίας και η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας φ/β συστήματος καθορίζονται βασικά από τον αριθμό των ημερών που η μπαταρία φορτίζεται στο 100% (που είναι το ιδανικό) και των αριθμό των ημερών που φτάνει την ελάχιστη τάση εκφόρτισης. Αν οι κυψέλες έχουν διαστασιολογηθεί να είναι μικρές για τα φορτία που θα τροφοδοτούν, η μπαταρία θα φτάνει πιο συχνά την ελάχιστη αυτή τάση και η διάρκεια ζωής της θα είναι μικρότερη. Αν αντιθέτως οι συλλέκτες είναι υπερδιαστασιολογημένοι η μπαταρία θα φτάνει στο 100% σχεδόν κάθε μέρα του χρόνου και η διάρκεια ζωής της θα είναι μεγαλύτερη.

Από τη στιγμή που η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι ένας από τους παράγοντες «κλειδιά» για το κόστος κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος, κάποιος πρέπει να ακολουθήσει μια σειρά από κανόνες όταν στοχεύει στη μεγιστοποίηση της. Πρέπει να επιλέξει την κατάλληλη τεχνολογία που ταιριάζει στην εφαρμογή του, να επιλέξει κατάλληλα το ανώτατο όριο φόρτισης και το κατώτατο όριο εκφόρτισης, να αποφύγει τις πλήρεις εκφορτίσεις (κάτω του κατώτατου ορίου εκφόρτισης), να αποφύγει τη δημιουργία στρωμάτων οξέως στον ηλεκτρολύτη, να αποφύγει τις υψηλές θερμοκρασίες μπαταρίας, να εξασφαλίσει συχνές πλήρεις φορτίσεις.

3.2.3.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη μπαταρίας

- Το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται σε μια μπαταρία μετριέται σε Wh ή KWh. Η ενεργειακή απόδοση μιας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας είναι :

$$\frac{\text{Ενέργεια από πλήρη εκφόρτιση σε Wh}}{\text{Απαιτούμενη ενέργεια για πλήρη φόρτιση σε Wh}}$$

και είναι συνήθως 70-80%.

- Η χωρητικότητα της μπαταρίας μετριέται σε Ah. Η απόδοση φόρτισης είναι :

$$\frac{\text{Ah για πλήρη εκφόρτιση}}{\text{Ah για πλήρη φόρτιση}}$$

και είναι περίπου 95% για μια μπαταρία οξέως – μολύβδου, και λίγο μικρότερη για μια νικελίου – καδμίου.

- Οι ρυθμοί φόρτισης και εκφόρτισης είναι βολικές κλίμακες για τη σύγκριση των ρευμάτων φόρτισης των μπαταριών, ανεξάρτητα από τη χωρητικότητά τους. Εκφράζονται σαν ένας αριθμός ωρών π.χ. 10ωρος ρυθμός, 24ωρος ρυθμός κ.τ.λ. Το ρεύμα στο οποίο αντιστοιχούν είναι το πηλίκο της συνολικής ικανότητας εκφόρτισης της μπαταρίας προς τον αριθμό των ωρών που χρειάζονται για την εκφόρτιση.

$$\text{Ρυθμός (A)} = \frac{\text{Ικανότητα (Ah)}}{\text{Χρόνος (h)}}$$

3.2.3.2 Η χωρητικότητα μιας μπαταρίας δεν είναι σταθερή

Η ονομαστική ικανότητα μιας μπαταρίας (σε Ah) είναι οι μέγιστες Ah που μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία μπορεί να αποδώσει κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές περιλαμβάνουν :

- Το ρεύμα (ή ο ρυθμός) που γίνεται η εκφόρτιση.
- Τη θερμοκρασία λειτουργίας της μπαταρίας.
- Την τάση μέχρι την οποία εκφορτίζεται η μπαταρία (η τελική τάση στο τέλος της εκφόρτισης).

Συγκεκριμένα το ρεύμα εκφόρτισης πρέπει να δηλώνεται μαζί με την χωρητικότητα, αφού για παράδειγμα, μια μπαταρία 100 Ah θα δώσει 10 ώρες εκφόρτισης στα 10 A, λιγότερο από μια ώρα εκφόρτισης στα 100 A και περισσότερες από 100 ώρες στο 1 A. Η χωρητικότητα μεγαλώνει για μικρότερα ρεύματα εκφόρτισης και μικραίνει για μεγαλύτερα ρεύματα.

Στις χαμηλές θερμοκρασίες η χωρητικότητα όλων των μπαταριών μειώνεται. Εάν ένα φ/β σύστημα απαιτεί μια συγκεκριμένη αυτονομία σε κάποιο μήνα που η μπαταρία αναμένεται να υποστεί χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας αυτό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν επιλεγεί η μπαταρία.

Η τάση στην οποία εκφορτίζεται η μπαταρία προφανώς επηρεάζει την χωρητικότητα της. Αν μια μπαταρία εκφορτιστεί μέχρι χαμηλότερη τάση φυσικά και θα δώσει περισσότερες Ah.

3.2.3.3 Τύποι μπαταριών φ/β συστημάτων

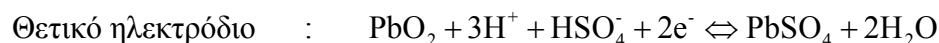
Οι κυριότεροι τύποι επαναφορτιζόμενων μπαταριών που χρησιμοποιούνται σε φ/β συστήματα είναι :

- Μπαταρίες μολύβδου – ασβεστίου (lead – acid).
- Μπαταρίες νικελίου – καδμίου (Ni – Cd).

Μπαταρίες μολύβδου – ασβεστίου

Οι μπαταρίες μολύβδου – ασβεστίου αποτελούνται από δυο ηλεκτρόδια και τον ηλεκτρολύτη. Το θετικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από διοξείδιο του μολύβδου (PbO_2), ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι μεταλλικός μολύβδος Pb. Κατά την εκφόρτιση το διοξείδιο του μολύβδου στην άνοδο μεταπίπτει σε θειικό μολύβδο, και ο μολύβδος στην κάθοδο μεταπίπτει επίσης σε θειικό μολύβδο. Ο ηλεκτρολύτης είναι θειικό οξύ διαλυμένο σε νερό ή σε μορφή ζελέ. Οι αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής :

 Φόρτιση - εκφόρτιση

**Μπαταρίες νικελίου – καδμίου**

Οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου στην φορτισμένη κατάσταση έχουν θετικά ηλεκτρόδια με NiOOH σαν ενεργό υλικό, αρνητικά ηλεκτρόδια με κάδμιο σαν ενεργό υλικό και για ηλεκτρολύτη υδροξείδιο του καλίου σε νερό. Οι βασικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής :

 Φόρτιση - Εκφόρτιση



Σημειώνεται ότι στις μπαταρίες νικελίου – καδμίου δεν υπάρχει συμμετοχή του ηλεκτρολύτη (KOH) ούτε στην αντίδραση φόρτισης ούτε στην αντίδραση εκφόρτισης. Αυτό σημαίνει ότι η συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη δεν μεταβάλλεται ούτε κατά τη φόρτιση ούτε κατά την εκφόρτιση και κατά την αντίδραση εκφόρτισης δεν χρειάζεται να έχουμε επαρκή απόθεμα ιόντων από τον ηλεκτρολύτη για να εξασφαλιστεί ότι έχουμε μέγιστη χωρητικότητα. Και τα δυο αυτά είναι αντίθετα με τη συμπεριφορά των μπαταριών μολύβδου – ασβεστίου.

Στα φ/β συστήματα οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου συνήθως επιλέγονται μόνο όταν η λειτουργία του συστήματος θα γίνεται σε πολύ χαμηλές (υπό το μηδέν) ή σε πολύ υψηλές (πάνω από 40°C) θερμοκρασίες, όπου οι μπαταρίες μολύβδου – ασβεστίου έχουν πρόβλημα και η διάρκεια ζωής τους μειώνεται σημαντικά. Οι μπαταρίες νικελίου – καδμίου είναι περίπου 3-4 φορές ακριβότερες ανά KWh από τις αντίστοιχες μολύβδου – ασβεστίου.

Παρότι μια κυψέλη μπαταρίας νικελίου – καδμίου μπορεί να εκφορτιστεί πλήρως (0 V) χωρίς πρόβλημα, δεν είναι καλό να επιτρέπεται εκφόρτιση μιας μπαταρίας μέχρι πολύ χαμηλές τάσεις. Και αυτό γιατί κάποια κελιά αναπόφευκτα θα έχουν μικρότερη χωρητικότητα από άλλα και αν η εκφόρτιση υπερβεί το όριο, τα μικρότερης χωρητικότητας κελιά θα εμφανίσουν αντίστροφη πολικότητα η οποία θα μειώσει αρκετά τη διάρκεια ζωής τους. Έτσι συνήθως μια μπαταρία νικελίου – καδμίου σε ένα φ/β σύστημα έχει μέγιστο όριο εκφόρτισης το 90%.

3.2.4 Ρυθμιστής φόρτισης

[5]

Παρόλο που ένα φ/β σύστημα μπορεί να λειτουργήσει χωρίς ρυθμιστή φόρτισης και αυτό συμβαίνει συχνά σε μικρά συστήματα, αν θέλουμε να σκεφτούμε την μακροχρόνια λειτουργία των αυτόνομων φ/β συστημάτων πρέπει να αποφύγουμε την υπερφόρτιση και την βαθιά εκφόρτιση της μπαταρίας. Όπως είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο, το κόστος της μπαταρίας κατά τη διάρκεια ζωής ενός φ/β συστήματος κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους λειτουργίας του συστήματος. Και η ζωή της μπαταρίας εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από τον τρόπο που την λειτουργούμε.

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι ο σύνδεσμος μεταξύ του συλλέκτη, της μπαταρίας και του φορτίου. Αποτρέπει την υπερφόρτιση και την βαθιά εκφόρτιση της μπαταρίας. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι τα εξής :

- Μικρή εσωτερική κατανάλωση ρεύματος (<5 mA).
- Υψηλό βαθμό απόδοσης (96% - 98%).
- Διακοπή του φορτίου αν εμφανιστεί βαθιά εκφόρτιση.
- Τακτική φόρτιση σε υψηλότερη τάση.
- Προστασία από αντίστροφη πολικότητα.
- Προστασία από υπερφόρτιση.
- Λειτουργία σε θερμοκρασίες 0 °C – 50 °C.

Όσο αυξάνει η πολυπλοκότητα ενός αυτόνομου συστήματος, τότε πρέπει να λαμβάνονται περισσότερα υπόψη στο σχεδιασμό του. Με κατάλληλη διαχείριση της ενέργειας η χρήση των συλλεκτών και η διάρκεια ζωής ευαίσθητων μονάδων του συστήματος μπορούν να βελτιωθούν. Για το λόγο αυτό συνίσταται το σύστημα να έχει πίνακα ελέγχου που να πληροφορεί το χρήστη για την τρέχουσα κατάσταση του και να του δίνει συμβουλές για το πώς να αντιδράσει σε περίπτωση ανάγκης.

Ο πίνακας ελέγχου είναι η μονάδα στην οποία φαίνεται η κατάσταση του συστήματος κάθε στιγμή. Έχει επικοινωνία με όλες τις μονάδες και μπορεί σε περίπτωση που εμφανισθεί κάποιο πρόβλημα να διακόψει τη λειτουργία, ώστε να προστατευθεί το σύστημα.

3.2.5 Βοηθητικά συστήματα

[1], [5]

Κάθε φ/β σύστημα περιλαμβάνει συνήθως και τα παρακάτω μέρη :

- Δίοδοι αντεπιστροφής (blocking diodes) ώστε να μην επιτρέπεται η αντιστροφή του ρεύματος στα φ/β πλαίσια, κάτι που μπορεί να τα καταστρέψει και να προκαλέσει ενεργειακές απώλειες.
- Δίοδοι διέλευσης (bypass diodes) για τη λειτουργία της συστοιχίας ακόμη και όταν κάποια πλαίσια σκιαστούν.

3.3 Διαστασιολόγηση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος

[1]

Για να είναι σωστά σχεδιασμένο ένα φ/β σύστημα θα πρέπει η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν όλες οι συσκευές του να είναι ίση ή μικρότερη από την ηλεκτρική ενέργεια που παρέχει το φ/β στην ίδια χρονική περίοδο. Για τον σωστό σχεδιασμό του συστήματος πρέπει να είναι γνωστά τα παρακάτω μεγέθη για κάθε συσκευή :

- Το είδος της τάσης λειτουργίας της (συνεχής ή εναλλασσόμενη) και η συχνότητα για την κανονική λειτουργία της (για εναλλασσόμενη τάση).
- Η τιμή της κανονικής τάσης λειτουργίας της.
- Η ισχύς που καταναλώνει υπό την κανονική τάση λειτουργίας.

Για να υπολογισθεί η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε μια οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να ληφθεί υπόψη η ισχύς κάθε συσκευής και η ώρες λειτουργίας της κατά τη διάρκεια του μήνα. Η ενέργεια που καταναλώνει μια συσκευή (KWh) σε κάποια χρονική περίοδο είναι ίση με το γινόμενο της ισχύος της (KW) επί τις ώρες (h) λειτουργίας της την περίοδο αυτή.

Για να επιλεγεί το κατάλληλο μέγεθος συστήματος ακολουθείται η εξής διαδικασία :

1. Η παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένη επιφάνεια είναι :

$$\frac{E_P}{S} = \eta_p \bar{H}_T$$

όπου H_T η μέση μηνιαία ακτινοβολία στην επιφάνεια των φ/β.

2. Με δεδομένες τις απώλειες του φ/β πλαισίου λ_p η ενέργεια που λαμβάνουμε είναι :

$$\frac{E_A}{S} = \frac{E_P}{S} (1 - \lambda_p)$$

Έτσι με δεδομένη την ενέργεια E_A που θέλουμε να καλύψουμε τις απώλειες λ_p του φ/β πλαισίου, την απόδοση του πλαισίου και την μέση μηνιαία ακτινοβολία που προσπίπτει στα πλαίσια μπορούμε να υπολογίσουμε την ονομαστική ισχύ του συστήματος που χρειαζόμαστε.

3.4 Κόστος φωτοβολταϊκών συστημάτων

[9]

Το κόστος εξοπλισμού και εγκατάστασης για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο είναι περίπου 5-5,5 €/Wp. Στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσει κανείς και τα έξοδα για πιθανή αγορά γης, τη διαμόρφωση και περίφραξη του οικοπέδου, τις μελέτες και τη σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Και πάλι ως τάξη μεγέθους και μόνο, αναφέρουμε πως το συνολικό κόστος είναι περί τα 6 €/Wp. Με άλλα λόγια, μια επένδυση σε ένα φωτοβολταϊκό σταθμό ισχύος 100 kWp είναι της τάξης των 600.000 €, ενώ μια επένδυση ισχύος 1 MWp κοστίζει 5-5,5 εκατ. €. Αν σκοπεύει να βάλει κανείς σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (tracker), θα πρέπει να υπολογίσει ένα 20% παραπάνω στα κόστη του εξοπλισμού.

Τα λειτουργικά κόστη ενός φωτοβολταϊκού σταθμού περιλαμβάνουν τα εξής:

- Κόστος συντήρησης (O&M).
- Κόστος ασφάλισης (υποχρεωτικό για τη δανειοδότηση του έργου).
- Κόστος φύλαξης (συμβόλαιο με εταιρεία security, υποχρεωτικό για τη δανειοδότηση του έργου σε περίπτωση εγκατάστασης σε αγροτεμάχιο).
- Διοικητικά κόστη (λογιστήριο, δημοσίευση ισολογισμών σε περίπτωση ΑΕ και ΕΠΕ, τηλεφωνικά τέλη για αυτόματη αποστολή δεδομένων σε ΔΕΣΜΗΕ-ΔΕΗ).
- Κόστη προσωπικού (π.χ. επιστάτη στην περίπτωση μεγάλων φωτοβολταϊκών σταθμών ή κόστη καθαρισμού των πλαισίων).

Προφανώς, τόσο το μέγεθος του σταθμού όσο και το εταιρικό σχήμα και ο τύπος εγκατάστασης επηρεάζουν τα παραπάνω κόστη. Σε γενικές γραμμές, τα παραπάνω κόστη κυμαίνονται συνήθως από 0,5% έως 2% του συνολικού κόστους της επένδυσης ετησίως.

4 Ιδιωτικό – οικονομική αξιολόγηση



φ/β σύστημα 60 KWp στη Σίφνο (1999)

4.1 Βασικές έννοιες

[1], [3], [4]

Σκοπός της ιδιωτικό-οικονομικής ή χρηματικής ανάλυσης είναι να διερευνήσει την ιδιωτική ή χρηματική αποδοτικότητα του σχεδίου επένδυσης. Η ουσία της είναι να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ απόδοσης (κέρδους) και επενδύομένου κεφαλαίου.

Επειδή η ιδιωτικό-οικονομική αποδοτικότητα, δηλαδή η απόδοση για τον επενδυτικό φορέα έχει κρίσιμη σημασία, η σχετική ανάλυση προχωρά παραπέρα και αξιολογεί ή ελέγχει το βαθμό αξιοπιστίας της αποδοτικότητας από άποψη αβεβαιότητας και ευαισθησίας σε ορισμένες πιθανές εξελίξεις.

4.1.1 Χρηματοροή

[1], [3], [4]

Χρηματοροή καλείται μια πληρωμή (δαπάνη) ή είσπραξη (έσοδο) που πραγματοποιείται μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Θετικές χρηματοροές (ταμειακές εισροές) θεωρούνται όλες οι εισροές μετρητών από τους χρηματοδοτικούς πόρους (ιδία κεφάλαια, δανεισμός, πιστώσεις κλπ) και τα έσοδα πωλήσεων της μονάδας (εισπράξεις).

Αρνητικές χρηματοροές (ταμειακές εκροές) θεωρούνται οι συνολικές επενδύσεις και εγκαταστάσεις, το λειτουργικό κόστος, η εξυπηρέτηση των δανείων, οι πληρωμές των φόρων και οι λοιπές πληρωμές που μπορεί να πραγματοποιηθούν.

Η αξία μιας χρηματοροής εξαρτάται από την χρονική στιγμή στην οποία αναφερόμαστε, αφού η αξία του χρήματος μεταβάλλεται με το χρόνο με ρυθμό που ονομάζεται επιτόκιο αναγωγής. Επομένως αφού ένα επενδυτικό σχέδιο από μια σειρά χρηματοροών που η κάθε μια από αυτές γίνεται σε διαφορετική χρονική στιγμή αυτές λόγω της χρονικής αξίας του χρήματος δεν είναι ομοιογενείς και συγκρίσιμες. Έτσι γίνεται αναγκαία η αναγωγή όλων των χρηματοροών σε κοινή χρονική βάση.

Αν i το επιτόκιο αναγωγής, S η τελική αξία μετά από n περιόδους χρόνου (π.χ. έτη) μιας παρούσας χρηματοροής και P η παρούσα αξία μιας μελλοντικής χρηματοροής πραγματοποιούμενης μετά από n περιόδους χρόνου (π.χ. έτη), τότε ισχύουν :

$$S = P(1+i)^n$$

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} = S(1+i)^{-n}$$

Ο πρώτος μετασχηματισμός ονομάζεται αναγωγή παρούσας χρηματοροής σε μελλοντική αξία, και μετατρέπει σημερινές αξίες σε ισοδύναμες μελλοντικές με βάση το επιτόκιο αναγωγής.

Ο δεύτερος μετασχηματισμός ονομάζεται αναγωγή μελλοντικής χρηματοροής σε παρούσα αξία και ανάγει αξίες που αναφέρονται σε κάποια χρονική στιγμή στο μέλλον σε σημερινές τιμές.

4.1.2 Πληθωρισμός

[1], [3], [4]

Ο προσδιορισμός της αξίας μιας χρηματοροής δεν εξαρτάται μόνο από τη χρονική αξία του χρήματος. Το φαινόμενο του πληθωρισμού αποτελεί μια άλλη ανεξάρτητη παράμετρο διαχρονικής μείωσης της αξίας του χρήματος. Σε συνθήκες πληθωρισμού με την πάροδο του χρόνου, με το ίδιο χρηματικό ποσό αγοράζονται όλο και λιγότερα αγαθά και υπηρεσίες. Ο πληθωρισμός αντικατοπτρίζεται στην αύξηση των τιμών των αγαθών και υπηρεσιών. Έτσι με τη χρήση ενός δείκτη που εκφράζει την ετήσια ποσοστιαία μεταβολή τους ποσοτικοποιείται το φαινόμενο του πληθωρισμού (συντελεστής πληθωρισμού).

Στην πράξη ο συντελεστής αυτός διαμορφώνεται με βάση τις μεταβολές των τιμών ενός συγκεκριμένου φάσματος καταναλωτικών αγαθών και υπηρεσιών, που θεωρούνται αντιπροσωπευτικά των αναγκών του μέσου καταναλωτή (Δείκτης Τιμών Καταναλωτή = ΔΚΤ). Αν δ_t/δ_0 είναι ο λόγος των τιμών που παίρνει ο ΔΚΤ στην χρονική στιγμή t και 0 αντίστοιχα, ο μέσος συντελεστής πληθωρισμού που εκφράζει την πληθωριστική τάση της περιόδου, δίνεται από τη σχέση:

$$f_t = (\delta_t/\delta_0)^{1/t} - 1$$

Η αξία μιας χρηματοροής μετά από t έτη σε πληθωριστικό περιβάλλον προκύπτει από τη σχέση:

$$S_{t_i} = C \cdot \left(\frac{1+i}{1+f_t} \right)^t$$

Γίνεται φανερό ότι η πραγματική αύξηση της αξίας της χρηματοροής επιτυγχάνεται μόνο όταν το επιτόκιο i είναι μεγαλύτερο από το ρυθμό αύξησης του πληθωρισμού.

Αντίστοιχα η παρούσα αξία μιας χρηματοροής που θα προκύψει μετά από t χρόνια στο μέλλον, σε πληθωριστικό περιβάλλον θα είναι:

$$P_{t_i} = C \cdot \left(\frac{1+i}{1+f_t} \right)^{-t}$$

Τα τελευταία χρόνια πολλές χώρες παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονα πληθωριστικά φαινόμενα. Στις περιπτώσεις αυτές η αξιολόγηση της οικονομικότητας ενός σχεδίου επένδυσης μεταβάλλεται ανάλογα με την επίδραση του πληθωρισμού στις αξίες των χρηματοροών.

Διακρίνονται δύο βασικές μέθοδοι αντιμετώπισης του πληθωρισμού στη διαδικασία αξιολόγησης ενός σχεδίου επένδυσης:

- Μέθοδος σταθερών τιμών. Η μέθοδος αυτή αγνοεί τελείως τον πληθωρισμό, θεωρώντας είτε ότι δεν επηρεάζει αισθητά τις τιμές των χρηματοροών της επένδυσης είτε ότι επηρεάζει στο ίδιο ποσοστό το κόστος και το όφελός της (τις αρνητικές και τις θετικές χρηματοροές). Σ' αυτήν την περίπτωση εφαρμόζονται σταθερές τιμές σε όλα τα μεγέθη και ισχύουν χωρίς καμιά διαφοροποίηση οι εξισώσεις προσδιορισμού της παρούσας (ή μελλοντικής) αξίας της επένδυσης.
- Μέθοδος των πληθωριστικά μεταβαλλόμενων χρηματοροών. Με τη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται διαφορετικοί ρυθμοί πληθωρισμού (τρέχουσες τιμές) στα επί μέρους μεγέθη που υπόκεινται πληθωριστικές μεταβολές κατά την περίοδο της κατασκευής και λειτουργίας του σχεδίου επένδυσης. Οι δυσκολίες πρόβλεψης της μεταβολής των τιμών για κάθε στοιχείο της επένδυσης, επιβάλλει συχνά τη χρησιμοποίηση ενιαίου συντελεστή πληθωρισμού για όλη την επένδυση, και πληθωρίζεται απλά η καθαρή χρηματοροή με τον προβλεπόμενο από την εξέλιξη του ΔΚΤ συντελεστή.

Στην πράξη επειδή όλα τα μεγέθη των χρηματοροών των σχεδίων επένδυσης συνήθως μεταβάλλονται με το ίδιο γενικό ρυθμό πληθωρισμού, ή οι σχετικές μεταβολές των τιμών δεν διαφέρουν σημαντικά, εφαρμόζονται οι τιμές που ισχύουν τη στιγμή που γίνεται η ανάλυση-αξιολόγηση της επένδυσης, δηλαδή χρησιμοποιούνται σταθερές τιμές για όλες τις μελλοντικές αξίες.

Σε περίπτωση όμως που υπάρχουν εναλλακτικά σχέδια επένδυσης, η σύγκριση τους πρέπει να βασίζεται στον υπολογισμό της αποδοτικότητας με την ίδια μέθοδο.

4.1.3 Αποσβέσεις

[1], [3], [4]

Οι αποσβέσεις αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μείωση της αξίας των παγίων περιουσιακών στοιχείων μιας επένδυσης (λόγω φθοράς, τεχνολογικής απαξίωσης κτλ) και θεωρητικά επιτρέπουν την αντικατάστασή τους μετά το τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής τους.

Με τη μέθοδο των αποσβέσεων επιδιώκεται η κατανομή του κόστους παγίων στοιχείων σε όλο το χρόνο ζωής τους και η αντίστοιχη επιβάρυνση του κόστους παραγωγής (με συνέπεια και την αντίστοιχη φορολογική ελάφρυνση). Η επιβάρυνση αυτή δεν αποτελεί πραγματική ταμειακή εκροή κατά τα έτη της παραγωγικής λειτουργίας, αφού η δαπάνη για την απόκτηση του περιουσιακού στοιχείου σημειώθηκε κατά την χρονική στιγμή της απόκτησής του.

Για τον υπολογισμό των αποσβέσεων ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου, πρέπει να είναι γνωστά:

- Η δαπάνη για την αγορά, μεταφορά, εγκατάσταση και όλα τα πιθανά έξοδα που απαιτούνται μέχρι την έναρξη της λειτουργίας του (αρχικό κόστος επένδυσης).

- Ο χρήσιμος χρόνος ζωής του.
- Η υπολειμματική αξία που αποτελεί τα πιθανά έσοδα που θα προκύψουν κατά την εκποίηση του περιουσιακού στοιχείου, μετά το χρήσιμο χρόνο ζωής του.

Η αξία που θα αποσβεστεί είναι η διαφορά μεταξύ του αρχικού κόστους επένδυσης και της υπολειμματικής αξίας. Με την κλασσική σταθερή μέθοδο απόσβεσης, το ετήσιο ύψος της απόσβεσης ισούται με το πηλίκο της παραπάνω διαφοράς προς το χρήσιμο χρόνο ζωής. Στην πράξη η σταθερή μέθοδος εφαρμόζεται με τη χρήση ενός σταθερού ποσοστού (ή συντελεστή απόσβεσης) στη θέση του χρήσιμου χρόνου ζωής. Για κάθε κατηγορία περιουσιακού στοιχείου, ισχύει ένας ανώτατος συντελεστής απόσβεσης που καθορίζεται νομοθετικά. Με τους νόμους περί κινήτρων οι συντελεστές αυτοί είναι δυνατόν να προσαυξηθούν ανάλογα με την περιοχή εγκατάστασης της επένδυσης. Η προσαύξηση αυτή, που επιτυγχάνεται και με άλλες μη σταθερές μεθόδους απόσβεσης (με τις οποίες το ετήσιο ύψος απόσβεσης μειώνεται με το χρόνο), αποτελεί μια έμμεση οικονομική ενίσχυση της επιχείρησης, ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας της.

Για φωτοβολταϊκές μονάδες ο κατώτατος συντελεστής ορίζεται ίσος με πέντε τοις εκατό (5%) και ο ανώτερος ίσος με επτά τοις εκατό (7%).

4.1.4 Κόστος χρηματοδότησης

[1], [3], [4]

Ένα τμήμα του απαιτούμενου κόστους για την πραγματοποίηση ενός σχεδίου επένδυσης, καλύπτεται συχνά με δανειακά κεφάλαια. Στην περίπτωση ενός μεμονωμένου σχεδίου εξοπλισμού, είναι δυνατό το δάνειο να καλύπτει το συνολικό κόστος επένδυσης.

Κάθε δάνειο χαρακτηρίζεται από:

- Το ύψος του.
- Το χρόνο λήψης.
- Την περίοδο χάριτος αν υπάρχει.
- Το επιτόκιο του.
- Τη συμφωνία για κεφαλαιοποίηση ή όχι των τόκων κατά την περίοδο χάριτος.
- Τον τρόπο αποπληρωμής του δανείου.

Η αποπληρωμή γίνεται με τοκοχρεολυτικές δόσεις (TX) που περιλαμβάνουν: το χρεολύσιο (X) δηλαδή την επιστροφή του δανείου και τον τόκο (T), για το υπόλοιπο μη επιστραφέν δάνειο.

4.2 Κριτήρια οικονομικής αξιολόγησης

[1], [3], [4]

Η απόφαση για την προώθηση μιας επένδυσης είναι ιδιαίτερα σημαντική και επομένως είναι απαραίτητο πριν από τη λήψη της απόφασης να διερευνηθεί η χρηματοοικονομική αποδοτικότητα του εξεταζόμενου σχεδίου επένδυσης, για τον ίδιο τον επενδυτή.

Η διαδικασία της οικονομικής ανάλυσης περιλαμβάνει σύνθεση των στοιχείων κόστους και οφέλους της επένδυσης, με χρονική κλιμάκωση ή συνολικά, ανάλογα αν λαμβάνεται υπ' όψη ή όχι η χρονική αξία του χρήματος. Πιο αναλυτικά πρέπει να εκτιμηθούν τα εξής στοιχεία:

- Το συνολικό κόστος της επένδυσης και η σχεδιαζόμενη χρονική κατανομή των εκροών.
- Το κατάλληλο χρηματοδοτικό σχήμα δηλαδή το ύψος του μετοχικού κεφαλαίου, το ύψος των δανειακών κεφαλαίων και οι όροι επιχορήγησής τους.
- Το ύψος του απαραίτητου κεφαλαίου κίνησης.
- Ο προβλεπόμενος χρήσιμος χρόνος ζωής της επένδυσης.
- Οι πωλήσεις και τα αναμενόμενα έσοδα.
- Το λειτουργικό κόστος της επιχείρησης.
- Η πιθανή υπολειμματική αξία της επένδυσης στο τέλος του χρήσιμου χρόνου ζωής της.
- Το νομικό και οικονομικό περιβάλλον μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει η επιχείρηση και το οποίο καθορίζει το ύψος των φορολογικών συντελεστών, το ρυθμό απόσβεσης των παγίων περιουσιακών στοιχείων, τις πιθανές επιχορηγήσεις από την πολιτεία και το προβλεπόμενο ύψος του πληθωρισμού.

Στην ιδιωτικό-οικονομική ανάλυση χρησιμοποιούνται οι τιμές αγοράς δηλαδή οι ισχύουσες τιμές στην αγορά που περιλαμβάνουν τους φόρους, τις άλλες επιβαρύνσεις κτλ.

Οι επενδυτές, ως ιδιωτικοί φορείς, ενδιαφέρονται για το καθαρό κέρδος (μετά τη φορολογία). Ως κέρδος νοείται η αμοιβή του κεφαλαίου (το επιτόκιο του μακροχρόνιου δανεισμού) πλέον το περιθώριο του επιχειρηματικού κινδύνου. Η υπόθεση ότι ο επενδυτής πρέπει να έχει κέρδος ίσο προς το επιτόκιο δανεισμού δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, εφόσον ο επενδυτής δεν δανείζει απλώς τα κεφάλαιά του, αλλά αναλαμβάνει μια επιχειρηματική πρωτοβουλία, ευρύτερης παραγωγικής αποστολής και διατρέχει κάποιο κίνδυνο.

4.2.1 Καθαρή παρούσα αξία (NPV)

[1], [3], [4]

Το κριτήριο αυτό αποτελεί ένα ευρύτατο εφαρμοζόμενο μέτρο οικονομικής αποδοτικότητας για την αξιολόγηση των σχεδίων επένδυσης. Η καθαρή παρούσα

αξία, γνωστή με τα αρχικά NPV εκφράζει την αξία σε χρηματικές μονάδες, που προκύπτει από την προεξόφληση στο παρόν όλων των καθαρών χρηματοροών κάθε έτους (διαφορά μεταξύ των μελλοντικών ταμειακών εισροών ή εσόδων και εκροών ή εξόδων) για ολόκληρο τον χρονικό ορίζοντα λειτουργίας του σχεδίου επένδυσης. Υπολογίζεται από τον εξής γενικό τύπο:

$$NPV = \sum_{t=1}^n C_t \cdot (1+i)^{-t}$$

όπου:

i το επιτόκιο προεξόφλησης.

t η περίοδος προεξόφλησης.

n το σύνολο των χρονοσειρών ή ροών.

Η έννοια της καθαρής χρηματοροής διαφέρει από τη έννοια του καθαρού κέρδους καθώς αποδίδει την ακριβή ταμειακή κατάσταση της επιχείρησης και όχι κάποια λογιστικά μεγέθη.

Το επιτόκιο προεξόφλησης επιλέγεται με βάση τις τρέχουσες συνθήκες της τραπεζικής αγοράς, εφόσον αυτή λειτουργεί σχετικά ομαλά, και αντανακλά τις πραγματικές συνθήκες προσφοράς και ζήτησης κεφαλαίων. Συνήθως προστίθεται στο τραπεζικό επιτόκιο ένα επιπλέον ποσοστό, το λεγόμενο περιθώριο κινδύνου, που έχει σκοπό να αντισταθμίσει το ρίσκο του εγχειρήματος και κυμαίνεται μεταξύ 1% και 4% ανάλογα με το βαθμό αβεβαιότητας του σχεδίου επένδυσης ή του κλάδου.

Η NPV είναι αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης γιατί μετατρέπει τις μελλοντικές ροές αξιών του σχεδίου επένδυσης σε παρούσες αξίες, δηλαδή αυτές που ισχύουν τη στιγμή που παίρνεται η απόφαση. Η ίδια η τιμή της NPV δεν έχει κάποια συγκεκριμένη σημασία. Αυτό που ενδιαφέρει είναι αν είναι θετική ή αρνητική. Γενικά ισχύει:

- $NPV > 0$: η αποδοτικότητα είναι μεγαλύτερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης είναι αποδεκτό.
- $NPV < 0$: η αποδοτικότητα είναι μικρότερη από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης απορρίπτεται.
- $NPV = 0$: η αποδοτικότητα είναι οριακή και η αποδοχή του σχεδίου επένδυσης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

Στην εφαρμογή της μεθόδου αυτής πρέπει να προσεχθούν τα εξής:

- Οι εκροές-κόστος (έξοδα) και οι εισροές-ωφέλειες (έσοδα) υπολογίζονται στον χρόνο που πράγματι γίνονται.
- Οι αποσβέσεις αν και εμφανίζονται στον Λογαριασμό Εκμετάλλευσης δεν είναι πραγματική εκροή (εκταμίευση) και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνονται στις ταμειακές εκροές.
- Η αποπληρωμή των δανείων υπολογίζεται στις εκταμιεύσεις γιατί αποτελεί ταμειακή εκροή.
- Ο χρόνος προεξόφλησης των ροών πρέπει να αναφέρεται σε ολόκληρη τη ζωή του σχεδίου επένδυσης (φάση κατασκευής λειτουργίας) και να

εφαρμόζεται σε ορισμένη χρονική βάση για όλες τις ροές (ομοιογενής χρονική βάση).

- Η υπολειμματική αξία του σχεδίου επένδυσης υπολογίζεται σαν θετική ροή.

4.2.2 Εσωτερικός βαθμός απόδοσης επένδυσης (IRR)

[1], [3], [4]

Ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης (IRR) είναι το υπολογιζόμενο επιτόκιο (εσωτερική αποδοτικότητα) με το οποίο η παρούσα αξία των ταμειακών εισροών είναι ίση με την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών (άθροιση καθαρών χρηματοροών όλου του χρονικού ορίζοντα του σχεδίου επένδυσης ίση με το μηδέν). Με άλλα λόγια είναι ένα μοναδικό εσωτερικό επιτόκιο που κάνει την προηγούμενη NPV να είναι μηδέν.

Σε μαθηματική έκφραση το κριτήριο αυτό διατυπώνεται ως εξής:

$$NPV = \sum_{t=0}^n C_t \cdot (1 + IRR)^{-t} = 0$$

Δηλαδή ο IRR είναι το εκτιμώμενο επιτόκιο που μηδενίζει το άθροισμα των παραπάνω προεξοφλούμενων καθαρών χρηματοροών.

Από τη σύγκριση της τιμής του IRR με το επίσημο επιτόκιο της αγοράς i συμπεραίνεται η αποδοτικότητα ή μη του σχεδίου επένδυσης. Συγκεκριμένα:

- $IRR > i$: το σχέδιο γίνεται αποδεκτό.
- $IRR < i$: το σχέδιο απορρίπτεται.
- $IRR = i$: το σχέδιο θεωρείται οριακά αποδεκτό και η αποδοχή του εξαρτάται και από άλλους παράγοντες.

Σε περίπτωση που υπάρχουν πολλά εναλλακτικά σχέδια επένδυσης επιλέγεται εκείνο που έχει τον υψηλότερο IRR, υπό τον όρο ότι $IRR > 0$.

Ο υπολογισμός του IRR γίνεται κατά κανόνα με δοκιμή και σφάλμα (με χρήση κατάλληλου software). Αναλυτικότερα προσδιορίζεται η NPV της επένδυσης με περισσότερες τιμές επιτοκίων (συνήθως χρησιμοποιούνται 3 τιμές, μια χαμηλή μια μέση και μια υψηλή). Αν η προεξόφληση με το χαμηλό επιτόκιο i_1 δίνει θετική NPV1 δοκιμάζεται ένα υψηλότερο i_2 . Αν NPV2 αρνητική αυτό σημαίνει ότι ο IRR βρίσκεται μεταξύ i_1 και i_2 . Υπολογίζεται δε από τη σχέση:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1(i_2 - i_1)}{NPV_1 + |NPV_2|}$$

Ο IRR είναι ένα υπολογιζόμενο επιτόκιο. Αντανακλά το υψηλότερο επιτόκιο που θα μπορούσε να πληρώσει ο επενδυτικός φορέας ή επιχειρηματίας χωρίς να

διακινδυνεύσει να χάσει όλα τα χρήματα που διέθεσε στην επένδυση και αν ακόμη υποτεθεί ότι είχε δανειστεί όλα τα χρήματα για τη χρηματοδότηση της επένδυσης.

Ο IRR ως επιτόκιο ή και συντελεστής, δείχνει την πραγματική αποδοτικότητα της συνολικής επένδυσης και έτσι μπορεί να προσδιορίσει τους όρους δανεισμού και του σχεδίου επένδυσης, δεδομένου ότι καθορίζει το μέγιστο επιτόκιο που θα μπορούσε να πληρωθεί από τον επενδυτή χωρίς να κινδυνεύσει να χάσει τα κεφάλαια.

4.2.3 Περίοδος αποπληρωμής κεφαλαίου

[4]

Η τιμή του κριτηρίου αυτού εκφράζει τον αριθμό των ετών που απαιτούνται για την ανάκτηση του αρχικού επενδυμένου κεφαλαίου μέσω του αθροιστικού (για μια σειρά ετών) καθαρού κέρδους της επιχείρησης.

Για να δώσει το κριτήριο αυτό αξιόπιστα αποτελέσματα πρέπει η επιχείρηση να παρουσιάζει σχετικά ομοιόμορφο ύψος ετήσιου καθαρού κέρδους. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να αφαιρούνται διαδοχικά από την τιμή του κόστους επένδυσης τα ετήσια καθαρά κέρδη P_i (για i από 1 έως N) μέχρι την επανείσπραξη του ποσού που αντιστοιχεί στο κόστος επένδυσης. Το καθαρό κέρδος υπολογίζεται στην περίπτωση αυτή μετά την αφαίρεση των φόρων. Οποσδήποτε για να είναι αποδεκτό σύμφωνα με αυτό το κριτήριο ένα επενδυτικό σχέδιο, πρέπει ο χρόνος αποπληρωμής του να είναι πολύ μικρότερος από τον προβλεπόμενο χρονικό ορίζοντα λειτουργίας της επένδυσης. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα που χαρακτηρίζει το κριτήριο του χρόνου αποπληρωμής είναι ότι παρέχει γρήγορα και εύκολα χρήσιμες ενδεικτικές πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο ανάληψης μιας επενδυτικής δραστηριότητας και τη ρευστότητα που αυτή συνεπάγεται. Η ρευστότητα που εξασφαλίζει η γρήγορη ανάκτηση των κεφαλαίων επιτρέπει στον επενδυτή να εκμεταλλευτεί άλλες επενδυτικές ευκαιρίες.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζει είναι:

- Δεν παίρνει υπ' όψιν του τη χρονική αξία του χρήματος.
- Αμελεί το ύψος των χρηματοροών μετά το χρόνο αποπληρωμής.
- Εμφανίζει ως πλεονεκτικότερα βραχύβια και μικρής κλίμακας επενδυτικά σχέδια στρέφοντας το επενδυτικό ενδιαφέρον στο σίγουρο και εύκολο κέρδος.

4.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας

[4]

Με την τεχνική αυτή επιχειρείται η ποσοτική διερεύνηση των επιπτώσεων που θα έχει η διακύμανση μιας σημαντικής παραμέτρου στην οικονομικότητα της επένδυσης. Πολλές φορές οι επιπτώσεις αυτές αλληλοαναιρούνται, συχνά όμως μπορούν να οδηγήσουν σε ουσιαστική ανατροπή των αρχικών συμπερασμάτων σε σχέση με τη σκοπιμότητα προώθησης του σχεδίου επένδυσης. Συγκεκριμένα σε μια ανάλυση ευαισθησίας, υπολογίζεται η τιμή του κριτηρίου της οικονομικής

αποδοτικότητα που μελετάται για μια σειρά τιμών που πιθανά θα λάβει η παράμετρος αυτή στο μέλλον. Το εύρος των τιμών που εξετάζεται είναι τέτοιο ώστε να συμπεριλαμβάνει όλες τις δυνατές αποκλίσεις γύρω από την εκτιμώμενη πιθανότερη τιμή. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης μας πληροφορεί για την πιθανότητα να προκύψει η μία ή η άλλη τιμή οικονομικής αποδοτικότητας, αλλά αναδεικνύει τη σοβαρότητα που μπορεί να έχει μια λάθος εκτίμηση σε σχέση με τη μελλοντική τιμή της εξεταζόμενης παραμέτρου.

5 Δομή και συνοπτική περιγραφή εργαλείου



φ/β σύστημα 100 KWp στην Κύθνο

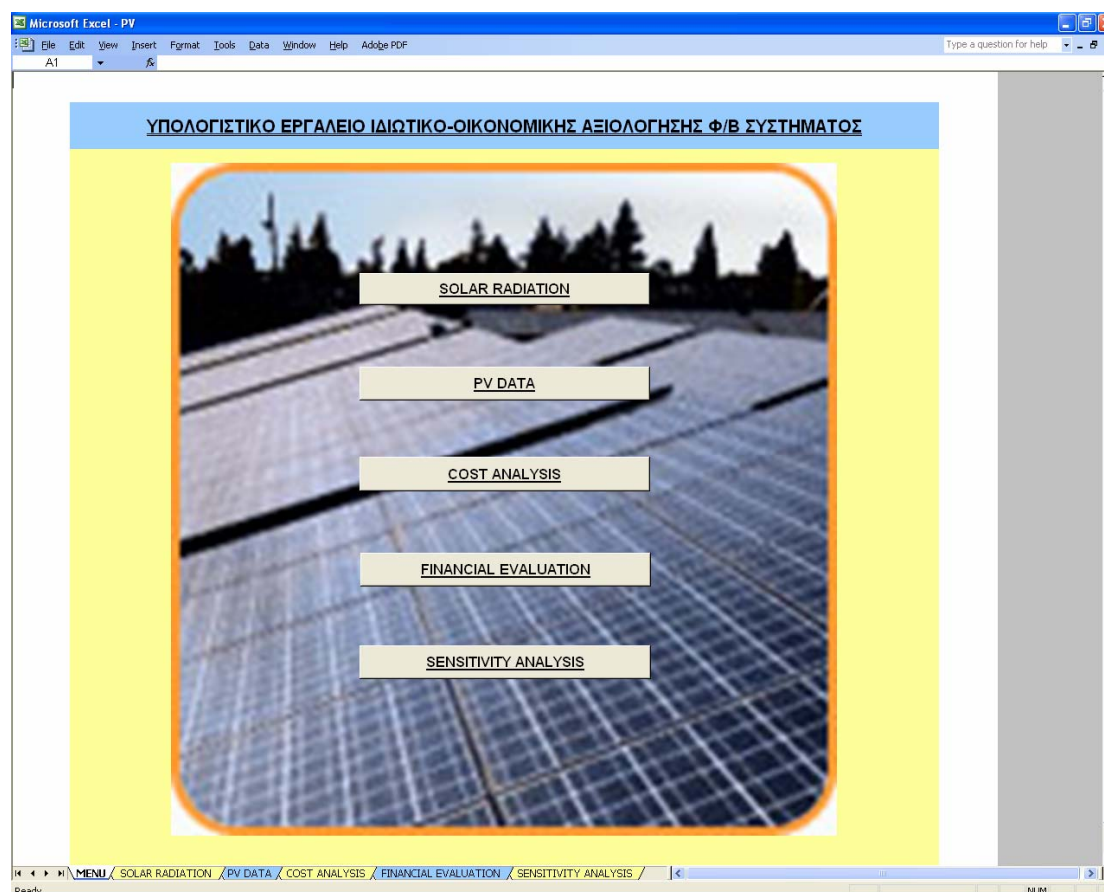
5.1 Γενικά

Για τη δημιουργία του υπολογιστικού εργαλείου χρησιμοποιήθηκε σαν βάση το υπολογιστικό πακέτο *Microsoft Excel*. Το *Microsoft Excel* έχει το πλεονέκτημα του πολύ φιλικού περιβάλλοντος προς το χρήστη, αλλά και της δυνατότητας προγραμματισμού μέσω της γλώσσας Visual Basic την οποία και υποστηρίζει. Το αρχείο του εργαλείου έχει τίτλο “*PV.xls*”, και μέσα σε αυτό περιλαμβάνονται τα εξής φύλλα εργασίας :

- MENU (Παρουσίαση των φύλλων εργασίας)
- SOLAR RADIATION (Υπολογισμός προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας)
- PV DATA (Καθορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών του συστήματος)
- COST ANALYSIS (Ανάλυση κόστους της επένδυσης)
- FINANCIAL EVALUATION (Οικονομική αξιολόγηση επένδυσης)
- SENSITIVITY ANALYSIS (Ανάλυση ευαισθησίας επένδυσης)

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα φύλλα εργασίας. Σε κάθε ένα από αυτά, εκτός από το “*MENU*” υπάρχουν κελιά με διαφορετικά χρώματα. Τα κελιά τα οποία επιτρέπεται να μεταβάλλει ο χρήστης είναι αυτά με το μπλε ανοικτό χρώμα. Για τα υπόλοιπα δεν υπάρχει δυνατότητα μεταβολής του περιεχομένου τους και συνήθως περιέχουν μαθηματικές σχέσεις για τους διάφορους υπολογισμούς.

5.2 Φύλλο εργασίας “*MENU*” του “*PV.xls*”



Εικόνα 5-1 : Φύλλο εργασίας “*MENU*” του “*PV.xls*”

Το φύλλο εργασίας “MENU” δεν χρησιμοποιείται για υπολογισμούς αλλά είναι το εισαγωγικό φύλλο το οποίο περιλαμβάνει εικονικά πλήκτρα που οδηγούν το χρήστη στα υπόλοιπα φύλλα εργασίας. Η μορφή του φαίνεται στην εικόνα 5-1.

5.3 Φύλλο εργασίας “SOLAR RADIATION” του “PV.xls”

Στο φύλλο εργασίας “SOLAR RADIATION” καθορίζονται οι παράμετροι που σχετίζονται με την τοποθεσία, την κλίση και τον προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η μορφή του φύλλου φαίνεται στις εικόνες 5-2α και 5-2β.

Κατ’ αρχήν ο χρήστης δίνει το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας, την κλίση των πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό τους (0° για το νότιο προσανατολισμό, 90° για το δυτικό, 180° για το βόρειο, 270° για τον ανατολικό κτλ). Έπειτα πρέπει να επιλέξει αν τα πλαίσια θα έχουν σταθερή τοποθέτηση ή αν θα έχουν τη δυνατότητα κίνησης σ’ έναν ή σε δύο άξονες περιστροφής. Αν έχουμε κίνηση σ’ έναν άξονα θεωρείται ότι η ενέργεια που λαμβάνουμε είναι 25% μεγαλύτερη από αυτή για σταθερό συλλέκτη και για δύο άξονες 35% μεγαλύτερη.

Στη συνέχεια ο χρήστης καλείται να επιλέξει ανάμεσα σε δυο επιλογές :

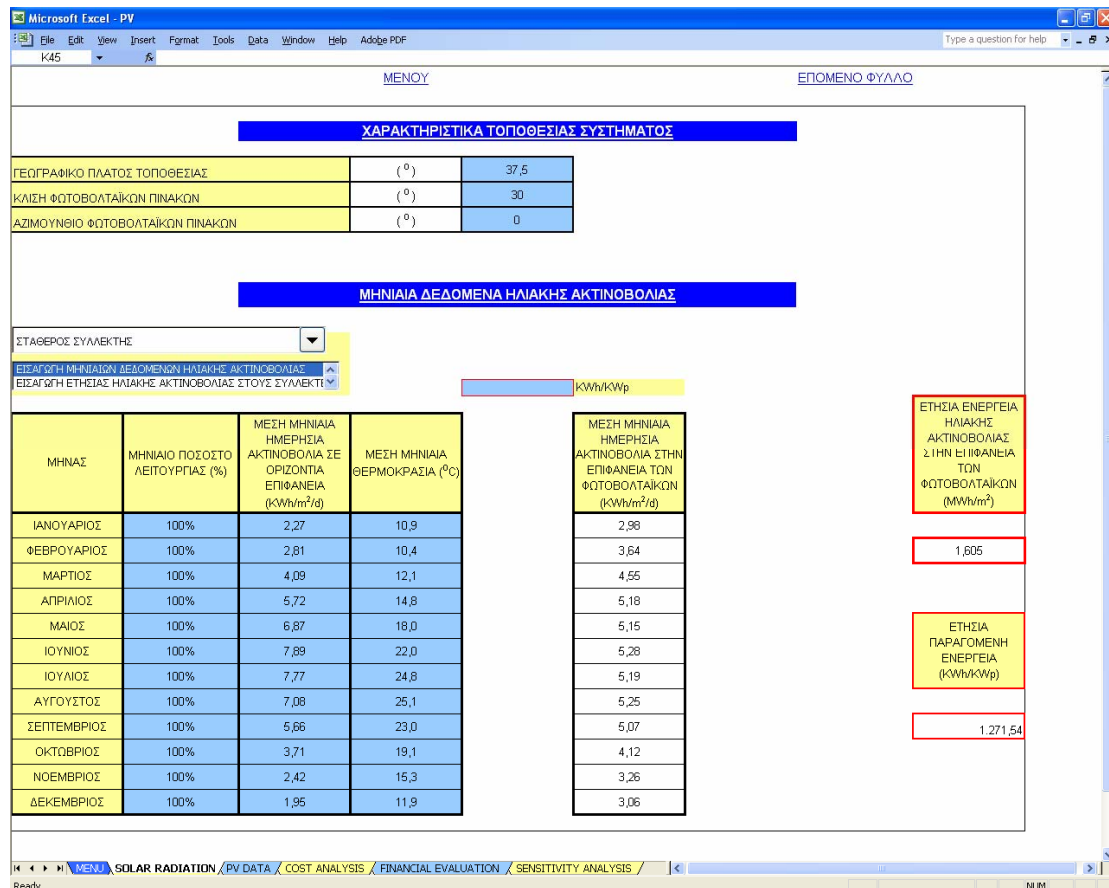
1. Εισαγωγή μηνιαίων δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας.
2. Εισαγωγή ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες (KWh/KWp).

5.3.1 Εισαγωγή μηνιαίων δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας

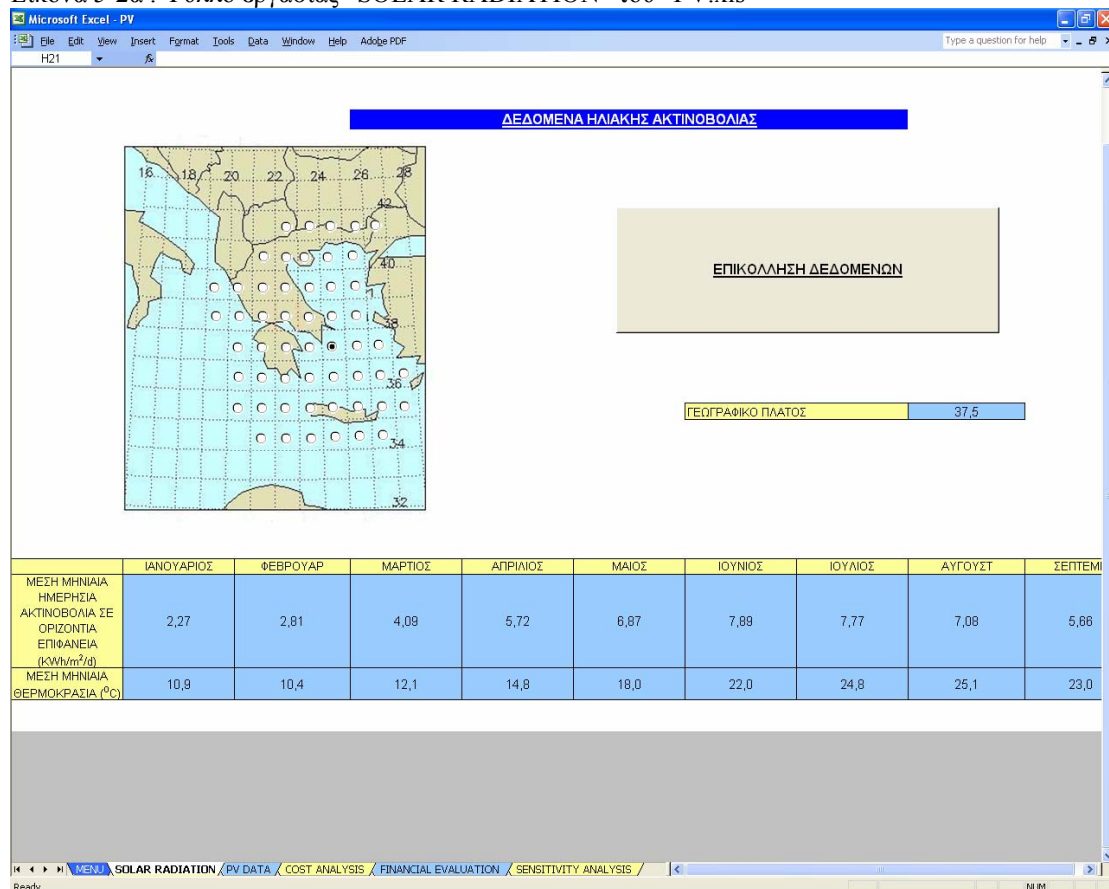
Δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να εισάγει τα μηνιαία δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολία της περιοχής σε $\frac{KWh}{m^2 d}$ (KWh ανά m^2 ανά μέρα) και της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σε $^\circ C$. Επίσης πρέπει να συμπληρωθεί το ποσοστό του κάθε μήνα κατά το οποίο θα λειτουργεί το σύστημα, ώστε το εργαλείο να υπολογίσει πόση ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια των συλλεκτών σε $\frac{KWh}{m^2 d}$ κάθε μήνα και σε MWh/m^2 σε ετήσια βάση. Μετά τη συμπλήρωση των κατάλληλων δεδομένων στο φύλλο “PV DATA” υπολογίζονται και τα αποτελέσματα της καθαρής ενέργειας σε KWh/KWp.

Αν δεν υπάρχουν τα μηνιαία δεδομένα, το εργαλείο παρέχει στο χρήστη μια βάση δεδομένων για κάθε περιοχή στην Ελλάδα, τα δεδομένα της οποίας προέρχονται από το site της NASA στη διεύθυνση “<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>”. Πατώντας το εικονικό πλήκτρο με τον τίτλο «ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» τα δεδομένα αυτά μέσω μιας μακροεντολής προσαρτώνται στον πίνακα εισαγωγής των δεδομένων.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι η ίδια που περιγράφεται και στην παράγραφο 1.5.4.



Εικόνα 5-2α : Φύλλο εργασίας “SOLAR RADIATION” του “PV.xls”



Εικόνα 5-2β : Φύλλο εργασίας “SOLAR RADIATION” του “PV.xls”

5.3.2 Εισαγωγή ετήσιας ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας στους συλλέκτες

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει την ετήσια ενέργεια που υπολογίζει πως θα παράγει το σύστημα σε KWh/KWp. Με αυτόν τον τρόπο παρακάμπτεται η μεθοδολογία υπολογισμού από το εργαλείο. Επίσης είναι και ένας τρόπος για να υπολογισθεί η ενέργεια που πρέπει να παράγει το σύστημα για να είναι ικανοποιητική η απόδοση της επένδυσης. Δηλαδή μεταβάλλοντας την ετήσια ενέργεια, μπορεί να βλέπει από το φύλλο εργασίας “*FINANCIAL EVALUATION*” πως μεταβάλλεται ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης της επένδυσης.

5.4 Φύλλο εργασίας “*PV DATA*” του “*PV.xls*”

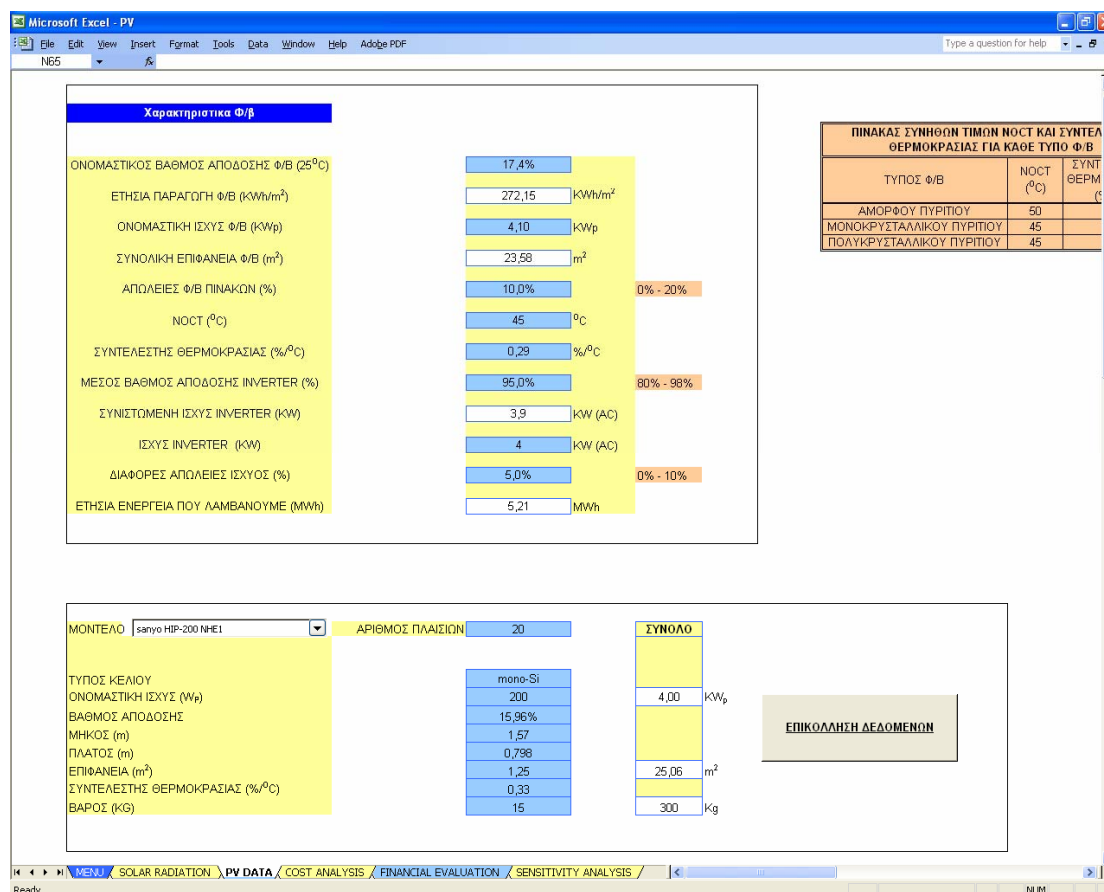
Στο φύλλο εργασίας “*PV DATA*” ο χρήστης καθορίζει τις παραμέτρους για το φωτοβολταϊκό σύστημα. Με βάση τα δεδομένα που θα εισαχθούν θα υπολογιστούν οι απώλειες και τελικά η καθαρή ετήσια ενέργεια που θα παράγει το σύστημα. Η μορφή του φύλλου φαίνεται στην εικόνα 5-3.

5.4.1 Επιλογή στοιχείων συλλέκτη από το χρήστη

Πρώτο βήμα είναι η επιλογή του ονομαστικού βαθμού απόδοσης των συλλεκτών του συστήματος. Στη συνέχεια πρέπει να επιλεγεί η ονομαστική ισχύς που θα έχει το σύστημα σε KWp που είναι και το μέγεθος που καθορίζει στο μεγαλύτερο βαθμό την ετήσια ενέργεια που θα παράγεται. Από τα δυο αυτά μεγέθη το εργαλείο υπολογίζει την συνολική επιφάνεια που θα καταλαμβάνουν οι συλλέκτες.

Στη συνέχεια ο χρήστης εισάγει το ποσοστό των απωλειών των φωτοβολταϊκών πλαισίων, τη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας (NOCT) και το συντελεστή θερμοκρασίας για την απόδοση του στοιχείου τα οποία δίνονται από τον κατασκευαστή. Παρέχεται ένας ενδεικτικός πίνακας με τα συνηθέστερα χαρακτηριστικά (NOCT και συντελεστή θερμοκρασίας) ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένα τα στοιχεία (μονοκρυσταλλικό, πολυκρυσταλλικό ή άμορφο πυρίτιο) που θα χρησιμοποιηθούν, ο οποίος βρίσκεται δεξιά της περιοχής εισαγωγής των δεδομένων.

Με την εισαγωγή των NOCT και του συντελεστή θερμοκρασίας για την απόδοση το εργαλείο υπολογίζει με τις σχέσεις της παραγράφου 3.2.1.2 την ετήσια παραγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος σε KWh/m². Ο υπολογισμός αυτός γίνεται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες του συστήματος. Στη συνέχεια αφού ο χρήστης εισάγει το ποσοστό των απωλειών των φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθώς και το βαθμό απόδοσης του αντιστροφέα (inverter) και τις διάφορες απώλειες ισχύος, το εργαλείο υπολογίζει την ετήσια καθαρή ενέργεια που λαμβάνουμε από το σύστημα σε MWh, αφαιρώντας από την συνολική που έχει ήδη υπολογίσει τις απώλειες..



Εικόνα 5-3 : Φύλλο εργασίας “PV DATA” του “PV.xls”

Από το βαθμό απόδοσης του αντιστροφέα προκύπτει και μια συνιστώμενη (προτεινόμενη) τιμή για την ονομαστική ισχύ του. Φυσικά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την ισχύ που αυτός επιθυμεί ακόμα και αν είναι διαφορετική από την προτεινόμενη.

5.4.2 Επιλογή στοιχείων συλλέκτη από τη βάση του εργαλείου

Το εργαλείο κάτω από τον πίνακα με τα κελιά για την εισαγωγή των χαρακτηριστικών του φ/β συστήματος έχει μια βάση με 85 διαφορετικά μοντέλα φ/β συλλεκτών από διάφορες εταιρείες κατασκευής. Αν ο χρήστης το επιθυμεί μπορεί να επιλέξει κάποιον από αυτούς τους συλλέκτες για το σύστημα του.

Μετά την επιλογή του μοντέλου του συλλέκτη συμπληρώνονται αυτόματα κάποια από τα στοιχεία του στα κελιά της βάσης. Τα στοιχεία αυτά είναι :

- Ο τύπος του κελιού (mono-Si, Poly-Si, a-Si, CIS, hydrid).
- Η ονομαστική ισχύς του συλλέκτη (W_p).
- Ο ονομαστικός βαθμός απόδοσης του.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του (μήκος, πλάτος, συνολική επιφάνεια).
- Ο συντελεστής θερμοκρασίας (%/°C).
- Το βάρος του (Kg).

Αφού ο χρήστης δει τα τεχνικά αυτά χαρακτηριστικά κρίνει αν ο συλλέκτης είναι ο κατάλληλος. Στη συνέχεια επιλέγεται ο αριθμός των συλλεκτών που θα χρησιμοποιηθούν ώστε το σύστημα να έχει την επιθυμητή ονομαστική ισχύ. Μετά την επιλογή αυτή υπολογίζονται από το εργαλείο :

- Η συνολική ονομαστική ισχύς (KW_p).
- Η συνολική επιφάνεια των συλλεκτών (m²).
- Το συνολικό βάρος των συλλεκτών (Kg).

Πατώντας το πλήκτρο «*ΕΠΙΚΟΛΛΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ*» τα στοιχεία αυτά μεταφέρονται στον πίνακα υπολογισμού και χρησιμοποιούνται από το εργαλείο για τους περαιτέρω υπολογισμούς του συστήματος. Επίσης το συνολικό βάρος μεταφέρεται στο φύλλο εργασίας “*COST ANALYSIS*” στη γραμμή που αντιστοιχεί στα μεταφορικά των συλλεκτών.

5.5 Φύλλο εργασίας “*COST ANALYSIS*” του “*PV.xls*”

Σε αυτό το φύλλο εργασίας εισάγονται όλα τα κόστη που αφορούν το σύστημα. Είναι χωρισμένα σε δυο κύριες κατηγορίες, η κάθε μια από τις οποίες περιλαμβάνει άλλες υποκατηγορίες.

1. Αρχικά έξοδα

1.1 Ηλιακοί συλλέκτες.

- i. Φ/Β συλλέκτες (KW_p).
- ii. Πλαίσιο στήριξης Φ/Β (m²).
- iii. Λοιπός ενεργειακός εξοπλισμός.
- iv. Μεταφορικά (Kg).
- v. Λοιπά έξοδα.

1.2 Έξοδα μηχανικού.

- i. Μηχανολογική μελέτη εγκατάστασης.
- ii. Έξοδα για άδειες.
- iii. Λοιπά έξοδα μηχανικού.

1.3 Λοιπά έξοδα συστήματος.

- i. Μπαταρία.
- ii. Αντιστροφέας.
- iii. Σύνδεση με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.
- iv. Λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός.
- v. Μεταφορικά.
- vi. Εγκατάσταση συστήματος.
- vii. Εκπαίδευση προσωπικού.
- viii. Λοιπά έξοδα συστήματος.

2. Έξοδα συντήρησης

2.1. Ετήσια έξοδα.

- i. Ενοίκιο οικοπέδου.
- ii. Ασφάλεια εγκατάστασης.
- iii. Λοιπά ετήσια έξοδα.

2.2. Περιοδικά έξοδα.

- i. Αντικατάσταση μπαταριών.
- ii. Αντικατάσταση αντιστροφέα.

Η κατηγορία των αρχικών εξόδων περιλαμβάνει τρεις στήλες με τους τίτλους “ποσότητα”, “τιμή μονάδας” και “συνολικό κόστος”. Ο χρήστης συμπληρώνει την ποσότητα και την τιμή μονάδας για κάθε υποκατηγορία και το συνολικό κόστος προκύπτει από το γινόμενο των δυο.

ΑΡΧΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	4,1 kWp	5,000.00 €	20,500.00 €
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β	23,6 m ²	20.00 €	471.67 €
ΛΟΙΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		0.00 €	0.00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	280 Kg	1.00 €	280.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ		0.00 €	0.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			21,251.67 €
ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ		0.00 €	0.00 €
ΕΞΟΔΑ ΠΑ ΑΔΕΙΕΣ		0.00 €	0.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		0.00 €	0.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			0.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ		0.00 €	0.00 €
INVERTER	4 kW	1,000.00 €	1,000.00 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1	500.00 €	500.00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		0.00 €	0.00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	Kg	0.00 €	0.00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		0.00 €	0.00 €
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	ΑΤΟΜΑ	0.00 €	0.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		0.00 €	0.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			1,000.00 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ			
ΕΝΟΙΚΙΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ		0.00 €	0.00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	m ²	0.00 €	0.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	0,20%		44.50 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			44.50 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΞΟΔΑ			
		ΚΑΘΕ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ETH	0.00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER		12 ETH	1,000.00 €
		ETH	0.00 €
		ETH	0.00 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ			22,251.67 €

Εικόνα 5-4 : Φύλλο εργασίας “COST ANALYSIS” του “PV.xls”

Συγκεκριμένα για τις κατηγορίες :

Ηλιακοί συλλέκτες.

- vi. Φ/Β συλλέκτες.
- vii. Πλαίσιο στήριξης Φ/Β.
- viii. Μεταφορικά.

τα δεδομένα στη στήλη “ποσότητα” συμπληρώνονται αυτόματα (στα “μεταφορικά” μόνο αν έχει επιλεγεί στοιχείο από τη βάση του εργαλείου) ανάλογα με τις επιλογές που έχουν γίνει στο φύλλο εργασίας “*PV DATA*”.

Στις κατηγορίες :

Ετήσια έξοδα.

- i. Ασφάλεια εγκατάστασης.
- ii. Λοιπά ετήσια έξοδα.

τα έξοδα συμπληρώνονται ως ποσοστό επί του αρχικού κόστους της εγκατάστασης.

5.6 Φύλλο εργασίας “*FINANCIAL EVALUATION*” του “*PV.xls*”

Στο φύλλο εργασίας “*FINANCIAL EVALUATION*” γίνεται η αξιολόγηση της επένδυσης. Στο πρώτο τμήμα φαίνονται το συνολικό κόστος της επένδυσης όπως αυτό έχει υπολογιστεί στο “*COST ANALYSIS*” και η ονομαστική ισχύς και η συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια από το φύλλο “*PV DATA*”. Κατά τους υπολογισμούς του φύλλου για τα ετήσια έσοδα του συστήματος θεωρείται ότι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια μειώνεται κατά 1 % ετησίως. Αυτό γίνεται γιατί όλοι οι κατασκευαστές φ/β δίνουν εγγύηση για το 80% της ισχύος για 20 χρόνια.

Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το ποσοστό της ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. Το ποσοστό αυτό είναι συνήθως 100% αλλά μπορεί να μεταβληθεί σε περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποιο τμήμα της ενέργειας για ιδιοκατανάλωση. Επίσης ο χρήστης καλείται να επιλέξει εάν το σύστημα θα εγκατασταθεί στο διασυνδεδεμένο σύστημα, στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ή θα είναι αυτόνομο. Και ακόμα αν η εγκατάσταση θα πραγματοποιηθεί από ιδιώτη ή από εταιρεία.

Ανάλογα με την επιλογή του συστήματος συμπληρώνεται από το εργαλείο η αρχική τιμή πώλησης της ενέργειας σε €/MWh. Αν επιλεγεί ιδιώτης αντί για εταιρεία η τιμή του κελιού «*ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ*» μηδενίζεται.

5.6.1 Διασυνδεδεμένο σύστημα

Αν επιλεγεί διασυνδεδεμένο σύστημα, στη συνέχεια γίνεται επιλογή της ετήσιας αύξησης στην τιμή πώλησης την οποία αναμένεται να έχουμε. Η αύξηση αυτή δε γίνεται στο σύνολο του ποσού της MWh αλλά στην τιμή πώλησης της MWh από τη Δ.Ε.Η. Δηλαδή σε πρώτη βάση στα 70 €/MWh (στο ισχύον τιμολόγιο της Δ.Ε.Η.) και στη συνέχεια κάθε χρόνο στα 70 €/MWh συν την αύξηση των προηγούμενων ετών. Με χρήση της αύξησης αυτής υπολογίζονται τα ετήσια έσοδα από την πώληση της ενέργειας.

Πιο κάτω εισάγεται το ποσοστό της επιδότησης επί του συνολικού κόστους αν η επένδυση γίνεται από εταιρεία. Στο επόμενο γαλάζιο κελί εισάγεται η διάρκεια ζωής της επένδυσης, δηλαδή ο χρονικός ορίζοντας για τον οποίο θα γίνει η αξιολόγηση. Μετά από αυτό επιλέγεται το ποσοστό επί του συνολικού κόστους της επένδυσης που θα καλυφθεί από ίδια κεφάλαια.

Το ποσοστό που μένει για το 100% μετά την επιδότηση και τα ίδια κεφάλαια εισάγεται αυτόματα σαν δάνειο. Για το δάνειο χρειάζεται να επιλεγθούν επιπλέον το επιτόκιο και ο χρόνος διάρκειας για την αποπληρωμή του. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει αν υπάρχουν, την περίοδο χάριτος, το ποσοστό επιδότησης για το επιτόκιο και τη διάρκεια επιδότησης του.

Για τον υπολογισμό των ετήσιων αποσβέσεων εισάγεται ο συντελεστής αποσβέσεων ο οποίος από την νομοθεσία είναι 5-7% και η υπολειμματική αξία αν υπάρχει.

Για τον υπολογισμό του ετήσιου φόρου επί των κερδών εισάγεται και το ποσοστό φόρου.

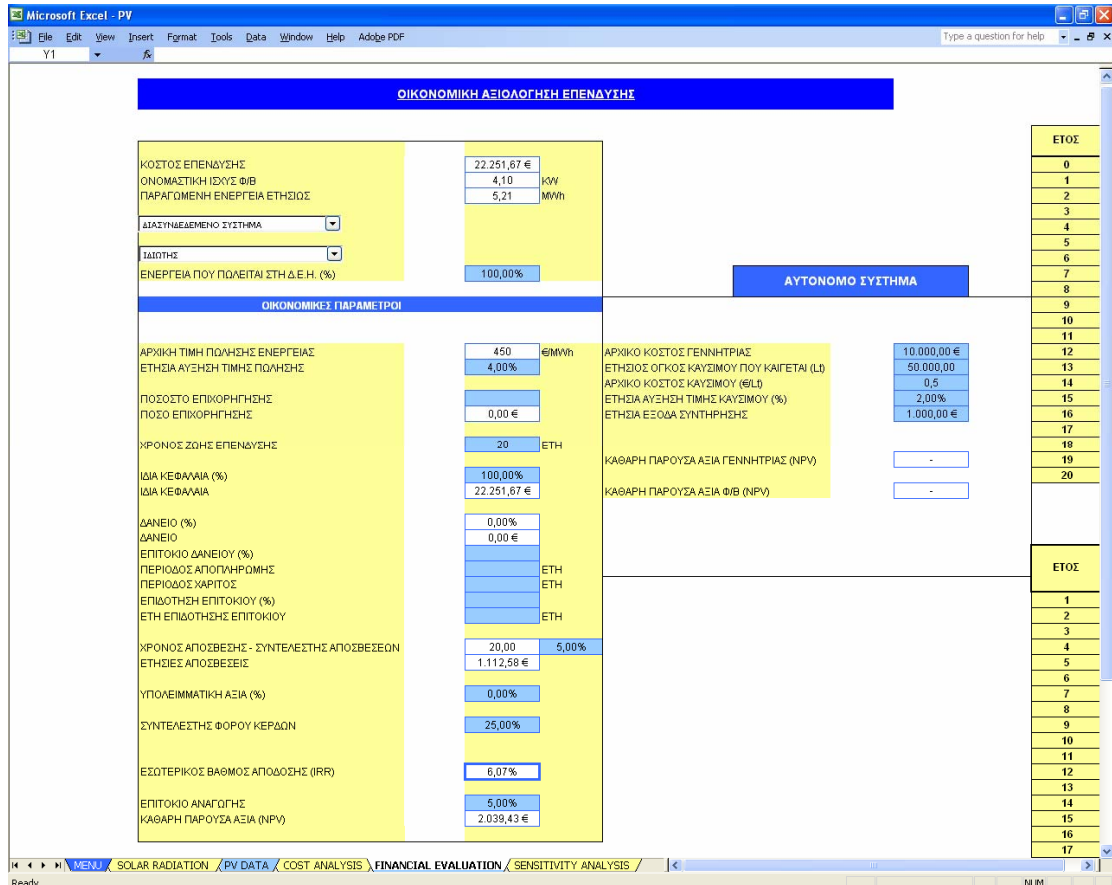
Αφού εισαχθούν όλα τα παραπάνω δεδομένα το εργαλείο υπολογίζει και εμφανίζει στο αντίστοιχο κελί τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης (IRR) της συγκεκριμένης επένδυσης. Επίσης εισάγεται και το επιθυμητό επιτόκιο αναγωγής για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας (NPV) της επένδυσης.

Για τις χρηματοροές κάθε έτους ακολουθείται η εξής διαδικασία. Υπολογίζεται η καθαρή παραγόμενη ενέργεια του έτους και πολλαπλασιάζεται με την τιμή πώλησης για το έτος αυτό ώστε να προκύψουν τα ετήσια έσοδα. Από τα έσοδα αυτά αφαιρούνται τα ετήσια έξοδα του συστήματος και οι τόκοι του δανείου για εκείνη τη χρονιά. Έτσι προκύπτουν τα καθαρά έσοδα προ φόρων. Από αυτά αφαιρούνται οι ετήσιες αποσβέσεις και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή φόρου για τον υπολογισμό του φόρου της συγκεκριμένης χρονιάς. Τελικά τα καθαρά κέρδη είναι τα κέρδη προ φόρων μείον τους φόρους. Το καθαρό ετήσιο αποτέλεσμα προκύπτει αν από τα καθαρά κέρδη αφαιρέσουμε τα χρεωλύσια του συγκεκριμένου χρόνου.

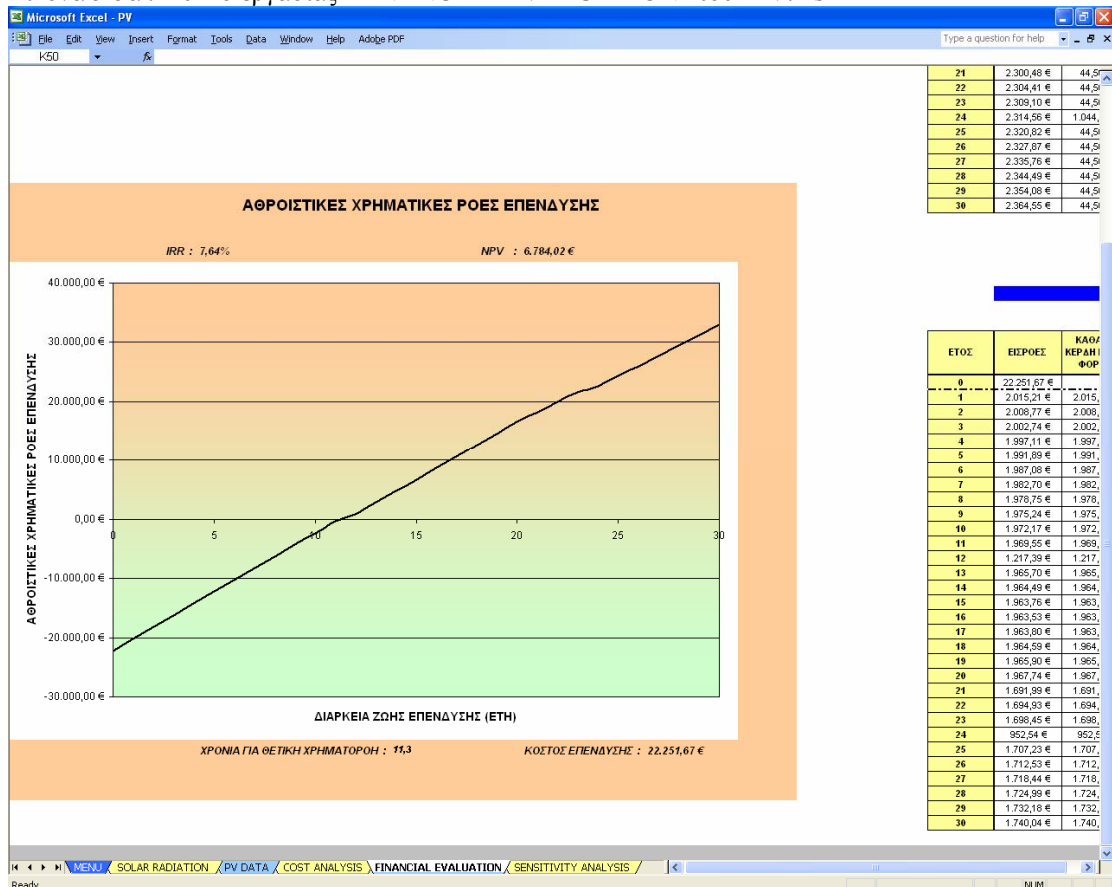
Δεξιά της περιοχής εισαγωγής των δεδομένων φαίνονται τρεις πίνακες. Ο πρώτος είναι αναλυτικός πίνακας υπολογισμού του δανείου με τη μέθοδο των ίσων τοκοχρεωλυσίων. Στον δεύτερο πίνακα παρουσιάζεται ο λογαριασμός εκμετάλλευσης, όπου υπολογίζονται κάθε χρόνο αναλυτικά τα καθαρά κέρδη, και στον τελευταίο υπολογίζεται το ταμειακό πρόγραμμα της επένδυσης από το οποίο και προκύπτει ο IRR.

Για πιο παραστατική απεικόνιση των αποτελεσμάτων υπάρχει και διάγραμμα των αθροιστικών χρηματοροών της επένδυσης. Οι αθροιστικές αυτές χρηματοροές υπολογίζονται στον πίνακα με το ταμειακό πρόγραμμα. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνονται επίσης το συνολικό κόστος της επένδυσης, ο IRR και η NPV καθώς και τα χρόνια που θα περάσουν για να έχουμε θετική χρηματοροή.

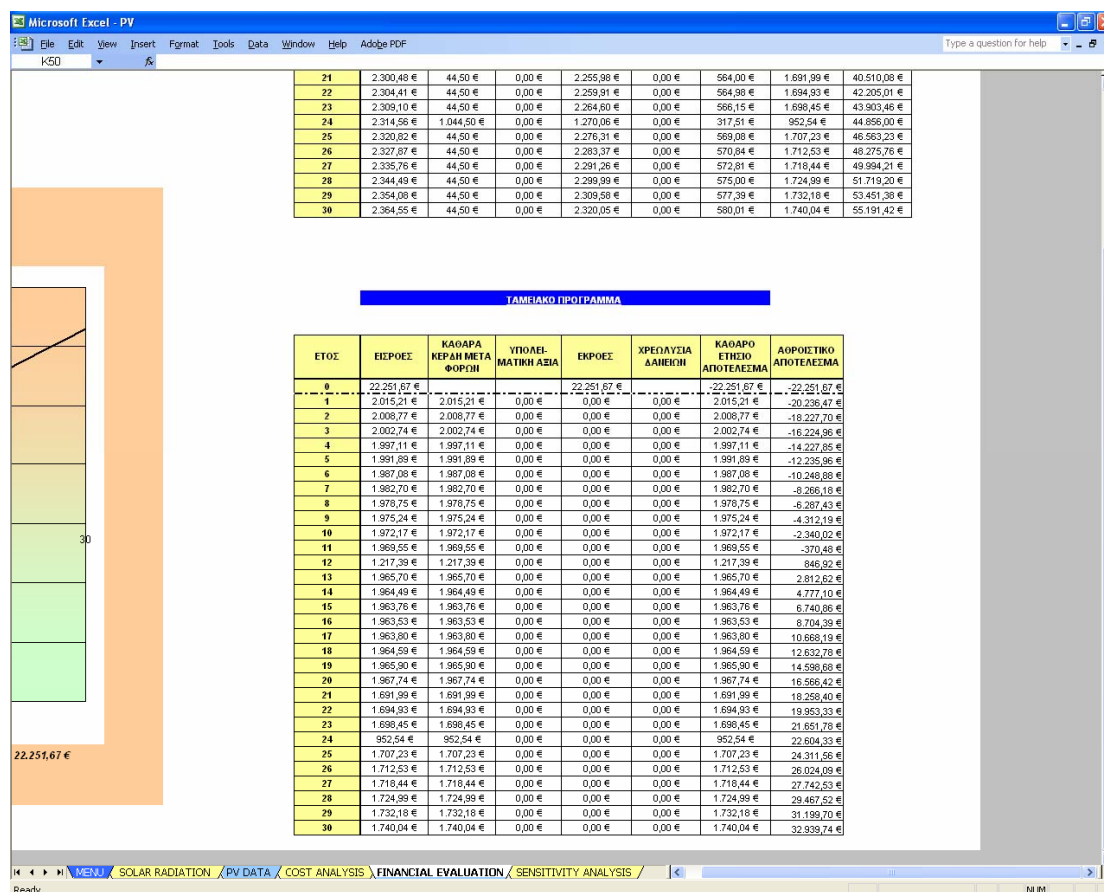
Στις εικόνες 5-5α, 5-5β και 5-5γ φαίνεται το φύλλο εργασίας “*FINANCIAL EVALUATION*”.



Εικόνα 5-5α : Φύλλο εργασίας “FINANCIAL EVALUATION” του “PV.xls”



Εικόνα 5-5β : Φύλλο εργασίας “FINANCIAL EVALUATION” του “PV.xls”



Εικόνα 5-5γ : Φύλλο εργασίας “FINANCIAL EVALUATION” του “PV.xls”

5.6.2 Αυτόνομο σύστημα

Αν το σύστημα που θα εγκατασταθεί είναι αυτόνομο η ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ιδιοκατανάλωση και δεν πωλείται. Για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν έσοδα κάθε χρόνο. Η αξιολόγηση ενός τέτοιου συστήματος γίνεται συγκρίνοντας την καθαρή παρούσα αξία του (NPV) με την αντίστοιχη της γεννήτρια που θα χρησιμοποιούταν για να καλύψει τα φορτία.

Οι τιμές που αναφέρονται στο φ/β σύστημα συμπληρώνονται όπως ακριβώς και για το διασυνδεδεμένο σύστημα. Μόνο που αυτή τη φορά δεν υπολογίζεται ο IRR παρά μόνο η NPV. Για να υπολογιστεί και η καθαρή παρούσα αξία της γεννήτριας, εισάγονται στα αντίστοιχα κελιά (εικόνα 5-5α) :

- ◆ Το αρχικό κόστος της γεννήτριας.
- ◆ Η ετήσια ποσότητα πετρελαίου που αναμένεται να καταναλώνεται για την λειτουργία της.
- ◆ Το αρχικό κόστος του καυσίμου σε €/lt που λαμβάνεται ως τιμή βάσης για τον πρώτο χρόνο λειτουργίας.
- ◆ Η ετήσια αναμενόμενη αύξηση στην τιμή του καυσίμου.
- ◆ Τα ετήσια έξοδα συντήρησης της γεννήτριας.

Αφού εισαχθούν όλα τα δεδομένα το εργαλείο υπολογίζει την NPV για τη γεννήτρια χρησιμοποιώντας το ίδιο επιτόκιο αναγωγής που έχουμε ήδη εισάγει και για το φ/β σύστημα. Οι NPV για τα δυο συστήματα φαίνονται η μια κάτω από την άλλη. Αυτή του φ/β με μαύρο και αυτή της γεννήτριας με κόκκινο χρώμα. Πιο συμφέρουσα είναι η εγκατάσταση με την μεγαλύτερη (επειδή είναι και οι δυο αρνητικές, αυτή με την μικρότερη απόλυτη τιμή) καθαρή παρούσα αξία.

5.7 Φύλλο εργασίας “SENSITIVITY ANALYSIS” του “PV.xls”

Στο φύλλο εργασίας “*SENSITIVITY ANALYSIS*” ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ανάλυση ευαισθησίας για το σύστημα. Οι επιλογές που έχει να κάνει είναι δύο. Πρώτα την παράμετρο της επένδυσης για την οποία θα γίνει η ανάλυση ευαισθησίας και στην συνέχεια το επιθυμητό εύρος μεταβολής της τιμής αυτής.

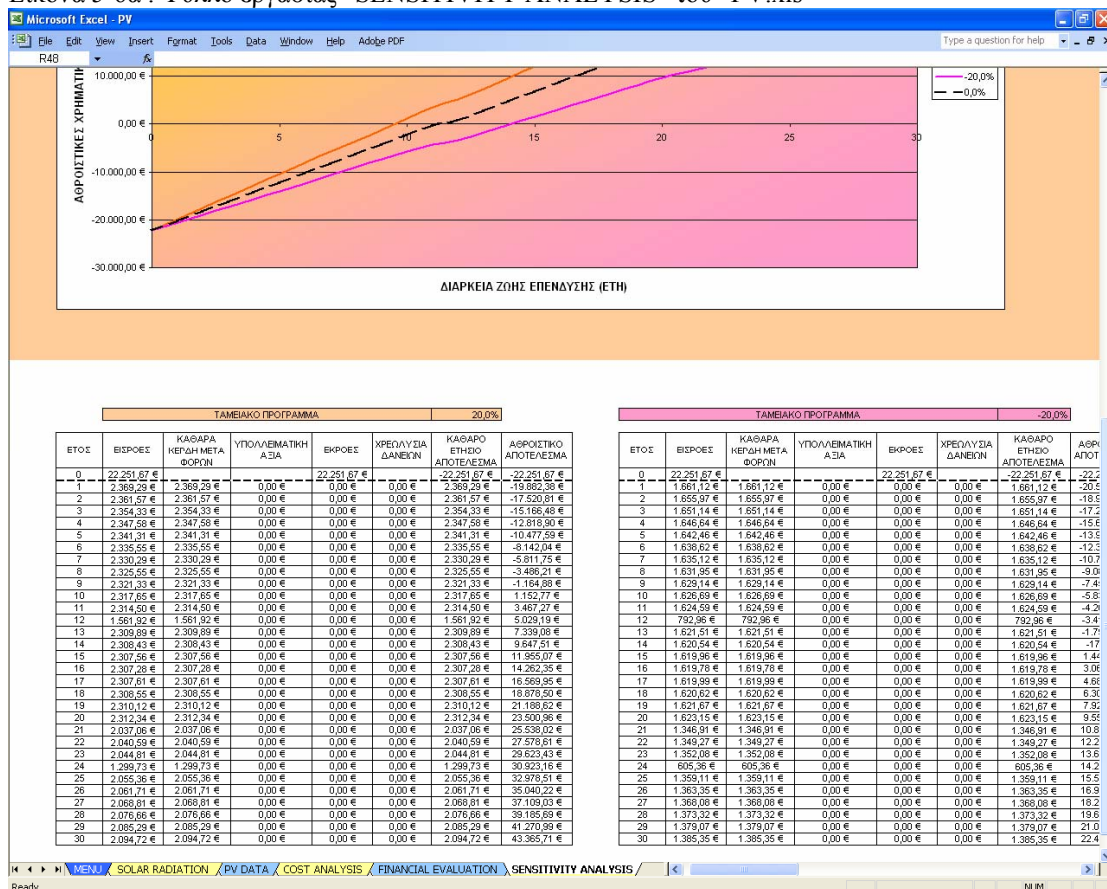
Οι παράμετροι για τις οποίες μπορεί να γίνει η ανάλυση αυτή είναι οι εξής :

- Ετήσια παραγόμενη ενέργεια.
- Αρχικό κόστος συστήματος.
- Ετήσιο κόστος συστήματος.
- Ετήσιο ποσοστό αύξησης τιμής πώλησης (επί της τιμής που αντιστοιχεί στην τιμή πώλησης της ενέργειας από την Δ.Ε.Η.).

Το εύρος μεταβολής των τιμών αυτών εισάγεται με τη μορφή ποσοστού επί των αρχικά επιλεγμένων τιμών. Το εργαλείο στη συνέχεια υπολογίζει το καινούργιο IRR για το πάνω και το κάτω όριο του εύρους αυτού. Ο υπολογισμός γίνεται με τον τρόπο που χρησιμοποιείται και στο φύλλο εργασίας “*FINANCIAL EVALUATION*” και φαίνεται το ταμειακό πρόγραμμα για κάθε ένα από τα δυο όρια. Επίσης γίνεται και γραφική απεικόνιση των αθροιστικών χρηματοροών όπου χρησιμοποιείται πορτοκαλί χρώμα για το άνω όριο, φούξια για το κάτω όριο και διακεκομμένη μαύρη γραμμή για την γραφική παράσταση του φύλλου “*FINANCIAL EVALUATION*”. Στο γράφημα φαίνονται επιπλέον και τα χρόνια που χρειάζονται για να έχουμε θετική χρηματοροή για την κάθε περίπτωση.



Εικόνα 5-6α : Φύλλο εργασίας “SENSITIVITY ANALYSIS” του “PV.xls”



Εικόνα 5-6β : Φύλλο εργασίας “SENSITIVITY ANALYSIS” του “PV.xls”

6 Μελέτη περιπτώσεων



12 KWp σε πολυκατοικία στον Ταύρο

6.1 Γενικά

Αφού έγινε η περιγραφή του εργαλείου, τώρα θα γίνει χρήση του για την αξιολόγηση επιλεγμένων περιπτώσεων συστημάτων. Από τη μελέτη αυτή θα εξαχθούν συμπεράσματα για το κατά πόσο οι επενδύσεις αυτές είναι συμφέρουσες, αλλά και το πόσο συμφέρουσες είναι.

Θα μελετηθούν οι ακόλουθες περιπτώσεις :

1. Σύστημα 6 KWp σε κατοικία στην Αττική.
2. Σύστημα 100 KWp.
 - a) Στο διασυνδεδεμένο σύστημα (Λακωνία)
 - b) Στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (Πάρος).
3. Σύστημα 1 MWp στην Κρήτη.
 - a) Με σταθερούς συλλέκτες.
 - b) Με σύστημα περιστροφής συλλεκτών δύο αξόνων (tracker).
4. Αυτόνομο σύστημα στην Γαύδο.

Θεωρείται ότι όλα τα συστήματα εκτός του αυτόνομου θα αγοραστούν και θα μεταφερθούν εδώ από την Γερμανία.

6.2 Μελέτη συστήματος 6 KWp σε στέγη κατοικίας στην ανατολική Αττική

Το σύστημα αυτό θεωρούμε ότι θα το εγκαταστήσει ιδιώτης στη στέγη του σπιτιού του στην Αττική. Η καλύτερη τοποθεσία είναι η ανατολική Αττική που είναι αραιοκατοικημένη και ελαχιστοποιούνται οι περιπτώσεις σκίασης από άλλα γειτονικά ψηλότερα κτίρια. Για το σύστημα θεωρούμε τα παρακάτω :

- ◆ Θα εγκατασταθεί από ιδιώτη οπότε δεν υπάρχει δικαίωμα επιδότησης αλλά μόνο φοροελάφρυνση.
- ◆ Δεν απαιτούνται άδειες παραγωγής, εγκατάστασης, λειτουργίας ή έγκριση περιβαλλοντικών όρων. Δεν απαιτείται επίσης εξαίρεση από την άδεια παραγωγής. Απαιτούμενος χρόνος αδειοδότησης πριν την εκτέλεση έργου 0 – 90 ημέρες.

➤ Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας

Θεωρούμε νότιο προσανατολισμό (αζιμούθιο 0°) συλλεκτών και κλίση 29°. Επιλέγεται σταθερή στήριξη των φ/β και μηνιαίο ποσοστό λειτουργίας 100%. Γίνεται επιλογή τοποθεσίας από τη βάση του εργαλείου και υπολογίζεται ετήσια ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φ/β ίση με 1,457 MWh/m². Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-1.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	(^o)	37,5
ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(^o)	29
ΑΖΙΜΟΥΝΘΙΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(^o)	0

ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ

κWh/κWp

ΜΗΝΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (κWh/m ² /d)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (κWh/m ² /d)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,17	9,6	2,77
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,61	9,5	3,29
ΜΑΡΤΙΟΣ	100%	3,72	11,4	4,05
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	100%	5,19	14,3	4,66
ΜΑΙΟΣ	100%	6,27	17,8	4,72
ΙΟΥΝΙΟΣ	100%	7,28	22,3	4,93
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	7,09	25,4	4,78
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	6,53	25,5	4,83
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	100%	5,18	22,9	4,55
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	100%	3,29	18,4	3,48
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,29	14,2	2,99
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100%	1,85	10,5	2,81

ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MWh/m²)

1,457

ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (κWh/κWp)

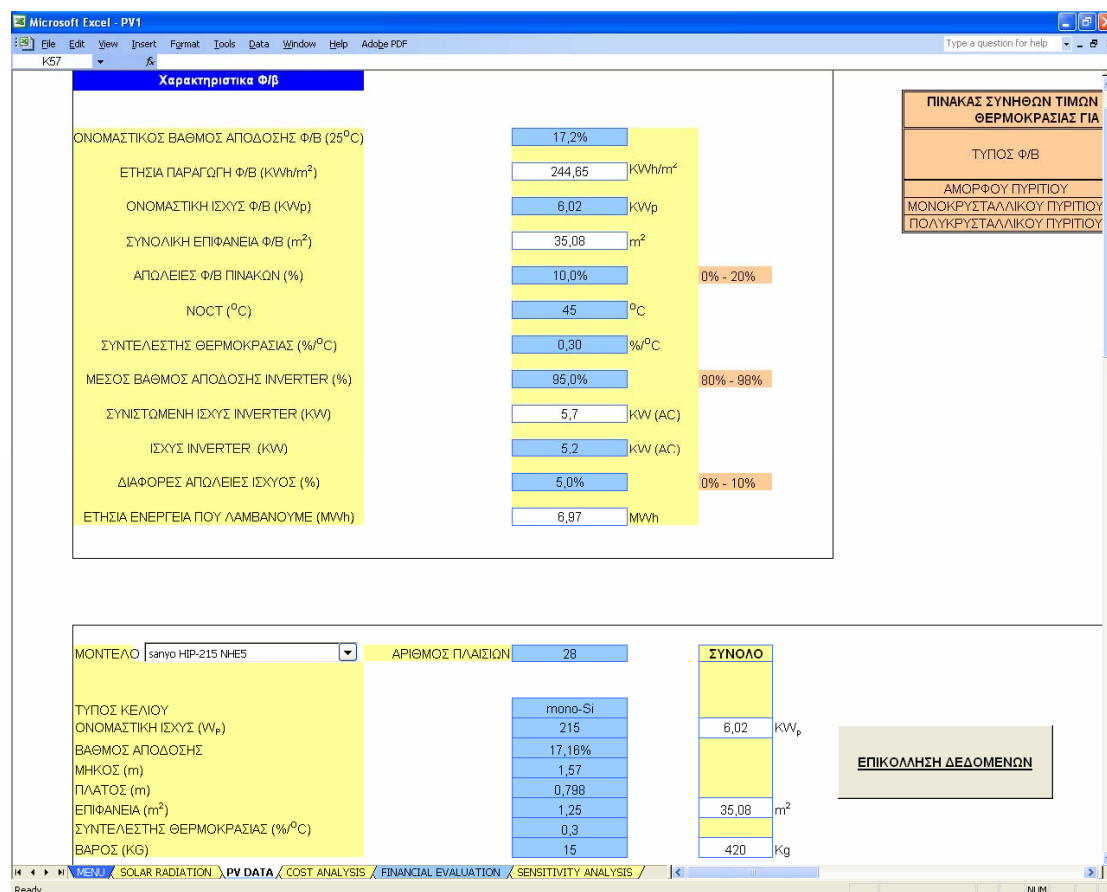
1.157,98

Ready

Εικόνα 6-1 : Σύστημα 6 KWp σε στέγη στην ανατολική Αττική, φύλλο “SOLAR RADIATION”

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Επιλέγεται από την εταιρεία fotovoltaikshop GmbH ένα έτοιμο σύστημα που προσφέρεται. Τα φ/β που χρησιμοποιούνται είναι SANYO HIP 215 NHE5. Από τη βάση του εργαλείου επιλέγουμε τα συγκεκριμένα στοιχεία. Θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 28 πλαίσια με συνολική ονομαστική ισχύ 6,02 KWp. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται ίσες με 10%. Το σύστημα περιλαμβάνει δυο inverters με συνολική ονομαστική ισχύ 5,2 KW και βαθμό απόδοσης 95%. Οι διάφορες απώλειες ισχύος λαμβάνονται ίσες με 5%. Με τα δεδομένα αυτά η ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται 6,97 MWh. Δηλαδή 1.157,98 KWh/KWp. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-2.



Εικόνα 6-2 : Σύστημα 6 KWp σε στέγη στην ανατολική Αττική, φύλλο "PV DATA"

➤ Ανάλυση κόστους

Το κόστος του συστήματος όπως δίνεται από την εταιρεία έχει ως εξής :

Είδος	Τιμή μονάδας	Σύνολο
28 φ/β πλαίσια Sanyo HIP 215 NHE5	916,00 €	25.648,00 €
1 αντιστροφέας SMA Sunny Boy 3300 Display	1.510,00 €	1.510,00 €
1 αντιστροφέας SMA Sunny Boy 2100-TL Display	1.124,00 €	1.124,00 €
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτης DC		896,35 €
Μεταφορικά έξοδα		720,00 €
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.		29.898,35 €

Τιμή με Φ.Π.Α. 19%

35.579,04 €

Η φ/β μονάδα περιλαμβάνει πλαίσιο στήριξης για επικλινή στέγη (κεραμοσκεπή, κυματοειδές Eternit κ.τ.λ.) με ανοξείδωτα άγκιστρα, οδηγούς αλουμινίου και ανοξείδωτες βίδες. Καλώδια φ/β στοιχείων μέχρι τον αντιστροφέα συμπεριλαμβανομένου φινις MC.

Εισάγουμε τα παραπάνω δεδομένα στο φύλλο εργασίας "COST ANALYSIS". Επιλέγουμε έξοδα σύνδεσης με το δίκτυο της ΔΕΗ 2000 € (μαζί με την τοποθέτηση του μετρητή), οικονομοτεχνική μελέτη εγκατάστασης 100 € και φοροελάφρυνση

700€ (το μέγιστο που μπορεί να επιτευχθεί). Τα ετήσια έξοδα για την ασφάλεια της εγκατάστασης θεωρούνται 0,5% του αρχικού κόστους και τα λοιπά ετήσια έξοδα 0,3%. Επίσης η αντικατάσταση των inverter υπολογίζεται για μετά από 13 χρόνια. Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται τελικά σε 36.979,04 €. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-3.

ΑΡΧΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	6,0 KWr	5.070,00 €	30.521,40 €
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β	35,1 m ²	0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΕΝΕΡΓΗΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ		0,00 €	0,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	420 Kg	2,04 €	856,80 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ		0,00 €	0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			31.378,20 €
ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1	100,00 €	100,00 €
ΕΞΟΔΑ ΠΑ.ΑΔΕΙΕΣ		0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		0,00 €	0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			100,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ	5 kW	0,00 €	0,00 €
INVERTER	2	1.567,23 €	3.134,46 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1	2.000,00 €	2.000,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1	1.066,66 €	1.066,66 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	Kg	0,00 €	0,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		0,00 €	0,00 €
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	ΑΤΟΜΑ	0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	-700,00 €	-700,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			5.501,12 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΕΝΟΙΚΙΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ		0,00 €	0,00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,50%		184,90 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	0,30%		110,94 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			295,83 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΞΟΔΑ			
	ΚΑΘΕ	ΕΤΗΣΙΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ETH	0,00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER	13	ETH	3.134,46 €
		ETH	0,00 €
		ETH	0,00 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ			36.979,32 €

Εικόνα 6-3 : Σύστημα 6 KWr σε στέγη στην ανατολική Αττική, φύλλο "COST ANALYSIS"

➤ Οικονομική αξιολόγηση

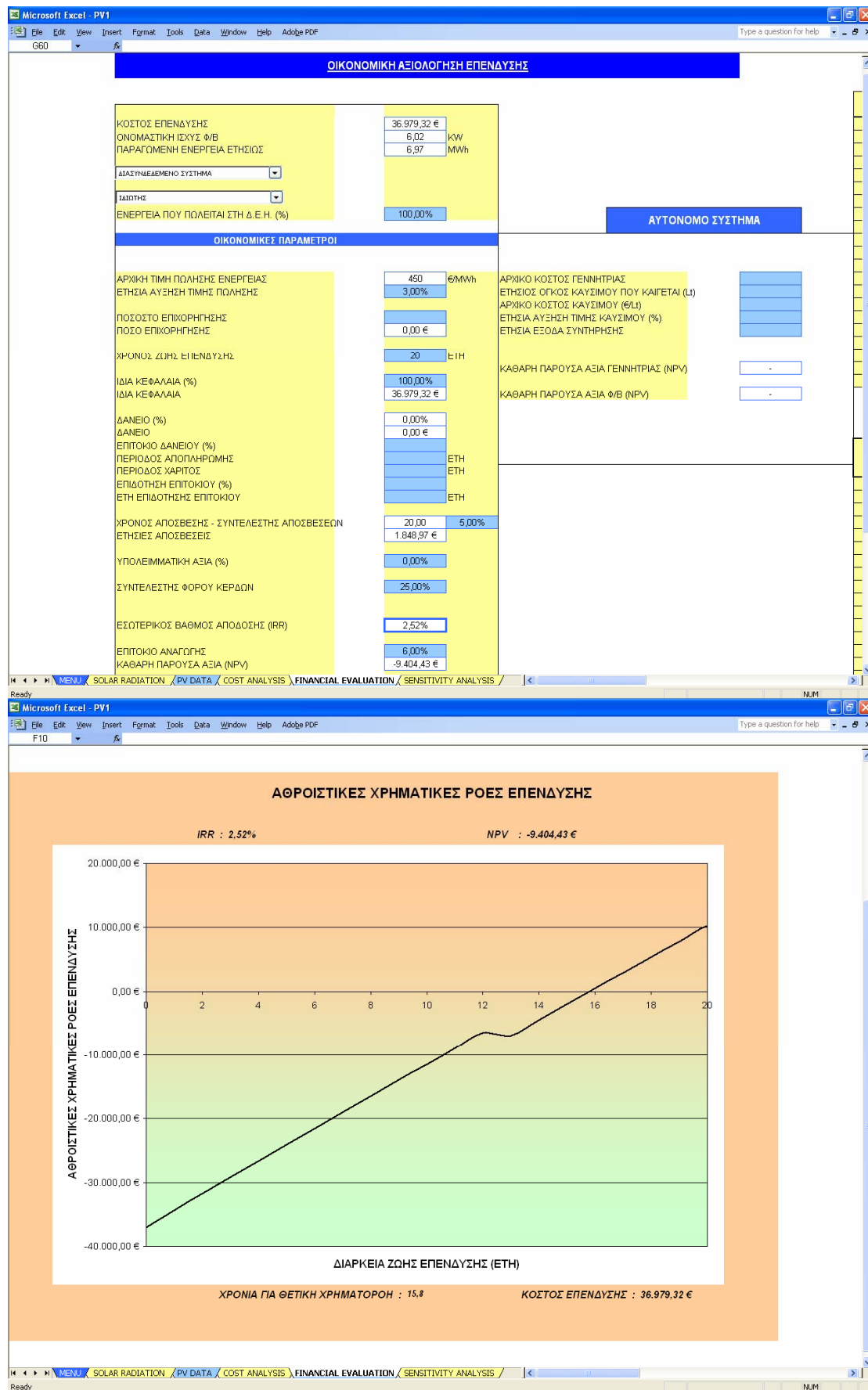
Θεωρούμε :

- Διασυνδεδεμένο σύστημα και ιδιώτη.
- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ιδία κεφάλαια 100%.
- Διάρκεια ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5% και υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής για την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης 6%.

Και από το εργαλείο παίρνουμε :

- IRR = 2,52%
- NPV = -9.404,43 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 15,8 έτη

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-4.



Εικόνα 6-4 : Σύστημα 6 KWp σε στέγη στην ανατολική Αττική, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"

➤ **Συμπεράσματα**

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση της επένδυσης από ιδιώτη στη στέγη του σπιτιού του, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρκετά μικρός και η παρούσα αξία της επένδυσης είναι αρνητική. Αυτό συμβαίνει για δυο κυρίως λόγους. Καταρχήν εξαιτίας του ότι δεν υπάρχει δικαίωμα για επιδότηση και επιπλέον γιατί αφού το μέγεθος του συστήματος είναι σχετικά μικρό, το κόστος ανά εγκατεστημένο KWp είναι μεγάλο.

Φυσικά μπορεί να μην συνέβαινε το ίδιο αν το σύστημα τοποθετούταν κατά την κατασκευή μιας νέας κατοικία αντί για έναν τοίχο ή αντί για στέγη. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που τα φ/β συστήματα χρησιμοποιούνται είτε για σκέπαστρα, είτε σαν προσόψεις ή στέγες κτιρίων. Στις περιπτώσεις αυτές από το αρχικό κόστος των συστημάτων μπορούμε να αφαιρέσουμε το κόστος της κατασκευής της οποίας τη θέση πήραν. Οπότε θα ήταν πολύ ενδιαφέρουσα η μελέτη τέτοιων μικρών συστημάτων ενσωματωμένα σε κατοικίες ή γενικότερα σε κατασκευές και όχι σαν αυτόνομα συστήματα.

6.3 Μελέτη συστήματος 100 KWp

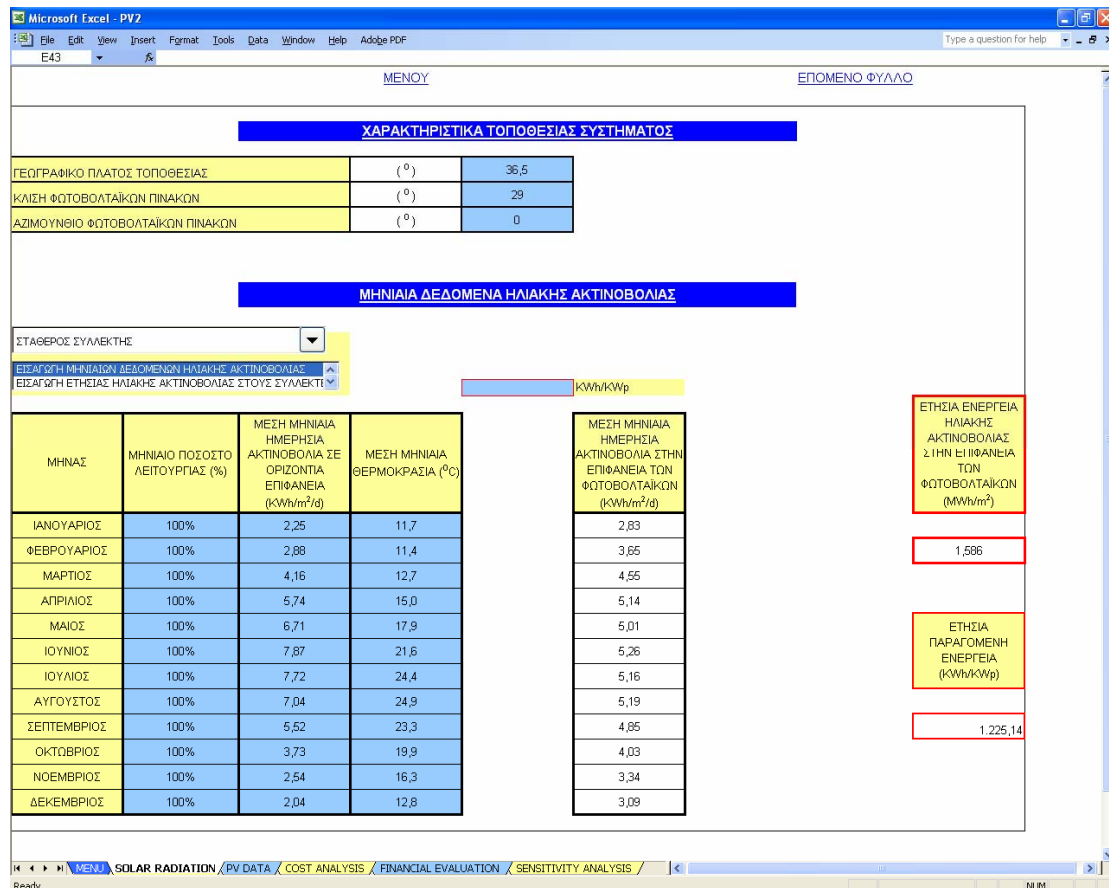
- ◆ Θεωρούμε ότι την επένδυση θα πραγματοποιήσει εταιρεία, οπότε έχει το δικαίωμα επιδότησης.
- ◆ Το ποσοστό της επένδυσης που θα καλυφθεί από ίδια κεφάλαια είναι 25 %.
- ◆ Απαιτούνται εξαίρεση από άδεια παραγωγής και έγκριση περιβαλλοντικών όρων.

6.3.1 Στο διασυνδεδεμένο σύστημα (Λακωνία)

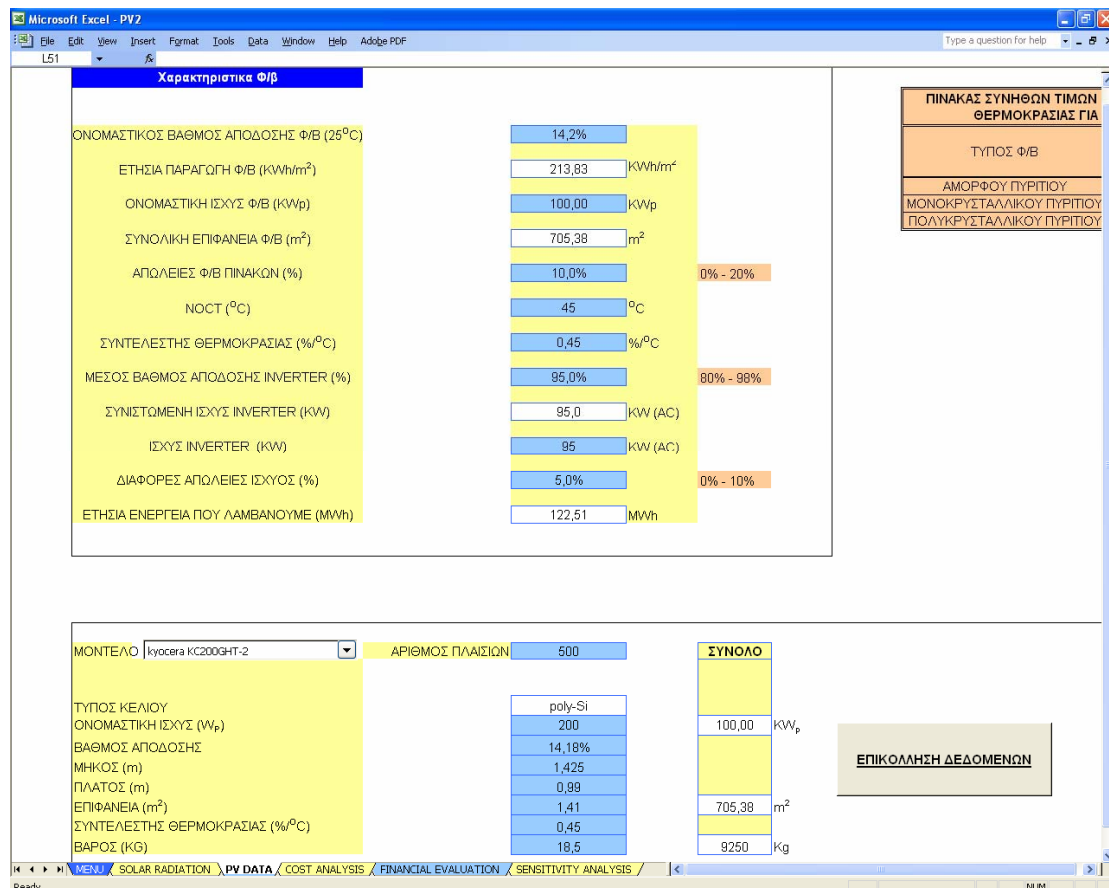
- ◆ Η επιδότηση που δικαιούται η εταιρεία που θα πραγματοποιήσει την επένδυση είναι από την νομοθεσία 40% (η Λακωνία ανήκει στην περιοχή Γ).
- ◆ Ο απαιτούμενος χρόνος για την αδειοδότηση της εγκατάστασης είναι 75 – 210 ημέρες. Θεωρείται ότι θα γίνει σε μη προστατευόμενη περιοχή οπότε ο χρόνος θα είναι περίπου 75 – 100 ημέρες.

➤ **Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας**

Από τη βάση δεδομένων του εργαλείου για την ακτινοβολία, επιλέγουμε την περιοχή της Λακωνίας. Θεωρούμε ότι το οικόπεδο που θα τοποθετηθούν οι συλλέκτες έχει κατάλληλο προσανατολισμό (αζιμόνθιο 0°) και επιλέγουμε κλίση 29°. Επίσης επιλέγουμε μηνιαίο ποσοστό χρήσης 100%. Η ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια των φ/β υπολογίζεται σε 1,586 MWh/m². Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-5.



Εικόνα 6-5 : Σύστημα 100 KWp στη Λακωνία, φύλλο “SOLAR RADIATION”



Εικόνα 6-6 : Σύστημα 100 KWp στη Λακωνία, φύλλο “PV DATA”

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Από την βάση του εργαλείου επιλέγονται συλλέκτες Kyocera KC 200GHT-2 με ονομαστική ισχύ 200Wr. Συνολικά θα εγκατασταθούν 500 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 100 KWp. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται 10%. Επιλέγονται inverter KACO Powador συνολικής ισχύος 95 KW με βαθμό απόδοσης 95%. Διάφορες απώλειες ισχύος 5%. Έτσι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται σε 122,51 MWh. Δηλαδή 1.225,14 KWh/KWp. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-6.

➤ Ανάλυση κόστους

Το κόστος του συστήματος έχει ως εξής :

Είδος	Τιμή μονάδας	Σύνολο
500 φ/β πλαίσια Kyocera KC 200GHT-2	850,00 €	425.000,00 €
3 inverters KACO Powador 30000xi	12.214,24 €	36.642,72 €
1 inverter KACO Powador 5000xi	2.411,56 €	2.411,56 €
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτες DC		14.000,00 €
Παρακολούθηση συστήματος με 4 SolarLog 100 e - for 1 KACO inverter	343,91 €	1.375,64 €
Μεταφορικά		11.660,00 €
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.		491.089,92 €

Τιμή με Φ.Π.Α. 19%

584.397,00 €

ΑΡΧΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	100,0 KWp	5.057,50 €	505.750,00 €
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β	705,4 m ²	16.660,00 €	11.747,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1	13.075,00 €	13.075,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	9250 Kg	1,00 €	9.250,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ			0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			536.296,00 €
ΕΣΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1	6.000,00 €	6.000,00 €
ΕΣΟΔΑ ΓΙΑ ΛΟΙΠΕΣ	1	0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ	1	0,00 €	0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			6.000,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ	95 KW	0,00 €	0,00 €
INVERTER	4	11.618,65 €	46.474,59 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1	4.000,00 €	4.000,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	4	409,25 €	1.637,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	1	0,00 €	0,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	3.000,00 €	3.000,00 €
ΕΚΚΛΙΣΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	ΑΤΟΜΑ	0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	5.000,00 €	5.000,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			60.111,59 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ			
ΕΝΔΟΧΕΙΡΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ		0,00 €	0,00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,70%		4.216,78 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	0,90%		5.421,57 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			9.638,35 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΣΟΔΑ			
		ΚΟΣΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ΕΤΗ	0,00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER		ΕΤΗ	43.604,95 €
		ΕΤΗ	0,00 €
		ΕΤΗ	0,00 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΣΟΔΩΝ			602.396,59 €

Εικόνα 6-7 : Σύστημα 100 KWp στη Λακωνία, φύλλο "COST ANALYSIS"

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	5.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70 %
Λοιπά ετήσια έξοδα	0,90 %
Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	13.000 €

Έτσι το αρχικό κόστος της επένδυσης ανέρχεται τελικά σε 602.397,00 €. Επίσης θεωρούμε αντικατάσταση αντιστροφών μετά από 12 έτη. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-7.

➤ Οικονομική αξιολόγηση

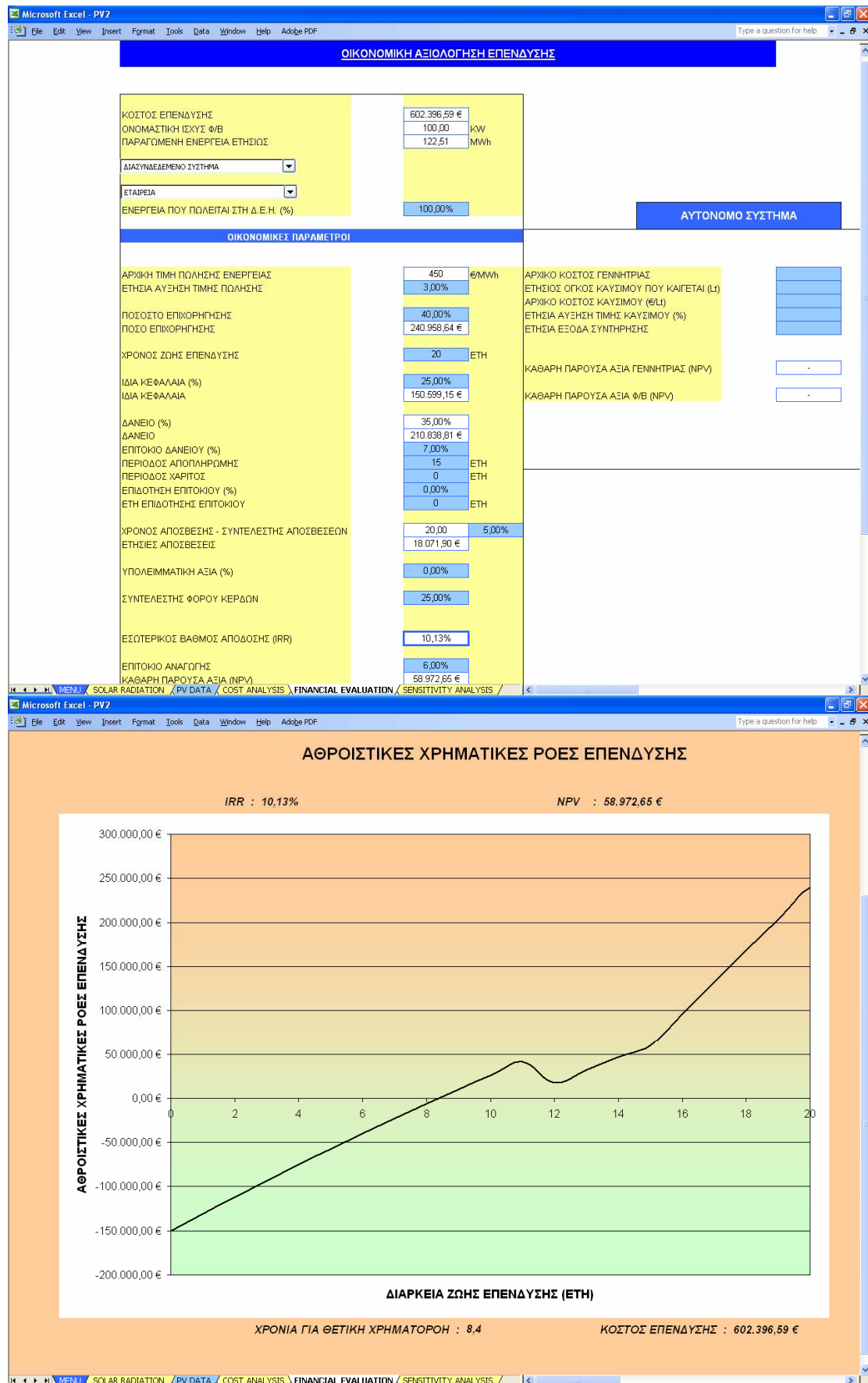
Θεωρούμε :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40%.
- Ιδία κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00%.
- Περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5%.
- Υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 6%.

Και από το εργαλείο παίρνουμε :

- IRR = 10,13 %
- NPV = 58.972,65 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 8,4 έτη

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-8.



Εικόνα 6-8 : Σύστημα 100 ΚWp στη Λακωνία, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"

6.3.2 Στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (Πάρος)

- ♦ Η επιδότηση στην περίπτωση αυτή θα είναι 40% (περιοχή Β, όχι μεγάλη εταιρεία).
- ♦ Ο απαιτούμενος χρόνος για την αδειοδότηση του συστήματος θα είναι ο ίδιος με το διασυνδεδεμένο σύστημα και θα είναι περίπου 75 – 100 ημέρες.

➤ Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας

Από τη βάση δεδομένων του εργαλείου επιλέγουμε την περιοχή της Πάρου. Επιλέγουμε κλίση για τα φ/β πλαίσια 30° και νότιο προσανατολισμό. Επίσης επιλέγεται σταθερή στήριξη και μηνιαίο ποσοστό λειτουργίας 100 %. Η ετήσια ενέργεια ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φ/β υπολογίζεται ίση με $1,718 \text{ MWh/m}^2$. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-9.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	($^\circ$)		36,5
ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	($^\circ$)		30
ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	($^\circ$)		0

ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ			
ΜΗΝΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m ² /d)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,43	12,5
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100%	3,00	11,9
ΜΑΡΤΙΟΣ	100%	4,44	13,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	100%	6,18	15,3
ΜΑΙΟΣ	100%	7,29	18,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	100%	8,32	21,4
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	8,24	23,9
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	7,52	24,4
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	100%	6,11	23,1
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	100%	4,11	20,1
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,67	16,8
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,10	13,6

ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kWh/m ² /d)	ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MWh/m ²)
3,19	
3,87	
4,94	
5,57	
5,40	
5,50	
5,45	
5,55	
5,48	
4,62	
3,62	
3,26	
	1,718

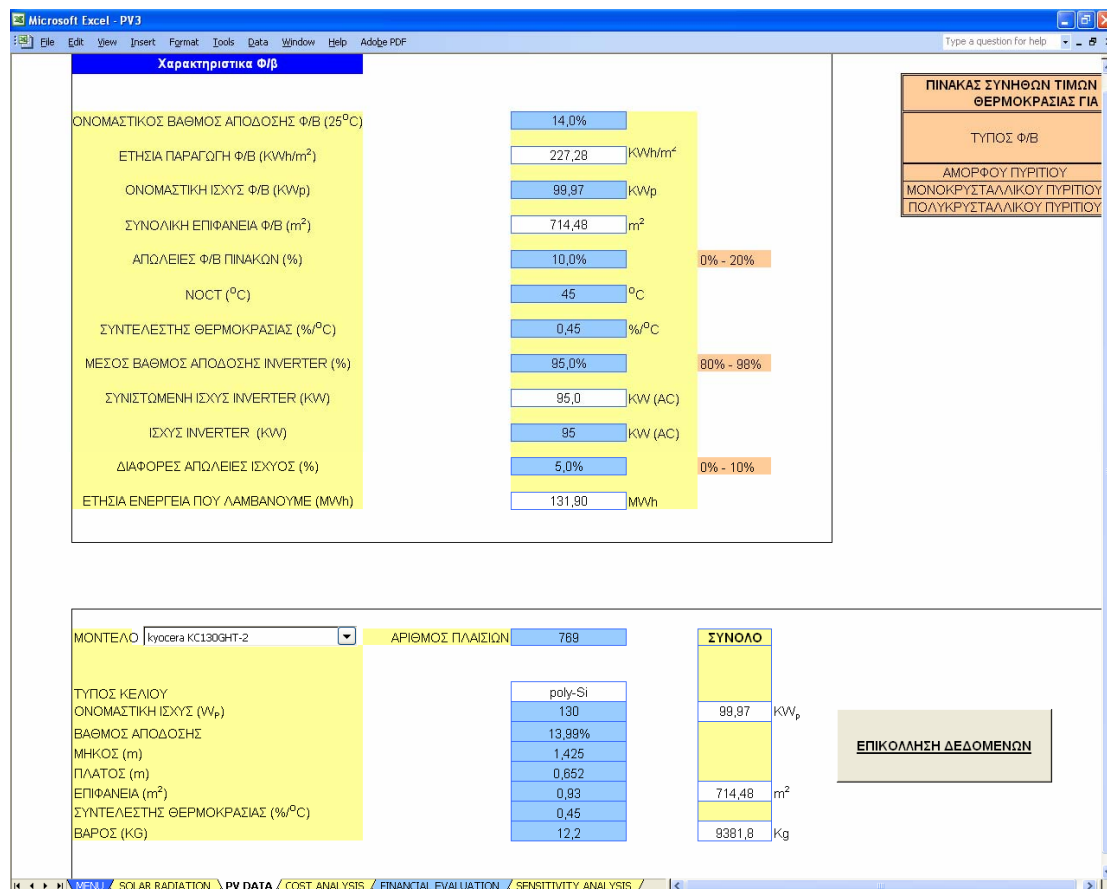
ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/kWp)
1,319,39

Εικόνα 6-9 : Σύστημα 100 KWp στην Πάρο, φύλλο "SOLAR RADIATION"

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Από την βάση του εργαλείου επιλέγονται συλλέκτες Kyocera KC 130GHT-2 με ονομαστική ισχύ 130Wp. Συνολικά θα εγκατασταθούν 769 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 99,97 KWp. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται 10%. Επιλέγονται inverter KACO Powador συνολικής ισχύος 95 KW με βαθμό απόδοσης 95%. Διάφορες απώλειες ισχύος 5%. Έτσι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει

το σύστημα υπολογίζεται σε 131,90 MWh. Δηλαδή 1.319,39 KWh/KWp. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-10.



Εικόνα 6-10 : Σύστημα 100 KWp στην Πάρο, φύλλο "PV DATA"

➤ Ανάλυση κόστους

Το κόστος του συστήματος έχει ως εξής :

Είδος	Τιμή μονάδας	Σύνολο
769 φ/β πλαίσια Kyocera KC 130GHT-2	550,00 €	422.950,00 €
3 inverters KACO Powador 30000xi	12.214,24 €	36.642,72 €
1 inverter KACO Powador 5000xi	2.411,56 €	2.411,56 €
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτες DC		14.500,00 €
Παρακολούθηση συστήματος με 4 SolarLog 100 e - for 1 KACO inverter	343,91 €	1.375,64 €
Μεταφορικά		15.000,00 €
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.		492.879,92 €

Τιμή με Φ.Π.Α. 19%

586.527,10 €

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	30.000 €
-----------------	----------

Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	16.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70 %
Λοιπά ετήσια έξοδα	1,00 %

Τελικά το αρχικό κόστος της εγκατάστασης είναι 632.527,10 €. Επίσης θεωρούμε αντικατάσταση αντιστροφών μετά από 12 έτη. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-11.

ΑΡΧΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	100,0	KWp	5.034,61 €
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β	714,5	m ²	0,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1		17.255,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	9381,8	Kg	1,90 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ			0,00 €
			ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ 538.414,77 €
ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1		6.000,00 €
ΕΞΟΔΑ ΠΛ. ΑΔΕΙΕΣ			0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			0,00 €
			ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ 6.000,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ			0,00 €
INVERTER 95 KW	4		11.618,65 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1		6.000,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	4		409,25 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	1	Kg	0,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1		4.000,00 €
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ			0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	ΑΤΟΜΑ	30.000,00 €
			ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ 88.111,59 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ			
ΕΝΟΙΚΙΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ			0,00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,70%	m ²	4.427,68 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	1,00%		6.325,26 €
			ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ 10.752,95 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΞΟΔΑ			
		ΚΑΘΕ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ΕΤΗ	0,00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER		12 ΕΤΗ	43.604,85 €
		ΕΤΗ	0,00 €
		ΕΤΗ	0,00 €
			ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ 632.526,37 €

Εικόνα 6-11 : Σύστημα 100 KWp στην Πάρο, φύλλο "COST ANALYSIS"

➤ Οικονομική αξιολόγηση

Θεωρούμε :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40% και ίδια κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00%.
- Περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5%.
- Υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 6%.

Και από το εργαλείο παίρνουμε :

- IRR = 14,06 %
- NPV = 123.274,14 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 6,4 έτη

Οι υπολογισμοί φαίνονται στις εικόνες 6-12α και 6-12β.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ: 632.526,37 €

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β: 99,97 kW

ΠΑΡΑΓΩΜΗΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΗΣΙΩΣ: 131,80 MWh

ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΩΛΕΙΤΑΙ ΣΤΗ Δ.Ε.Η. (%): 100,00%

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: 500 €/MWh

ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΠΩΛΗΣΗΣ: 3,00%

ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ: 40,00%

ΠΟΣΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ: 253.010,55 €

ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ: 20 ΕΤΗ

ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (%): 25,00%

ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ: 158.131,59 €

ΔΑΝΕΙΟ (%): 35,00%

ΔΑΝΕΙΟ: 221.384,23 €

ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΟΥ (%): 7,00%

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ: 15 ΕΤΗ

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΧΑΡΙΤΟΣ: ΕΤΗ

ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ (%): ΕΤΗ

ΕΤΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ: ΕΤΗ

ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ: 20,00 5,00%

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ: 18.975,79 €

ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ (%): 0,00%

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΟΥ ΚΕΡΔΩΝ: 25,00%

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (IRR): 14,06%

ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ: 6,00%

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV): 123.274,14 €

ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΟΥ ΚΑΙΓΕΤΑΙ (L)

ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/L)

ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (%)

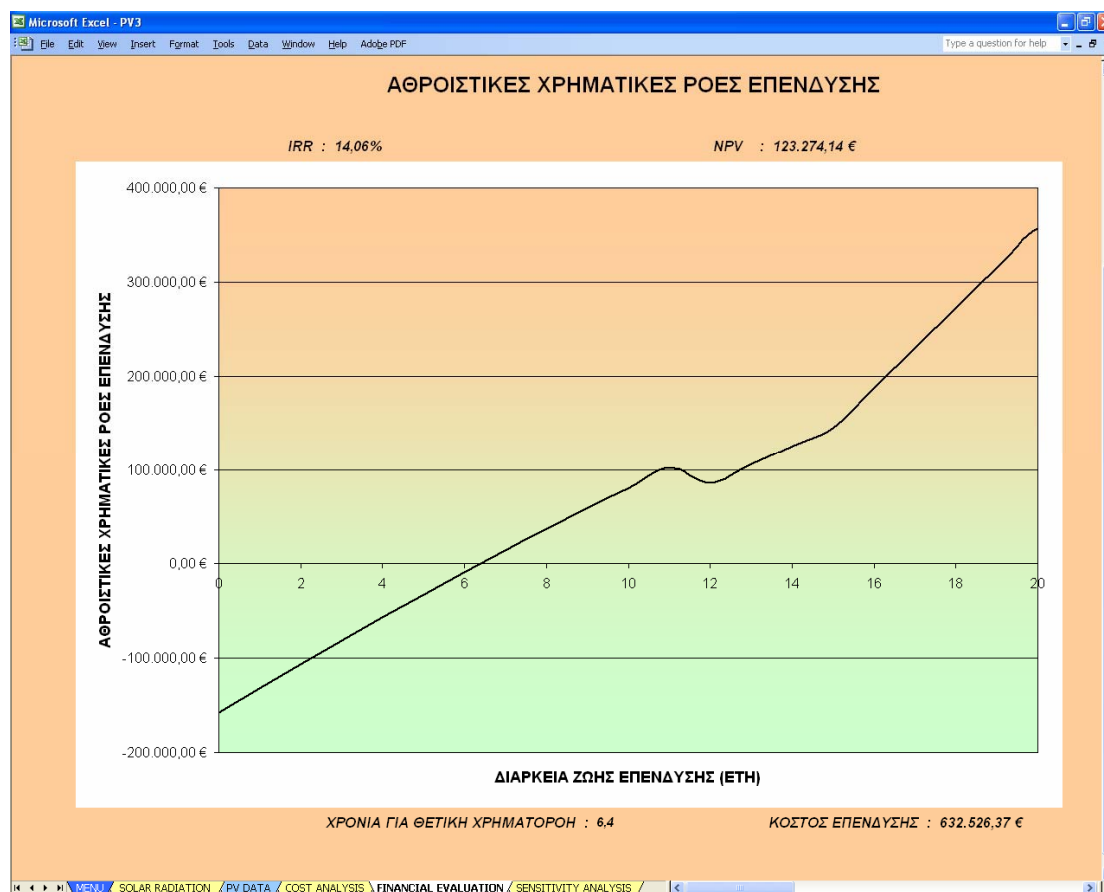
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (NPV): -

ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ Φ/Β (NPV): -

MEYU SOLAR RADIATION PV DATA COST ANALYSIS FINANCIAL EVALUATION SENSITIVITY ANALYSIS

Εικόνα 6-12α : Σύστημα 100 KWp στην Πάρο, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"



Εικόνα 6-12β : Σύστημα 100 ΚWp στην Πάρο, φύλλο “FINANCIAL EVALUATION”

6.3.3 Συμπεράσματα

Παρατηρούμε ότι ένα φ/β σύστημα της τάξεως των 100 ΚWp είναι μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση. Μελετήθηκαν δυο τέτοια συστήματα. Ένα στο διασυνδεδεμένο και ένα στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα. Βλέπουμε ότι και οι δυο επενδύσεις έχουν βαθμό απόδοσης άνω του 10 %. Τα συστήματα τέτοιου μεγέθους είναι οικονομικότερα από τα μικρά λόγω καλύτερων τιμών στον εξοπλισμό εξαιτίας της αγοράς μεγάλων ποσοτήτων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι πιο συμφέρον είναι αυτό στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα παρόλο που είναι ακριβότερο. Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους. Αφενός γιατί η τιμή πώλησης της KWh στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα είναι μεγαλύτερη, αλλά και επειδή θεωρήσαμε ότι το σύστημα αυτό βρίσκεται στην Πάρο οπότε έχει και μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή ενέργειας. Και έτσι παρόλο που είναι ακριβότερο, το επιπλέον κόστος τελικά αντισταθμίζεται από την αυξημένη τιμή πώλησης και την αυξημένη παραγωγή ενέργειας.

Η διαφορά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης των δυο συστημάτων είναι περίπου 4% και της καθαρής παρούσας αξίας τους περίπου 65.000 €.

6.4 Μελέτη συστήματος 1 MWp στην Κρήτη

- ♦ Η επιδότηση που δικαιούται η εταιρεία που θα πραγματοποιήσει την επένδυση είναι από την νομοθεσία 40% (η Κρήτη ανήκει στην περιοχή Β, θεωρούμε όχι μεγάλη εταιρεία). Ιδία κεφάλαια 25 %.
- ♦ Απαιτούνται άδεια παράγωγής, έγκριση περιβαλλοντικών όρων, άδεια εγκατάστασης και άδεια λειτουργίας. Ο απαιτούμενος χρόνος για την αδειοδότηση της εγκατάστασης είναι 165 – 270 ημέρες.

6.4.1 Με σταθερούς συλλέκτες

➤ Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας

Επιλέγουμε την περιοχή της Κρήτης που θα εγκατασταθεί το σύστημα από τη βάση του εργαλείου. Θεωρούμε νότιο προσανατολισμό φ/β και κλίση 28°. Επιλέγεται σταθερή στήριξη και μηνιαίο ποσοστό λειτουργίας 100%. Η ετήσια ενέργεια στην επιφάνεια των φ/β προκύπτει ίση με 1,733 MWh/m². Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-13.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	(°)	35,5
ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(°)	28
ΑΖΙΜΟΥΝΘΙΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(°)	0

ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

ΣΤΑΘΕΡΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ: [Dropdown]

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ [Dropdown]

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ [Dropdown]

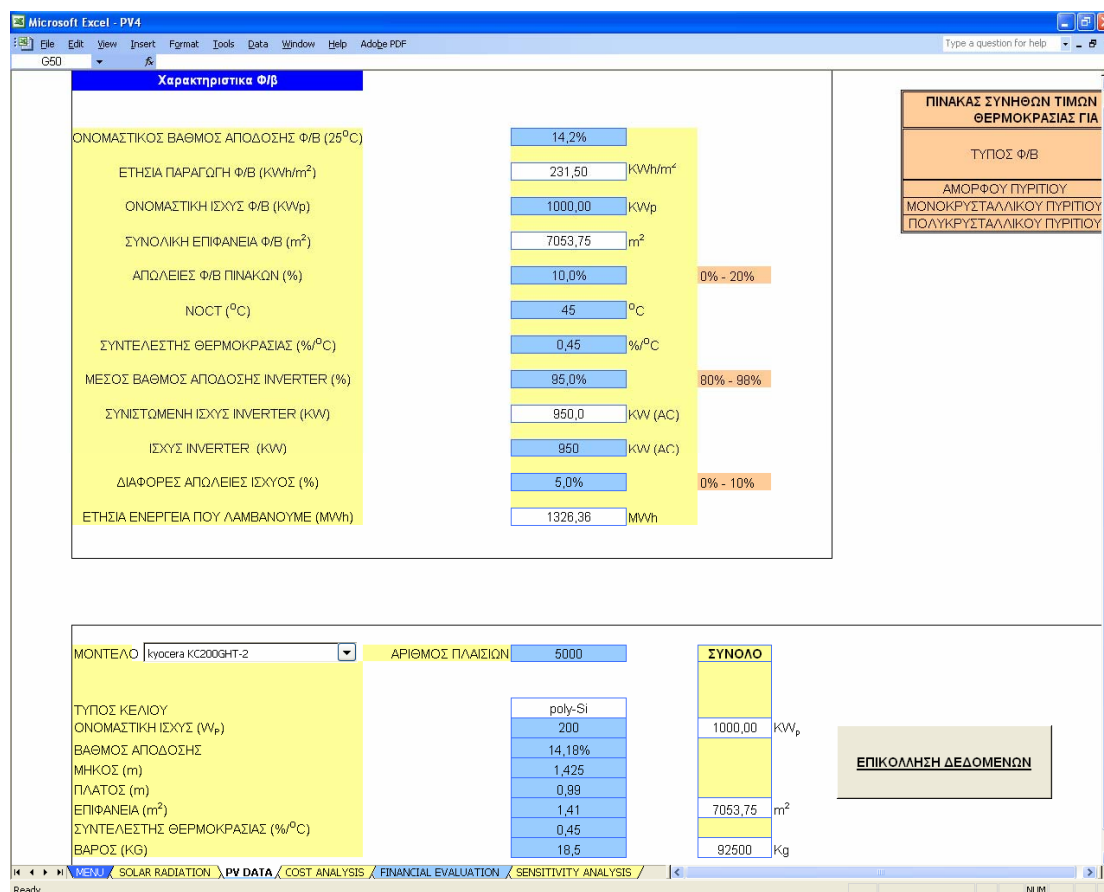
Unit: kWh/kWp

ΜΗΝΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m ² /d)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kWh/m ² /d)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,45	13,7	3,08
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100%	3,05	13,0	3,81
ΜΑΡΤΙΟΣ	100%	4,50	14,0	4,91
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	100%	6,35	15,8	5,69
ΜΑΙΟΣ	100%	7,35	18,2	5,46
ΙΟΥΝΙΟΣ	100%	8,46	21,2	5,63
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	8,43	23,4	5,62
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	7,67	24,0	5,66
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	100%	6,30	23,3	5,59
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	100%	4,24	20,9	4,65
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,75	18,0	3,58
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,19	14,9	3,25

ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MWh/m²): 1,733

ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/kWp): 1.326,36

Εικόνα 6-13 : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο "SOLAR RADIATION"



Εικόνα 6-14 : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο "PV DATA"

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Από την βάση του εργαλείου επιλέγονται συλλέκτες Kyocera KC 200GHT-2 με ονομαστική ισχύ 200Wp. Συνολικά θα εγκατασταθούν 5000 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 1 MWp. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται 10%. Επιλέγονται 38 inverter KACO Powador 25000xi με βαθμό απόδοσης 95%. Διάφορες απώλειες ισχύος 5%. Έτσι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται σε 1326,36 MWh. Δηλαδή 1.326,36 KWh/KWp. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-14.

➤ Ανάλυση κόστους

Το κόστος του συστήματος έχει ως εξής :

Είδος	Τιμή μονάδας	Σύνολο
5000 φ/β πλαίσια Kyocera KC 200GHT-2	800,00 €	4.000.000,00 €
38 inverters KACO Powador 25000xi	10.600,00 €	402.800,00 €
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτης DC	100.000,00 €	100.000,00 €
Παρακολούθηση συστήματος με 38 SolarLog 400 e - for 1 KACO inverter	320,00 €	12.160,00 €

Παρακολούθηση συστήματος μέσω internet με KACO Powador proLOG "XL" with ISDN-Modem	1.457,81 €	1.457,81 €
Μεταφορικά		105.000,00 €
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.	4.621.417,81 €	

Τιμή με Φ.Π.Α. 19% 5.499.487,19 €

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	40.000 €
Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	70.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70 %
Λοιπά ετήσια έξοδα	1,00 %

Υπολογίζουμε και 1.000 € για σεμινάρια των χειριστών του συστήματος. Τελικά το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι 5.610.487,19 €. Επίσης θεωρούμε αντικατάσταση αντιστροφών μετά από 12 έτη. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-15.

➤ Οικονομική αξιολόγηση

Θεωρούμε :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40%.
- Ιδία κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00% και περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.
- Συντελεστής αποσβέσεων 5% και υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 5%.

Και από το εργαλείο παίρνουμε :

- IRR = 14,42%
- NPV = 1.122.578,62 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 6,1 έτη

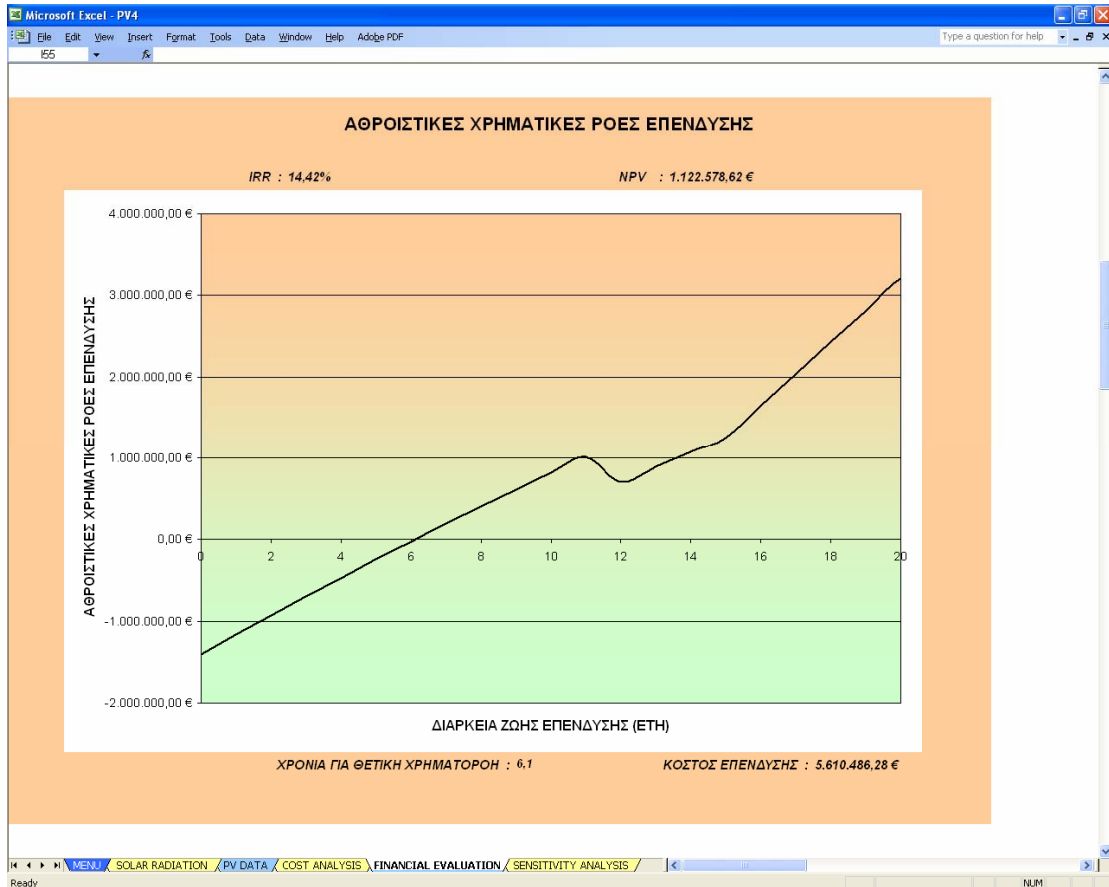
Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-16α και 6-16β.

ΑΡΧΙΚΑ ΕΣΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	1000,0 KWP	4.760,00 €	4.760.000,00 €
ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΣΤΗΡΙΞΗ Φ/Β	7053,6 m ²	0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1	119.000,00 €	119.000,00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	92500 Kg	1,35 €	124.949,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ		0,00 €	0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			5.003.949,00 €
ΕΣΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1	46.000,00 €	46.000,00 €
ΕΣΟΔΑ ΠΑ ΔΑΔΕΙΣ		0,00 €	0,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		0,00 €	0,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			46.000,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ	950 KW	0,00 €	0,00 €
INVERTER	38	12.614,00 €	479.332,00 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1	17.000,00 €	17.000,00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	39	415,52 €	16.205,28 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	Kg	0,00 €	0,00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	7.000,00 €	7.000,00 €
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	2 ΑΤΟΜΑ	500,00 €	1.000,00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	40.000,00 €	40.000,00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			560.537,28 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ			
ΕΘΝΙΚΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ		0,00 €	0,00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0,70%		39.273,40 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ	1,00%		56.104,86 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			95.378,27 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΣΟΔΑ			
ΚΑΘΕ			
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ETH	0,00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER	12	ETH	574.770,00 €
		ETH	0,00 €
		ETH	0,00 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΣΟΔΩΝ			5.610.486,28 €

Εικόνα 6-15 : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “COST ANALYSIS”

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	5.610.486,28 €
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β	1000,00 kW
ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΗΣΙΩΣ	1326,36 MWh
ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΤΑΙΡΕΙΑ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΟΛΕΙΤΑΙ ΣΤΗ Δ.Ε.Η. (%)	100,00%
ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	
ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ ΠΟΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	450 €/MWh
ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΠΟΛΗΣΗΣ	3,00%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ	40,00%
ΠΟΣΟ ΕΠΙΧΟΡΗΓΗΣΗΣ	2.244.194,51 €
ΧΡΟΝΟΣ ΔΩΡΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	20 ΕΤΗ
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (%)	25,00%
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ	1.402.621,57 €
ΔΑΝΕΙΟ (%)	35,00%
ΔΑΝΕΙΟ	1.963.670,20 €
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΟΥ (%)	7,00%
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ	15 ΕΤΗ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΧΑΡΙΤΟΣ	ΕΤΗ
ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ (%)	
ΕΤΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ	ΕΤΗ
ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ	20,00 5,00%
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	168.314,59 €
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ (%)	0,00%
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΟΥ ΚΕΡΔΩΝ	25,00%
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (IRR)	14,42%
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ	6,00%
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV)	1.122.578,62 €
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	
ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΟΥ ΚΑΙΓΕΤΑΙ (t)	
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/t)	
ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (%)	
ΕΤΗΣΙΑ ΕΣΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (NPV)	-
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ Φ/Β (NPV)	-

Εικόνα 6-16α : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “FINANCIAL EVALUATION”



Εικόνα 6-16β : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"

➤ Ανάλυση ευαισθησίας

Θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας της επένδυσης ως προς το αρχικό κόστος της επένδυσης. Εισάγουμε εύρος μεταβολής τιμών 5% και τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι τα εξής :

	5 %	0	-5 %
IRR	13,84 %	14,42 %	15,06 %
NPV	1.090.924,79 €	1.122.578,62 €	1.154.232,45 €

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-17.



Εικόνα 6-17 : Σταθερό σύστημα 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “SENSITIVITY ANALYSIS”

6.4.2 Με συλλέκτες περιστροφής σε δύο άξονες

➤ Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση το μηνιαίο ποσοστό λειτουργίας επιλέγεται ίσο με 100%. Επειδή τα φ/β θα έχουν δυνατότητα περιστροφής σε δυο άξονες, η ετήσια ενέργεια που θα παράγεται θα είναι (παράγραφοι 3.2.1.4 & 5.3) 35% μεγαλύτερη από την ενέργεια που θα παραγόταν αν η στήριξη των φ/β ήταν σταθερή. Οπότε συμπληρώνοντας κλίση 28°, νότιο προσανατολισμό και συλλέκτες με δύο άξονες περιστροφής προκύπτει ετήσια ενέργεια στην επιφάνεια των φ/β ίση με 2,339 MWh/m². Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-18.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

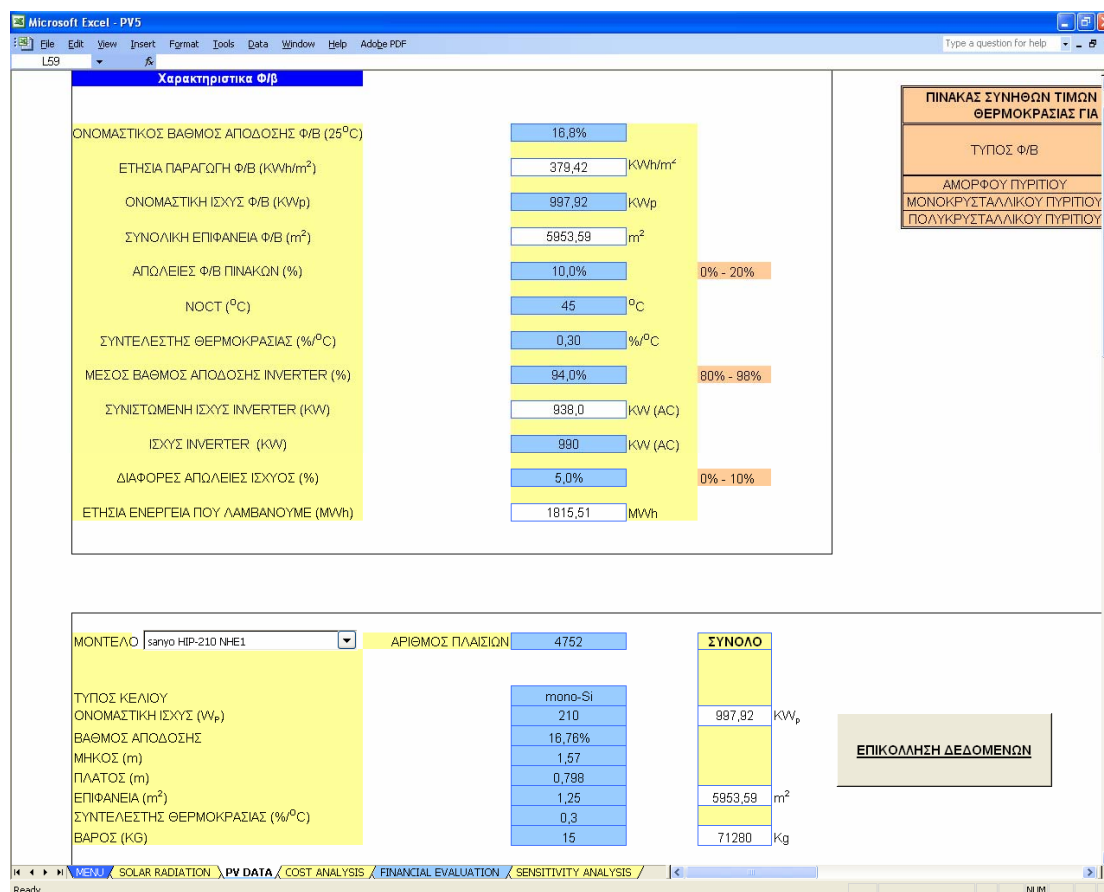
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	(^o)	35,5
ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(^o)	28
ΑΖΙΜΟΥΝΘΙΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(^o)	0

ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ					
ΜΗΝΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m ² /d)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kWh/m ² /d)	ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MWh/m ²)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,45	13,7	4,16	2,339
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100%	3,05	13,0	5,14	
ΜΑΡΤΙΟΣ	100%	4,50	14,0	6,63	
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	100%	6,35	15,8	7,68	
ΜΑΙΟΣ	100%	7,35	18,2	7,37	
ΙΟΥΝΙΟΣ	100%	8,46	21,2	7,60	
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	8,43	23,4	7,58	
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	7,67	24,0	7,64	
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	100%	6,30	23,3	7,55	
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	100%	4,24	20,9	6,27	
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,75	18,0	4,83	
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,19	14,9	4,39	
					ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/kWp)
					1.819,29

Εικόνα 6-18 : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “SOLAR RADIATION”

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Από την βάση του εργαλείου επιλέγονται συλλέκτες Sanyo HIP-210 NHE1 με ονομαστική ισχύ 210Wp. Συνολικά θα εγκατασταθούν 4752 πλαίσια συνολικής ονομαστικής ισχύος 997,92 KWp. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται 10%. Θα χρησιμοποιηθεί σύστημα παρακολούθησης του ήλιου δυο αξόνων DEGER tracker 7000NT το οποίο έχει επιφάνεια για φ/β πλαίσια 60 m². Άρα θα τοποθετηθούν σε κάθε τέτοιο σύστημα 48 φ/β πλαίσια. Οπότε συνολικά θα χρειαστούν 99 τέτοια συστήματα. Επιλέγονται 99 inverter Sunways NT 10000 με βαθμό απόδοσης 94%. Διάφορες απώλειες ισχύος 5%. Έτσι η συνολική ετήσια ενέργεια που παράγει το σύστημα υπολογίζεται σε 1815,51 MWh. Δηλαδή 1.819,29 KWh/KWp. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-19.



Εικόνα 6-19 : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο "PV DATA"

➤ **Ανάλυση κόστους**

Το κόστος του συστήματος έχει ως εξής :

Είδος	Τιμή μονάδας	Σύνολο
4752 φ/β πλαίσια Sanyo HIP-210 NHE1	900,00 €	4.276.800,00 €
99 inverters Sunways NT 10000	4.000,00 €	396.000,00 €
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτης DC	100.000,00 €	100.000,00 €
99 τεμάχια σύστημα παρακολούθησης τροχιάς ήλιου δύο αξόνων DEGER traker 7000NT	9.000 €	891.000,00 €
Παρακολούθηση συστήματος με 5 SolarLog 400 e - for 20 Sunways inverter	474,81 €	2.374,05 €
Παρακολούθηση συστήματος μέσω internet με KACO Powador proLOG "XL" with ISDN-Modem	1.457,81 €	1.457,81 €
Μεταφορικά		115.000,00 €
Τιμή χωρίς Φ.Π.Α.	5.782.631,86 €	

Τιμή με Φ.Π.Α. 19%

6.881.331,91 €

ΑΡΧΙΚΑ ΕΞΟΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
Φ/Β ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ	997.91	5,100.00 €	5,089,392.00 €
ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ Φ/Β	6953.61		0.00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	6	760.00 €	4,560.00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ	71280	1.92 €	136,649.76 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ	99	10,710.00 €	1,060,230.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			6,291,091.76 €
ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ			
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	1	50,000.00 €	50,000.00 €
ΕΞΟΔΑ ΠΡΑΞΕΩΣ		0.00 €	0.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ		0.00 €	0.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			50,000.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΜΠΑΤΑΡΙΑ	990	0.00 €	0.00 €
INVERTER	99	4,760.00 €	471,240.00 €
ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΔΕΗ	1	17,000.00 €	17,000.00 €
ΛΟΙΠΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	1	119,000.00 €	119,000.00 €
ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΑ		0.00 €	0.00 €
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	13,000.00 €	13,000.00 €
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ	2	500.00 €	1,000.00 €
ΛΟΙΠΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	1	40,000.00 €	40,000.00 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			661,240.00 €
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ			
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ			
ΕΝΟΙΚΙΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ		0.00 €	0.00 €
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	0.70%		49,016.32 €
ΛΟΙΠΑ ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ	1.00%		70,023.32 €
ΥΠΟΣΥΝΟΛΟ			119,039.64 €
ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΕΞΟΔΑ			
		ΚΑΘΕ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ		ΕΤΗ	0.00 €
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ INVERTER	12	ΕΤΗ	471,240.00 €
		ΕΤΗ	0.00 €
		ΕΤΗ	0.00 €
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ			7,002,331.76 €

Εικόνα 6-20 : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “COST ANALYSIS”

Επιπλέον έξοδα :

Αγορά οικοπέδου	40.000 €
Μελέτη εγκατάστασης, εγκατάσταση και έξοδα για άδειες και σύνδεση με το δίκτυο	80.000 €
Ασφάλεια εγκατάστασης (ετήσια έξοδα)	0,70 %
Λοιπά ετήσια έξοδα	1,00 %

Υπολογίζουμε και 1.000 € για σεμινάρια των χειριστών του συστήματος. Τελικά το αρχικό κόστος της επένδυσης είναι 7.002.331,91 €. Επίσης θεωρούμε αντικατάσταση αντιστροφών μετά από 12 έτη. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-20.

➤ Οικονομική αξιολόγηση

Θεωρούμε :

- Ποσοστό ενέργειας που πωλείται στη Δ.Ε.Η. 100%.
- Διασυνδεδεμένο σύστημα και εταιρεία.
- Ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ενέργειας 3%.
- Ποσοστό επιχορήγησης 40%.
- Ιδία κεφάλαια 25%.
- Χρόνος ζωής επένδυσης 20 έτη.
- Επιτόκιο δανείου 7,00% και περίοδος αποπληρωμής δανείου 15 έτη.

- Συντελεστής αποσβέσεων 5%. Και υπολειμματική αξία 0%.
- Συντελεστής φόρου κερδών 25%.
- Επιτόκιο αναγωγής 6%.

Και από το εργαλείο παίρνουμε :

- IRR = 18,29%
- NPV = 2.133.414,84 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 5,1 έτη

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-21α και 6-21β.

The screenshot shows a spreadsheet with the following data:

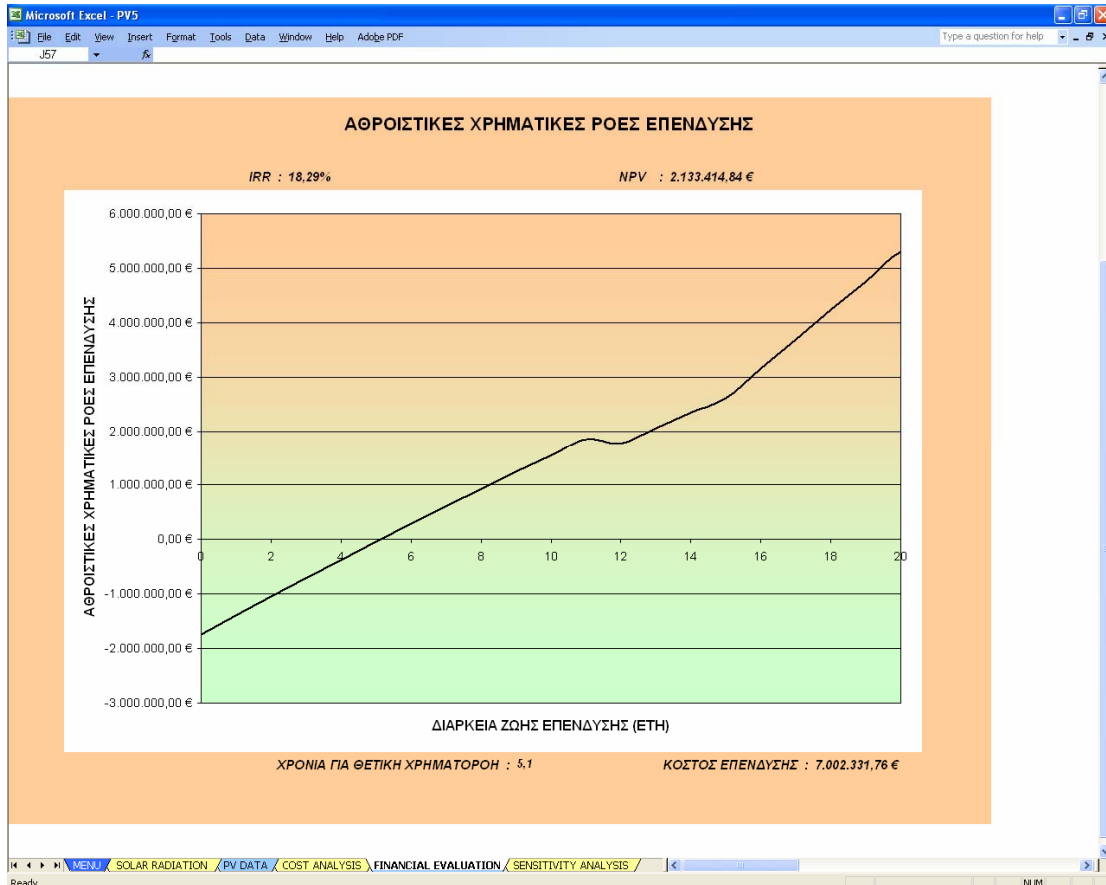
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	
ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	7.002.331,76 €
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ Φ/Β	997,82 kW
ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΤΗΣΙΟΣ	1815,51 MWh
ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΤΑΙΡΕΙΑ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΟΛΕΙΤΑΙ ΣΤΗ Δ.Ε.Η. (%)	100,00%
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	
ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	450 €/MWh
ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΠΩΛΗΣΗΣ	3,00%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ	40,00%
ΠΟΣΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ	2.800.932,70 €
ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ	20 ΕΤΗ
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (%)	25,00%
ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ	1.750.582,94 €
ΔΑΝΕΙΟ (%)	35,00%
ΔΑΝΕΙΟ	2.450.816,12 €
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΟΥ (%)	7,00%
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ	15 ΕΤΗ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΧΑΡΙΤΟΣ	ΕΤΗ
ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ (%)	ΕΤΗ
ΕΤΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ	ΕΤΗ
ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ	20,00 5,00%
ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ	210.069,95 €
ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ (%)	0,00%
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΟΥ ΚΕΡΔΩΝ	25,00%
ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (IRR)	18,29%
ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ	6,00%
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV)	2.133.414,84 €
ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	
ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΟΥ ΚΑΙΓΕΤΑΙ (L)	
ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/L)	
ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (%)	
ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (NPV)	
ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ Φ/Β (NPV)	

Εικόνα 6-21α : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"

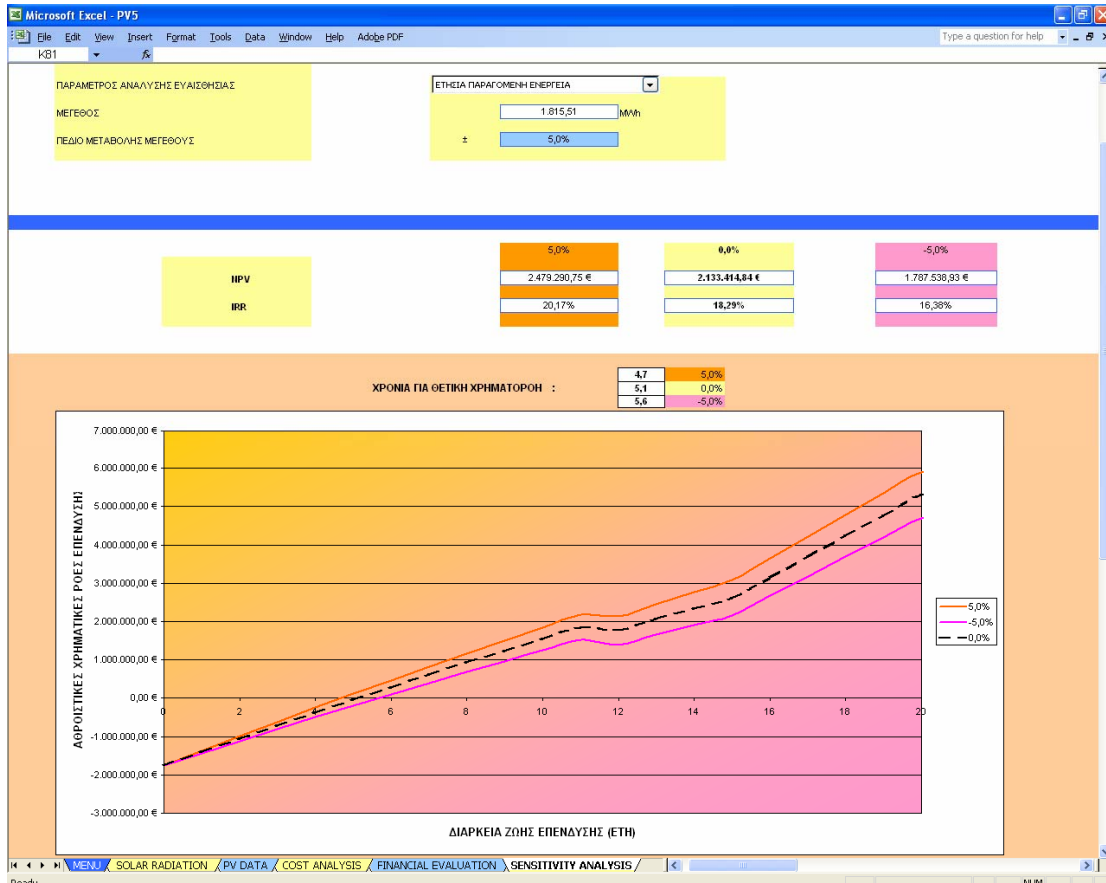
➤ Ανάλυση ευαισθησίας

Θα γίνει ανάλυση ευαισθησίας της επένδυσης ως προς την ετήσια παραγόμενη ενέργεια του συστήματος. Εισάγουμε εύρος μεταβολής τιμών 5% και τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι τα εξής (υπολογισμοί εικόνα 6-22.) :

	-5 %	0	5 %
IRR	16,38 %	18,29 %	20,17 %
NPV	1.787.538,93 €	2.133.414,84 €	2.479.290,75 €



Εικόνα 6-21β : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “FINANCIAL EVALUATION”



Εικόνα 6-22 : Σύστημα περιστροφής δυο αξόνων 1 MWp στην Κρήτη, φύλλο “SENSITIVITY ANALYSIS”

6.4.3 Το ίδιο σύστημα στην Βόρεια Ελλάδα

Θα γίνει μια συνοπτική αξιολόγηση της ίδιας εγκατάστασης με σύστημα περιστροφής των συλλεκτών αντί για την Κρήτη στην βόρεια Ελλάδα. Επιλέγουμε την επιθυμητή περιοχή από τη βάση του εργαλείου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα επιλεγεί η περιοχή της δυτικής Μακεδονίας. Η βέλτιστη κλίση προκύπτει 31°.

Τα τεχνικά δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια και η ετήσια παραγόμενη ενέργεια που τελικά υπολογίζεται από το εργαλείο είναι 1.381,47 KWh/KW.

Το κόστος του συστήματος αυτού θα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της Κρήτης αφού αποφεύγεται η μεταφορά μέσω θαλάσσης. Τελικά το αρχικό κόστος προκύπτει ίσο με 6.965.487,84 €.

Τα δεδομένα για την αξιολόγηση παραμένουν ίδια μιας και η δυτική Μακεδονία ανήκει στην περιοχή Β του αναπτυξιακού νόμου και αλλάζει μόνο η τιμή πώλησης της ενέργειας αφού τώρα βρισκόμαστε στο διασυνδεδεμένο σύστημα. Τελικά τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι τα εξής :

- IRR = 6,35 %
- NPV = 56.329,36 €
- Περίοδος αποπληρωμής : 15,3 έτη

6.4.4 Συμπεράσματα

Όπως φάνηκε από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν τα φ/β συστήματα μεγέθους 1 MWp στην Κρήτη είναι τα αποδοτικότερα και τα πιο συμφέροντα από πλευράς κέρδους από όλα τα άλλα μικρότερου μεγέθους. Αυτό είναι φυσικό να συμβαίνει καθώς όσο μεγαλώνει το μέγεθος του συστήματος μειώνεται το κόστος του και επιπλέον όσο πιο νότια γίνεται η εγκατάσταση του συστήματος τόσο μεγαλύτερη είναι και η ετήσια ενέργεια που παράγεται..

Μελετήθηκαν δυο εγκαταστάσεις του 1 MWp. Θεωρήθηκε ότι και οι δυο εγκαταστάθηκαν στην ίδια περιοχή στην Κρήτη. Η διαφορά τους ήταν ότι η μια είχε σταθερά τοποθετημένα πλαίσια, ενώ η άλλη διέθετε σύστημα περιστροφής των πλαισίων σε δυο άξονες.

Από την μελέτη προέκυψε ότι η εγκατάσταση με το σύστημα περιστροφής είναι περίπου 25% ακριβότερη από την σταθερή. Παρόλα αυτά όμως η αύξηση της απόδοσης λόγω της παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου και συνεπώς η αύξηση στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια αντισταθμίζει με το παραπάνω το επιπλέον κόστος. Τελικά η ακριβότερη εγκατάσταση είναι και η αποδοτικότερη, με καθαρή παρούσα αξία που είναι πάνω από 1.000.000 € μεγαλύτερη.

Επίσης έγινε μελέτη ευαισθησίας για το σταθερό σύστημα ως προς το αρχικό κόστος σε ένα εύρος μεταβολής 5% και για το σύστημα περιστροφής ως προς την ετήσια παραγόμενη ενέργεια σε ένα εύρος μεταβολής επίσης 5%. Προκύπτει ότι σε τέτοια μεγέθη συστήματος μια μικρή μεταβολή στο αρχικό κόστος εγκατάστασης δεν

παίζει σημαντικό ρόλο. Παρατηρούμε ότι η μεταβολή του IRR στο σύστημα σταθερών συλλεκτών είναι περίπου 0,5% και της NPV περίπου 30.000 €. Αντίθετα μια μικρή μεταβολή στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια, λόγω της υψηλής τιμής πώλησης, επηρεάζει πολύ περισσότερο την επένδυση. Η μεταβολή του IRR στο σύστημα με περιστρεφόμενους συλλέκτες είναι περίπου 2% και της NPV περίπου 350.000 €.

Τέλος έγινε σύγκριση της αποδοτικότητας δυο ίδιων συστημάτων 1 MWp με σύστημα περιστροφής των συλλεκτών σε δυο άξονες, το ένα στην Κρήτη και το άλλο στη δυτική Μακεδονία. Παρατηρούμε ότι η εγκατάσταση του συστήματος στη δυτική Μακεδονία είναι λίγο οικονομικότερη από αυτού στην Κρήτη άλλα όχι και αποδοτικότερη. Εξαιτίας της υψηλότερης ακτινοβολίας που υπάρχει στην Κρήτη (όσο νοτιότερα είναι η περιοχή τόσο υψηλότερη είναι και η ακτινοβολία) και της μεγαλύτερης τιμής πώλησης της KWh (η Κρήτη ανήκει στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα ενώ η Μακεδονία στο διασυνδεδεμένο) το σύστημα εκεί είναι πολύ αποδοτικότερο. Η διαφορά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης των δυο συστημάτων είναι 12% περίπου και της καθαρής παρούσας αξίας τους πάνω από 2.000.000 €.

6.5 Μελέτη συστήματος σε αυτόνομη κατοικία στην Γαύδο

Θεωρούμε αυτόνομη κατοικία στη Γαύδο η οποία θα κατοικείται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Για τις συσκευές που θα λειτουργούν οπότε και για τα ηλεκτρικά φορτία που πρέπει να καλυφθούν υποθέτουμε τα παρακάτω :

Ηλεκτρική συσκευή	Ισχύς (KW)	Ρεύμα (A)	Ώρες λειτουργίας την ημέρα	KWh/μήνα
Ψυγείο	0,25	1,09	24 (ρεύμα 40% το χρόνο)	72,00
Έγχρωμη φορητή τηλεόραση (12 V)	0,04	3,33	5	6,00
Πλυντήριο (όχι αντίσταση)	0,25	1,09	0,5	3,75
Φορτιστής κινητού	0,007	0,03	2	0,42
Ηλεκτρικό σίδερο	0,50	2,17	0,2	3,00
Ηλεκτρικό μίξερ	0,20	0,87	0,2	1,20
Ανεμιστήρας	0,10	0,43	7 (10 ημέρες το μήνα για το καλοκαίρι)	7,00
Φωτισμός (12V)	0,02	1,67	5	3,00
Καλοκαίρι			96,37 KWh/μήνα	
Υπόλοιπος χρόνος			89,37 KWh/μήνα	
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας			96,37 x 3 + 89,37 x 9 = 1093,44 KWh	

Και το φορτίο για μια ημέρα θα είναι :

Περίοδος	Ah / ημέρα
Καλοκαίρι	39,71
Υπόλοιπος χρόνος	36,70

Θεωρείται ότι η κουζίνα λειτουργεί με υγραέριο και για την παραγωγή ζεστού νερού χρησιμοποιείται ηλιακό θερμοσίφωνο.

➤ Υπολογισμός ηλιακής ενέργειας

Από τη βάση του εργαλείου επιλέγουμε την τοποθεσία για τη Γαύδο. Σαν κλίση φ/β επιλέγουμε την βέλτιστη που είναι 30° και για προσανατολισμό το νότιο. Η ετήσια ενέργεια από την ακτινοβολία στην επιφάνεια των φ/β υπολογίζεται 1,840 MWh/m². Ο μήνας με την μικρότερη ακτινοβολία για το καλοκαίρι είναι ο Ιούνιος και για το χειμώνα ο Ιανουάριος. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-23.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - PV6" with the following data:

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ	(°)	34,5
ΚΛΙΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(°)	30
ΑΖΙΜΟΥΝΘΙΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ	(°)	0

ΜΗΝΙΑΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ				
ΜΗΝΑΣ	ΜΗΝΙΑΙΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (%)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (kWh/m ² /d)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (kWh/m ² /d)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	100%	2,81	14,5	3,69
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	100%	3,68	13,9	4,79
ΜΑΡΤΙΟΣ	100%	4,88	14,6	5,34
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	100%	6,68	16,2	5,81
ΜΑΙΟΣ	100%	7,30	18,4	5,30
ΙΟΥΝΙΟΣ	100%	8,44	21,3	5,48
ΙΟΥΛΙΟΣ	100%	8,47	23,3	5,51
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	100%	7,75	24,2	5,63
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	100%	6,39	23,7	5,62
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	100%	4,65	21,6	5,19
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	100%	3,09	18,9	4,13
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	100%	2,58	15,9	4,02

Summary boxes on the right:

- ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ (MWh/m²): 1,840
- ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/kWp): 1.393,63

Εικόνα 6-23 : Αυτόνομο σύστημα στη Γαύδο, φύλλο "SOLAR RADIATION"

▪ Διαστασιολόγηση συστήματος

Η παραγόμενη ενέργεια ανά εγκατεστημένη επιφάνεια είναι : $\frac{E_P}{S} = \eta_p \bar{H}_T$

Θα χρησιμοποιηθούν φ/β πολυκρυσταλλικού πυριτίου με βαθμό απόδοσης περίπου 13 % (μια πρώτη εκτίμηση για να υπολογιστεί η ονομαστική ισχύς του συστήματος).

Η ακτινοβολία για τον Ιούνιο είναι $H_T = 164,4 \text{ KWh/m}^2$. Άρα υπολογίζουμε :

$$\frac{E_P}{S} = 0,13 \cdot 164,4 \Leftrightarrow \frac{E_P}{S} = 21,372 \text{ KWh/m}^2$$

Η ενέργεια που λαμβάνουμε είναι : $\frac{E_A}{S} = \frac{E_P}{S} (1 - \lambda_p)$. Δεχόμαστε ότι οι απώλειες των φ/β είναι συνολικά 15%. Οπότε υπολογίζουμε :

$$\frac{96,37}{S} = 21,372 \cdot 0,85 \Leftrightarrow S = 5,30 \text{ m}^2$$

Η ακτινοβολία για τον Ιανουάριο είναι $H_T = 110,7 \text{ KWh/m}^2$. Άρα υπολογίζουμε :

$$\frac{E_p}{S} = 0,13 \cdot 110,7 \Leftrightarrow \frac{E_p}{S} = 14,391 \text{ KWh/m}^2$$

Η ενέργεια που λαμβάνουμε είναι : $\frac{E_A}{S} = \frac{E_p}{S} (1 - \lambda_p)$. Δεχόμαστε ότι οι απώλειες των φ/β είναι συνολικά 15%. Οπότε υπολογίζουμε :

$$\frac{89,37}{S} = 14,391 \cdot 0,85 \Leftrightarrow S = 7,31 \text{ m}^2$$

Άρα η συνολική επιφάνεια των φ/β που πρέπει να τοποθετηθούν θα είναι $S = 7,31 \text{ m}^2$. Οπότε η ονομαστική ισχύς του συστήματος θα πρέπει να είναι 0,95 KWp.

Το σύστημα πρέπει να έχει τη δυνατότητα αυτονομίας για μια εβδομάδα χωρίς καθόλου ήλιο. Για το χειμώνα που είναι και πιθανότερο να έχουμε συνεφιά το φορτίο που θα πρέπει να καλυφθεί θα είναι : $7 \times 39,71 = 277,97 \text{ Ah}$.

Επειδή μια μπαταρία για λόγους καλής λειτουργίας δεν πρέπει να εκφορτίζεται περισσότερο από το 80 % της χωρητικότητας της, η συνολική χωρητικότητα των μπαταριών θα πρέπει να είναι : $277,97/0,8 = 347,46 \text{ Ah}$

Θα επιλεγεί ένα έτοιμο σύστημα 1,04 KWp από το fotovoltaik shop ώστε να υπάρχει περίσσεια ενέργειας και να φορτίζονται και οι μπαταρίες.

➤ Εισαγωγή δεδομένων συστήματος

Από την βάση του εργαλείου επιλέγονται συλλέκτες MITSUBISHI PV-MF 130 με ονομαστική ισχύ 130Wp. Συνολικά θα εγκατασταθούν 8 πλαίσια. Οι απώλειες των πλαισίων λαμβάνονται 10%. Επιλέγεται 1 inverter με βαθμό απόδοσης 91%. Διάφορες απώλειες ισχύος 5%. Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-24.

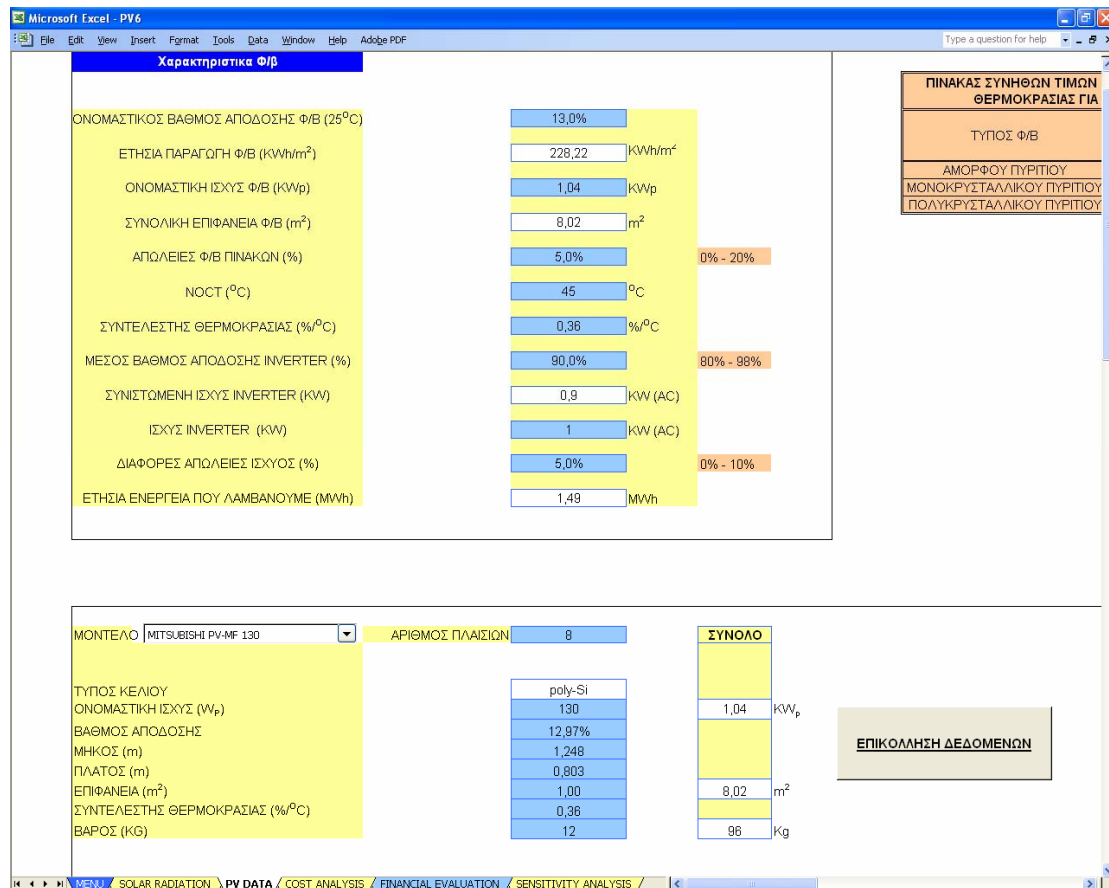
➤ Ανάλυση κόστους

Το σύστημα που θα επιλεγεί περιλαμβάνει τα εξής :

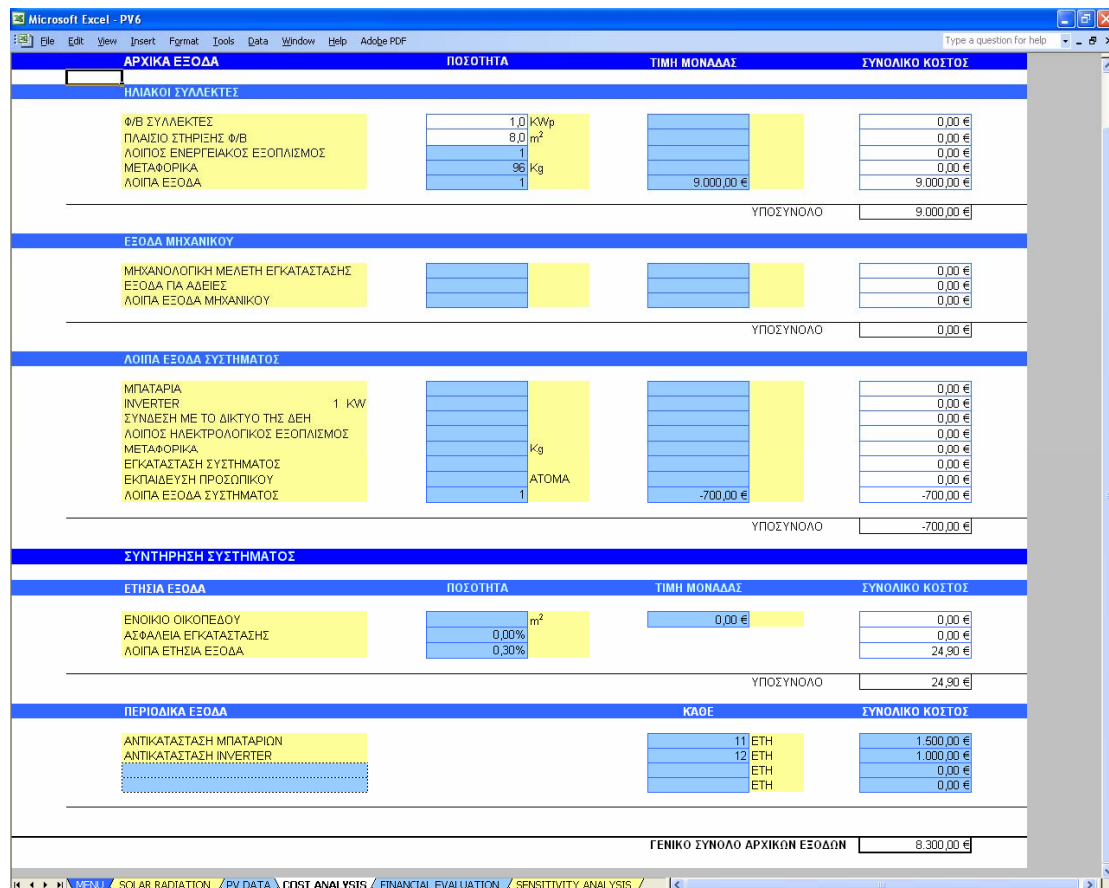
Είδος	
8 φ/β πλαίσια MITSUBISHI PV-MF 130	
1 αντιστροφέας	
Πλαίσιο και εξαρτήματα στήριξης, καλώδια, σύνδεσμοι, διακόπτης DC	
1 Φορτιστής για τις μπαταρίες	
3 Μπαταρίες 130 Ah η κάθε μια	
Μεταφορικά	
Τιμή με Φ.Π.Α.19%	9.000,00 €

Επιλέγουμε αντικατάσταση του αντιστροφέα μετά από 12 έτη και των μπαταριών μετά από 11 έτη. Επίσης θεωρούμε φοροελάφρυνση 700 €.

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-25.



Εικόνα 6-24 : Αυτόνομο σύστημα στη Γαύδο, φύλλο “PV DATA”



Εικόνα 6-25 : Αυτόνομο σύστημα στη Γαύδο, φύλλο “COST ANALYSIS”

➤ Οικονομική αξιολόγηση

Θεωρούμε :

- Αυτόνομο σύστημα και ιδιώτη.
- Γεννήτρια βενζίνης αθόρυβη Robin-Subaru R1700i 1,65 KW αξίας 1.300 €.
- Η κατανάλωση της γεννήτριας είναι 0,465 lt/KWh. Οπότε η ετήσια κατανάλωση προκύπτει $1093,44 \frac{KWh}{\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma} \times 0,465 \frac{lt}{KWh} = 508,45 \frac{lt}{\acute{\epsilon}\tau\omicron\varsigma}$
- Αρχική τιμή βενζίνης 1,10 €/lt.
- Ετήσια αύξηση τιμής βενζίνης 3 %.
- Ετήσια έξοδα συντήρησης γεννήτριας 90 €.

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι :

- NPV φωτοβολταϊκών = -9.872,75 €
- NPV γεννήτριας = -10.720,81 €

Οι υπολογισμοί φαίνονται στην εικόνα 6-26.

The screenshot shows a spreadsheet titled "ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ" (Financial Evaluation of Investment). The spreadsheet is organized into several sections:

- ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (Investment Cost):** 8,300.00 €. Includes nominal power (1.04 kW) and annual energy production (1.49 MWh).
- ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Autonomous System):** Selected as "ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ".
- ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ (Subsidy):** Selected as "ΙΔΙΩΤΗΣ".
- ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΠΟΥ ΠΟΛΕΙΤΑΙ ΣΤΗ Δ.Ε.Η. (%):** 100.00%.
- ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (Economic Parameters):**
 - ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (€/MWh): -
 - ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΠΩΛΗΣΗΣ (4.00%)
 - ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ (0.00 €)
 - ΠΟΣΟ ΕΠΙΚΟΡΗΓΗΣΗΣ (0.00 €)
 - ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ (20 ΕΤΗ)
 - ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (%) (100.00%)
 - ΙΔΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ (8,300.00 €)
 - ΔΑΝΕΙΟ (%) (0.00%)
 - ΔΑΝΕΙΟ (0.00 €)
 - ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΔΑΝΕΙΟΥ (%)
 - ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗΣ (ΕΤΗ)
 - ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΧΑΡΙΤΟΣ (ΕΤΗ)
 - ΕΠΙΔΟΤΗΣΗ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ (%)
 - ΕΤΗ ΕΠΙΔΟΤΗΣΗΣ ΕΠΙΤΟΚΙΟΥ (ΕΤΗ)
 - ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΩΝ (20.00, 5.00%)
 - ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ (415.00 €)
 - ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΑ (%) (0.00%)
 - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΦΟΡΟΥ ΚΕΡΔΩΝ (25.00%)
 - ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΣ ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (IRR) (-)
 - ΕΠΙΤΟΚΙΟ ΑΝΑΓΩΓΗΣ (6.00%)
- ΑΥΤΟΝΟΜΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Autonomous System):**
 - ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (1,300.00 €)
 - ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΟΥ ΚΑΙΓΕΤΑΙ (lt) (508.45)
 - ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (€/lt) (1.10)
 - ΕΤΗΣΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΙΜΗΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (%) (3.00%)
 - ΕΤΗΣΙΑ ΕΞΟΔΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (90.00 €)
 - ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ (NPV) (-10,720.81 €)
 - ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ Φ/Β (NPV) (-9,872.75 €)

Εικόνα 6-26 : Αυτόνομο σύστημα στη Γαύδο, φύλλο "FINANCIAL EVALUATION"

➤ Συμπεράσματα

Παρατηρούμε πως για την περίπτωση του αυτόνομου συστήματος που μελετήθηκε η καθαρή παρούσα αξία των φωτοβολταϊκών είναι μεγαλύτερη από αυτή της γεννήτριας. Η διαφορά τους είναι περίπου 850 €. Αυτό σημαίνει πως η τοποθέτηση των φ/β είναι πιο συμφέρουσα από την αγορά γεννήτριας.

Βλέπουμε πως η γεννήτρια σε σχέση με το σύστημα των φ/β έχει πολύ μικρότερο αρχικό κόστος, άλλα πολύ υψηλότερα ετήσια έξοδα. Αντιθέτως τα ετήσια έξοδα για τα φ/β συστήματα είναι ελάχιστα εκτός από το έτος που θα χρειαστούν αλλαγή οι μπαταρίες και ο αντιστροφείας.

Τελικά όταν πρόκειται για μικρής ισχύος συστήματα τα φωτοβολταϊκά ανταγωνίζονται με επιτυχία της γεννήτριες πετρελαίου ή βενζίνης. Στα μεγαλύτερα συστήματα όμως εξαιτίας του χαμηλού αρχικού κόστους τους οι γεννήτριες είναι πιο συμφέρουσες.

7 Συμπεράσματα – Προτάσεις για μελλοντική έρευνα



Εφαρμογή φωτοβολταϊκών σε κεραμοσκεπή εξοχικής κατοικίας (Σ.Ε.Φ., ένας πρακτικός οδηγός)

7.1 Συμπεράσματα

Οι περιπτώσεις που μελετήθηκαν είναι οι εξής :

- 1) Σύστημα 6 KWp σε ταράτσα στην ανατολική Αττική.
- 2) Σύστημα 100 KWp στη Λακωνία.
- 3) Σύστημα 100 KWp στην Πάρο.
- 4) Σύστημα σταθερών συλλεκτών 1 MWp στην Κρήτη.
- 5) Σύστημα 1 MWp στην Κρήτη με δυνατότητα περιστροφής των συλλεκτών σε δυο άξονες.
- 6) Σύστημα 1 MWp με δυνατότητα περιστροφής των συλλεκτών σε δυο άξονες στη δυτική Μακεδονία.
- 7) Αυτόνομο σύστημα στη Γαύδο.

Τα αποτελέσματα για κάθε μια από τις περιπτώσεις αυτές φαίνονται στον πίνακα 6.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1

Περιπτώσεις	Εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR)	Καθαρή παρούσα αξία (NPV)	Περίοδος αποπληρωμής
1	2,52 %	-9.404,43 €	15,8 έτη
2	10,13 %	58.972,65 €	8,4 έτη
3	14,06 %	123.274,14 €	6,4 έτη
4	14,42 %	1.122.578,62 €	6,1 έτη
5	18,29 %	2.133.414,84 €	5,1 έτη
6	6,35 %	56.329,36 €	15,3 έτη
7	Στην περίπτωση αυτή δεν ορίζονται IRR και περίοδος αποπληρωμής. Η NPV του φ/β συστήματος είναι μεγαλύτερη από αυτή της γεννήτριας 848,06 €.		

Παρατηρούμε από την μελέτη των περιπτώσεων ότι τα φ/β συστήματα στην πλειονότητα τους είναι συμφέρουσες επενδύσεις, ειδικά στην περίπτωση που υπάρχει δικαίωμα επιδότησης. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όλες οι επενδύσεις είναι αρκετά συμφέρουσες με βαθμό απόδοσης πάνω από 10% εκτός από την εγκατάσταση συστήματος από ιδιώτη.

Στην περίπτωση της επένδυσης από ιδιώτη στη στέγη του σπιτιού του, ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης είναι αρκετά μικρός και η παρούσα αξία της επένδυσης είναι αρνητική. Αυτό συμβαίνει για δυο κυρίως λόγους. Καταρχήν εξαιτίας του ότι δεν υπάρχει δικαίωμα για επιδότηση και επιπλέον γιατί αφού το μέγεθος του συστήματος είναι σχετικά μικρό, το κόστος ανά εγκατεστημένο KWp είναι μεγάλο.

Βλέπουμε ότι ένα φ/β σύστημα της τάξεως των 100 KWh ονομαστικής ισχύος είναι μια αρκετά συμφέρουσα επένδυση. Μελετήθηκαν δυο τέτοια συστήματα. Ένα στο διασυνδεδεμένο (περίπτωση 2) και ένα στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα (περίπτωση 3). Βλέπουμε ότι και οι δυο επενδύσεις έχουν βαθμό απόδοσης άνω του 10 %. Τα συστήματα τέτοιου μεγέθους είναι οικονομικότερα από τα μικρά λόγω οικονομίας κλίμακας και καλύτερης τιμής του εξοπλισμού εξαιτίας μεγάλης παραγγελίας.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι πιο συμφέρουσα είναι η επένδυση στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα παρόλο που είναι ακριβότερη. Αυτό συμβαίνει για δυο λόγους. Αφενός γιατί η τιμή πώλησης της KWh στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα είναι μεγαλύτερη, αλλά και γιατί αφού θεωρήσαμε ότι το σύστημα αυτό είναι στην Πάρο έχει και μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή ενέργειας από αυτό στη Λακωνία. Και έτσι παρόλο που είναι ακριβότερο, το επιπλέον κόστος τελικά αντισταθμίζεται από την αυξημένη τιμή πώλησης και την αυξημένη παραγωγή ενέργειας.

Η διαφορά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης των δυο συστημάτων είναι περίπου 4% και της καθαρής παρούσας αξίας τους περίπου 65.000 €.

Από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν τα φ/β συστήματα μεγέθους 1 MWp στην Κρήτη συμπεραίνουμε ότι είναι τα αποδοτικότερα και τα πιο συμφέροντα από πλευράς κέρδους από όλα τα άλλα μικρότερου μεγέθους. Αυτό είναι φυσικό να συμβαίνει καθώς όσο μεγαλώνει το μέγεθος του συστήματος μειώνεται το κόστος του και γιατί όσο νοτιότερα γίνεται η εγκατάσταση τόσο μεγαλύτερη είναι η ετήσια παραγόμενη ενέργεια.

Μελετήθηκαν δυο εγκαταστάσεις του 1 MWp. Θεωρήθηκε ότι και οι δυο εγκαταστάθηκαν στην ίδια περιοχή στην Κρήτη. Η διαφορά τους ήταν ότι η μια είχε σταθερά τοποθετημένα πλαίσια, ενώ η άλλη διέθετε σύστημα περιστροφής των πλαισίων σε δυο άξονες.

Από την μελέτη προέκυψε ότι η εγκατάσταση με το σύστημα περιστροφής είναι περίπου 25% ακριβότερη από την σταθερή. Παρόλα αυτά όμως η αύξηση της απόδοσης λόγω της παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου και συνεπώς η αύξηση στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια (+35%) αντισταθμίζει με το παραπάνω το επιπλέον κόστος. Τελικά η ακριβότερη εγκατάσταση είναι και η αποδοτικότερη, με καθαρή παρούσα αξία που είναι 1.000.000 € μεγαλύτερη.

Επίσης έγινε μελέτη ευαισθησίας για το σταθερό σύστημα ως προς το αρχικό κόστος σε ένα εύρος μεταβολής 5% και για το σύστημα περιστροφής ως προς την ετήσια παραγόμενη ενέργεια σε ένα εύρος μεταβολής επίσης 5%. Προκύπτει ότι σε τέτοια μεγέθη συστήματος μια μικρή μεταβολή στο αρχικό κόστος εγκατάστασης παίζει πολύ μικρό ρόλο. Παρατηρούμε ότι η μεταβολή του IRR στο σύστημα σταθερών συλλεκτών είναι περίπου 0,5% και της NPV περίπου 30.000 €. Αντίθετα μια μικρή μεταβολή στην ετήσια παραγόμενη ενέργεια, λόγω της υψηλής τιμής πώλησης, επηρεάζει πολύ περισσότερο την επένδυση. Η μεταβολή του IRR στο σύστημα με περιστρεφόμενους συλλέκτες είναι περίπου 2% και της NPV περίπου 350.000 €.

Στη σύγκριση που έγινε ανάμεσα σε δυο όμοια συστήματα 1 MWp με σύστημα περιστροφής των συλλεκτών σε δυο άξονες, το ένα στην Κρήτη και το άλλο στη δυτική Μακεδονία, παρατηρούμε ότι η εγκατάσταση του συστήματος στη δυτική Μακεδονία είναι λίγο οικονομικότερη από αυτού στην Κρήτη άλλα όχι και αποδοτικότερη. Εξαιτίας της υψηλότερης ακτινοβολίας που υπάρχει στην Κρήτη (όσο νοτιότερα είναι η περιοχή τόσο υψηλότερη είναι και η ακτινοβολία) και της μεγαλύτερης τιμής πώλησης της KWh (η Κρήτη ανήκει στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα ενώ η Μακεδονία στο διασυνδεδεμένο) το σύστημα εκεί είναι πολύ αποδοτικότερο. Η διαφορά του εσωτερικού βαθμού απόδοσης των δυο συστημάτων είναι 12% περίπου και της καθαρής παρούσας αξίας τους πάνω από 2.000.000 €.

Για την περίπτωση του αυτόνομου συστήματος που μελετήθηκε, η καθαρή παρούσα αξία των φωτοβολταϊκών είναι μεγαλύτερη από αυτή της γεννήτριας. Η διαφορά τους είναι περίπου 850 €. Αυτό σημαίνει πως η τοποθέτηση των φ/β είναι πιο συμφέρουσα από την αγορά γεννήτριας. Βλέπουμε πως η γεννήτρια σε σχέση με το σύστημα των φ/β έχει πολύ μικρότερο αρχικό κόστος, άλλα πολύ υψηλότερα ετήσια έξοδα. Αντιθέτως τα ετήσια έξοδα για τα φ/β συστήματα είναι ελάχιστα εκτός από το έτος που θα χρειαστούν αλλαγή οι μπαταρίες και ο αντιστροφάας.

Τελικά όταν πρόκειται για μικρής ισχύος συστήματα τα φωτοβολταϊκά ανταγωνίζονται με επιτυχία τις γεννήτριες πετρελαίου ή βενζίνης. Στα μεγαλύτερα συστήματα όμως εξαιτίας του χαμηλού αρχικού κόστους τους οι γεννήτριες είναι πιο συμφέρουσες.

7.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Είδαμε πως τα φωτοβολταϊκά στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι συμφέρουσες επενδύσεις. Στην Ελλάδα είμαστε ακόμα στην αρχή μιας και η εγκατεστημένη ισχύς είναι ελάχιστη, όμως το επενδυτικό ενδιαφέρον αυξάνεται συνεχώς. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται μεγάλη ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων.

Ο τομέας που θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα θα ήταν η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια σαν σκέπαστρα, ταράτσες ή τοίχοι στη θέση των συνηθισμένων υλικών και οικονομοτεχνική αξιολόγηση των συστημάτων αυτών.

Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να ληφθεί σαν έσοδο από το σύστημα εκτός από την ενέργεια προς πώληση και το κέρδος από την αντικατάσταση υλικών. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται τέτοιες περιπτώσεις.



Εφαρμογή φωτοβολταϊκών που επιτρέπουν τη διέλευση του φυσικού φωτός [9]



Ηλιακά κεραμίδια και εφαρμογή φωτοβολταϊκών σε πρόσοψη κτιρίου [9]

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι ο σχεδιασμός του υπουργείου ανάπτυξης για την ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών αναφέρει ως στόχο τα 200 MW για τα μη διασυνδεδεμένα νησιά, ενώ η ΡΑΕ σε σχετική ανακοίνωση (κεφάλαιο 2, πίνακας 2.4) αναφέρει ότι μπορούν να εγκατασταθούν με ασφάλεια 100 MW. Συνεπώς, προτείνεται η οικονομοτεχνική ανάλυση της ένταξης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα αυτόνομα νησιά, σε συνεργασία με μπαταρίες για την ομαλή ενσωμάτωση στο δίκτυο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ζερβός Αρθούρος, *Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*, Αθήνα 2006
2. Αντωνόπουλος Α. Κίμων, *Θερμικά – Ηλιακά συστήματα, Μέρος πρώτο*, Αθήνα 2004
3. Ζερβός Αρθούρος, *Σημειώσεις αιολικής ενέργειας*, Αθήνα 2005
4. Κάραλης Γεώργιος, *Τεχνικοοικονομική αξιολόγηση αιολικού πάρκου με χρήση υπολογιστικών τεχνικών*, Αθήνα 1997
5. Antonio Luque, Steven Hegedus, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, Wiley 2002
6. Markvart Tomas, *Solar electricity, second edition*, Wiley 1994
7. Markvart Tomas, *Practical handbook of photovoltaics: Fundamentals and Applications*, Elsevier 2003
8. Walkenbach John, *Excel 2007 Bible*, Wiley 2007

Sites

9. Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ) – <http://www.helapco.gr>
10. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) – <http://www.cres.gr>
11. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) – <http://www.rae.gr>
12. Ελληνικός Σύνδεσμος Ηλεκτροπαραγωγών από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας – <http://www.hellasres.gr>
13. NASA Surface meteorology and Solar Energy – <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
14. Οι καλύτερες σελίδες για ενέργεια – <http://www.energia.gr>
15. Fotovoltaikshop GmbH – <http://hellas.fotovoltaik-shop.de/archeio.php>