



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

2013

Ταίριασμα παραμέτρων Φ/Β και
μετατροπέων για τυπικές
διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις με
την βοήθεια εργαλείων Freeware
λογισμικού.



Τσίμα Πηνελόπη

A.M: 4222

Επόπτης καθηγητής :

Δρ. Τσικαλάκης Αντώνης

Ηράκλειο Ιούνιος 2013



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ταίριασμα παραμέτρων Φ/Β και μετατροπέων για τυπικές διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις με την βοήθεια εργαλείων Freeware λογισμικού»

Πηνελόπη Τσίμα

A.M 4222

Επιβλέπων καθηγητής ΔΡ. Αντώνιος Τσικαλάκης Επιστημονικός Συνεργάτης ΤΕΙ Κρήτης

Ηράκλειο 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από την φοιτήτρια Πηνελόπη Τσίμα του τμήματος Ηλεκτρολογίας του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηρακλείου υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τμήματος Δρ. Αντώνιο Τσικαλάκη.

Στον κύριο Τσικαλάκη οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες αρχικά γιατί μου έδωσε την δυνατότητα και την ευκαιρία να αναλάβω την εργασία αυτή και επιπλέον για την καθοδήγηση και την υποστήριξή του καθ' όλη την διάρκεια διεκπεραίωσης της.

Τέλος, ευχαριστώ από καρδιάς στην οικογένειά μου, για την συνεχή συμπαράσταση, την αγάπη και την κατανόηση που έδειξαν όλον αυτό τον καιρό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας όλοι ψάχνουν να εξοικονομήσουν ενέργεια αλλά και να απεξαρτηθούν από τις συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας. Η λύση φαίνεται να βρίσκεται στις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια από τις σημαντικότερες ανανεώσιμες πηγές είναι η ηλιακή ενέργεια, όπου μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Σε αυτή την πηγή ενέργειας επικεντρώνεται και η παρούσα εργασία.

Στην αρχή της εργασίας περιγράφονται διάφορες μορφές πηγών ενέργειας, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους σε σύγκριση με τις συμβατικές μορφές ενέργειας. Εξετάζεται η αρχή λειτουργίας και διάφορες τεχνολογίες που αφορούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και αναφέρεται στο επίπεδο σύνδεσης των ΑΠΕ στο σύστημα και τις τεχνικές απαιτήσεις διασύνδεσης που υπάρχουν.

Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση και ανάλυση των δυνατοτήτων των τριών λογισμικών προγραμμάτων ελεύθερης ή χρήσης με εγγραφή τα οποία αποτελούν την βάση για την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού πάρκου των 80 kW του συνηθισμένου μεγέθους για το Δίκτυο της Κρήτης. Αυτά τα λογισμικά είναι α) Sunny Design*, β) Homer* και γ) RetScreen*.

Με το λογισμικό πρόγραμμα Sunny Design* ο χρήστης μπορεί να βρει προτάσεις για τον πιθανό σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασής του. Το Sunny Design* προτείνει ένα συνδυασμό φωτοβολταϊκών γεννητριών και αντιστροφέων ο οποίος ανταποκρίνεται στις επιθυμίες για τον σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επιπλέον είναι το μόνο πρόγραμμα από τα τρία στο οποίο ορίζεται η επιλογή του μοντέλου του μετατροπέα, το είδος του, ο αριθμός των απαιτούμενων μετατροπέων και οι υπερβάσεις της τάσης ανοικτού κυκλώματος και του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει την καλύτερη διατομή των καλωδιώσεων DC και AC

Το λογισμικό Homer*, μοντελοποιεί την λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, υπολογίζει την διαθέσιμη ισχύ από ανανεώσιμες πηγές τις συγκρίνει με το ηλεκτρικό φορτίο και αποφασίζει πως θα πραγματοποιηθεί η καλύτερη παραγωγή της. Το βασικό μειονέκτημα το προγράμματος αυτού είναι ότι οι δυνατότητες του σχετικά με τον μετατροπέα είναι περιορισμένες.

Ενώ το λογισμικό RetScreen* δίνει στο χρήστη αποτελέσματα που σχετίζονται με την αποτίμηση της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των απαιτούμενων εγκαταστάσεων και την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στην εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Τέλος, γίνεται η σύνοψη και η σύγκριση των λογισμικών αυτών προγραμμάτων και παραθέτονται τα συμπεράσματα από την χρήση τους.

Abstract

One of the most promising solution for energy conservation and emissions abatement seems to be extensive use renewable energy sources. One of the major renewable energy sources is solar energy, which via photovoltaic systems can be converted directly into electricity. This thesis focuses on how to use freeware or shareware software for designing an interconnected PV system to the grid.

An outline of the characteristics of various RES and the required characteristics to be modeled for a PV plant is provided in the first part of this thesis. A distinction among various types of software, freeware, shareware etc is also made in the same section

Then we present and analyze the potential of three free software programs or use in documents which form the basis for the construction of a photovoltaic park of 80 kW of the usual size for the Network of Crete. These softwares are a) Sunny Design*, b) Homer* και c) RetScreen*.

With Sunny Design* software program the user can find suggestions for the possible design of the PV installation. The Sunny Design proposes a combination of photovoltaic modules and inverters that meets the desires for the design of the PV system. Sunny Design* is the only of the three programs, which defines the choice of the model of the converter, the type, the number of required inverters and exceedances of the open circuit voltage and short circuit current. It also enables the user to choose the best intersection of DC and AC wiring.

The Homer* software, models the operation of a power system calculates the available power from renewable sources compares with the electric charge and decides how to establish the best production. The main disadvantage of this program is that the capabilities of the converter is limited.

The RetScreen* software allows the user results associated with the valuation of output power, the cost of required facilities and the reduction of greenhouse gases that contribute to the emergence of global warming.

Finally, there is the synopsis and comparison of such software programs and presents the conclusions from their use.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	Εισαγωγή	8
2.1	Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	8
2.1.1	Ηλιακή ενέργεια.....	9
2.1.2	Αιολική Ενέργεια	10
2.1.3	Υδροηλεκτρική ενέργεια	10
2.1.4	Η Γεωθερμία	11
2.1.5	Η Βιομάζα.....	12
2.1.6	Η Κυματική ενέργεια.....	12
2.2	Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των ΑΠΕ.	13
2.2.1	Πλεονεκτήματα	13
2.2.2	Μειονεκτήματα	14
2.3	Σκοπός της Εργασίας.....	15
2.3.1	Γιατί 80 άρι? (Άδειες στην κρήτη και εγκατεστημένη ισχύς μέχρι σήμερα).....	15
2.3.2	Δομή της Εργασίας	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	Φωτοβολταϊκά και στοιχεία σύνδεσης.....	25
3.1	Ηλιακή ακτινοβολία.....	25
3.1.1	Ενεργειακή απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας.....	26
3.1.2	Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας.....	26
3.1.3	Η κίνηση του ήλιου σύμφωνα με τη θέση τοπικού παρατηρητή	27
3.1.4	Εξισώσεις περιγραφής κίνησης ήλιου	28
3.1.5	Συντελεστής αιθριότητας	31
3.1.6	Το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα	32
3.2	Συνιστώσες Φ/Β συστήματος διασυνδεδεμένου στο δίκτυο	34
3.3	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	36
3.4	Φωτοβολταϊκο φαινόμενο	37
3.5	I – V χαρακτηριστική και STC.....	38
3.6	Υλικά κατασκευής Φ/Β.....	40

3.6.1	Τύποι Φ/Β συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»	40
3.6.2	Λοιπά Υλικά	43
3.6.3	Υβριδικά Φ/Β στοιχεία	44
3.7	Τρόποι σύνδεσης Φ/Β στοιχείων	44
3.7.1	Παράλληλη σύνδεση των Φ/Β στοιχείων	45
3.7.2	Σύνδεση Φ/Β στοιχείων σε σειρά	46
3.8	Τρόποι στήριξης των συλλεκτών και προσανατολισμός τους	46
3.8.1	Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης	47
3.8.2	Στήριξη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια ή trackers).....	47
3.8.3	Έρευνα αγοράς Φ/Β γεννητριών.....	51
3.9	Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας	52
3.10	Αντιστροφείας	54
3.10.1	Διάκριση μετατροπέων.....	54
3.10.2	Αδρά βήματα επιλογής του κατάλληλου αντιστροφέα	56
3.10.3	Βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα.....	56
3.10.4	Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα.....	58
3.11	Επίπεδο σύνδεσης Α.Π.Ε στο σύστημα	61
3.12	Τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης στο σύστημα	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Λογισμικό.....		64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Περιγραφή του λογισμικού Sunny Design.....		72
5.1	Γενική περιγραφή του λογισμικού Sunny Design	72
5.2	Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ως εργασία.....	73
5.3	Επιφάνεια χρήστη	74
5.4	Γραμμή συμβόλων	76
5.5	Περιοχή εργασίας με τοπολογία δέντρου.....	77
5.6	Περιοχή πληροφοριών	79
5.7	Δεδομένα εργασίας	81
5.8	Φ/Β εγκατάσταση	83
5.9	Προβολή και διαχείριση φωτοβολταϊκών μονάδων.....	84
5.10	Ευθυγράμμιση και τρόπος τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας	86

5.10.1	Τρόπος Τοποθέτησης.....	87
5.10.2	Κλίση.....	87
5.10.3	Αζιμούθιο	88
5.11	Επεξήγηση για την περιοχή «Επισκόπηση μετατροπών»	88
5.12	Επεξήγηση της περιοχής για την αξιολόγηση της σχεδίασης	90
5.13	Υπολογισμός διαστασιολόγησης αγωγών	91
5.13.1	Καρτέλα «Εργασία»	92
5.14	Ιδιοκατανάλωση	93
5.15	Επισκόπηση αποτελεσμάτων.....	93
5.16	Αυτόματες προτάσεις μετατροπών.	95
5.17	Εμφάνιση και έλεγχος των τιμών αποτελεσμάτων της εργασίας	97
5.18	Σύνοψη της λειτουργίας του προγράμματος.....	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	Το λογισμικό HOMER	100
6.1	Γενική Περιγραφή του λογισμικού <i>Homer</i>	100
6.2	Βασικές Εργασίες του <i>Homer</i>	101
6.3	Συστατικά του Λογισμικού	103
6.4	<i>Δημιουργία ενός νέου αρχείου Homer</i>	103
6.5	<i>Επεξεργασία του Schematic</i>	104
6.6	Ανάλυση φορτίου.....	105
6.7	Ανάλυση ηλιακού δυναμικού και προσθήκη φωτοβολταϊκού	107
6.8	Προσθήκη Φ/Β	108
6.9	Στοιχεία Μετατροπών (Converter)	111
6.10	Αποθήκευση με την βοήθεια του Homer	111
6.11	Δίκτυο (Grid).....	113
6.12	Οικονομικές Παράμετροι	115
6.13	Στρατηγική ελέγχου	116
6.14	Περιορισμοί	116
6.15	Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	117
6.15.1	Cost Summary	117
6.15.2	Electrical	118
6.15.3	PV	119

6.15.4	<i>Emissions</i>	120
6.15.5	<i>Hourly Data</i>	120
6.16	Σύνοψη του προγράμματος.....	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 RETScreen.....		124
7.1	Γενική παρουσίαση του RETScreen.....	124
7.2	Ενεργειακό Μοντέλο.....	125
7.2.1	Χαρακτηριστικά του συστήματος και της πηγής ισχύος.....	125
7.2.2	Επιμέρους χαρακτηριστικά.....	127
7.2.3	Χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας.....	127
7.2.4	Χαρακτηριστικά του Φ/Β πλαισίου.....	128
7.2.5	Συνθήκες Ισχύος.....	129
7.2.6	Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο.....	130
7.2.7	Ανάλυση εκπομπών.....	130
7.3	Οικονομική ανάλυση.....	131
7.3.1	Ανάλυση κόστους.....	131
7.3.2	Χρηματοοικονομικοί παράμετροι.....	132
7.3.3	Κόστη Επενδύσεων.....	133
7.3.4	Χρηματοοικονομική αξιολόγηση.....	134
7.4	Σύνοψη του προγράμματος.....	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Σύνοψη-Σύγκριση –Συμπεράσματα.....		138
8.1	Γενικά επίπεδα σύγκρισης.....	138
8.1.1	Ηλιακή ακτινοβολία.....	138
8.1.2	Συντελεστές μείωσης απόδοσης και χαρακτηριστικά φ/β κυψέλης.....	138
8.1.3	Μετατροπείας.....	138
8.1.4	Οικονομική ανάλυση.....	139
8.2	Συγκεντρωτικός Πίνακας Σύγκρισης προγραμμάτων.....	139
8.3	Γενικό Συμπέρασμα.....	141
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η παρέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον δημιούργησε πολλά προβλήματα. Η ενέργεια που παραγόταν τους δύο προηγούμενους αιώνες ήταν σχεδόν εξολοκλήρου από πόρους που εξαντλούνται διαρκώς. Αυτό οδήγησε στην επιτακτική ανάγκη να βρεθούν άλλοι τρόποι παραγωγής ενέργειας που δεν θα καταστρέφουν το περιβάλλον και δεν θα εξαντλούνται. Ένας ακόμα λόγος που δεν πρέπει να αγνοείται είναι οι οικονομικοί λόγοι που οδήγησαν στην ανεύρεση νέων τρόπων παραγωγής ενέργειας. Εγιναν πολλές προσπάθειες, μια από αυτές είναι και η προταση για Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που γνωρίζουν την μεγαλύτερη ανάπτυξη είναι η ηλιακή, η αιολική, η βιομάζα και η γεωθερμία. Στην χώρα μας πρωτεύοντα ρόλο έχει η ηλιακή ενέργεια μιας και το ηλιακό δυναμικό είναι άριστο και ευνοεί τέτοια συστήματα. Χρειάζεται να αναφερθεί ότι οι ΑΠΕ έχουν και πολλά πλεονεκτήματα, με βασικότερο το ότι δεν εξαντλούνται, αλλά και μειονεκτήματα όπως ότι δεν μπορούν να έχουν σταθερή απόδοση κάθε μέρα γιατί εξαρτώνται από φυσικές δυνάμεις. Παρά τα μειονεκτήματα τους, οι ΑΠΕ έχουν σημαντική συμβολή στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο χρησιμοποιούνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα όπου μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Αυτή η τεχνολογία θα αναλυθεί στην εργασία αυτή και κατά πόσο θεωρείται συμφέρουσα η επένδυση σε ένα τέτοιο σύστημα.

2.1 Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ είναι διάφορες πηγές που υπάρχουν γύρο μας στο περιβάλλον σε αφθονία. Τις πηγές αυτές όλοι τις βλέπουμε και τις ξέρουμε αλλά λίγοι τις χρησιμοποιούν, όσο περνά ο καιρός όμως και οι συμβατικές μορφές ενέργειας εξαντλούνται, υποχρεωνόμαστε τόσο εμείς όσο και οι επιστήμονες να ψάχνουν λύσεις που να μην φτάνουν στο σημείο να χαλάσει η ισορροπία στο οικοσύστημα. Έτσι άρχισαν να ψάχνουν για πηγές ενέργειας οι οποίες να είναι ανεξάντλητες και ανανεώσιμες.

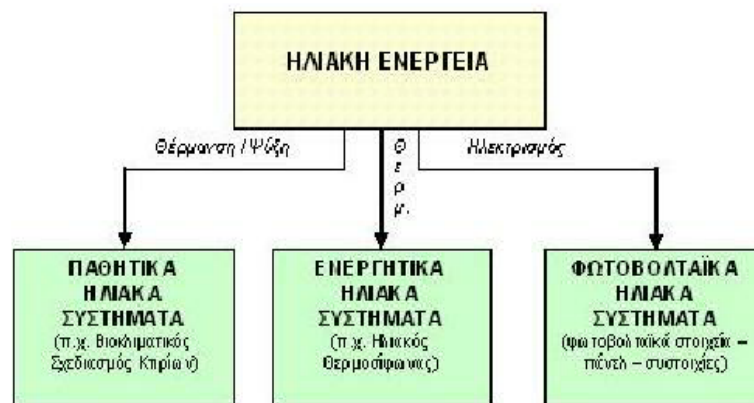
Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια ενχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στην μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Το ενδιαφέρον στην σύγχρονη εποχή για την ανάπτυξη των τεχνολογιών αυτών και την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαική κρίση του 1974 και απογειώθηκε την τελευταία δεκαετία μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Την λύση αυτή την βρήκαν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που είναι ανεξάντλητες αλλά και έχουν

μηδενικούς ρύπους που στις μέρες μας είναι πολύ σημαντικό αφού με κάθε κιλοβατώρα που προμηθευόμαστε από το δίκτυο της ΔΕΗ και παράγεται από ορυκτά καύσιμα, επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με ένα τουλάχιστον κιλό διοξειδίου του άνθρακα. Το κόστος τους περιορίζεται μόνο από την συσκευή που είναι απαραίτητη για την συλλογή ενέργειας, όπως για παράδειγμα η κατασκευή δικτύου για την συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας¹. Η προέλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η σημαντικότητά τους για την κάλυψη των υψηλών ανθρώπινων αναγκών σε ενέργεια περιγράφεται παρακάτω:

2.1.1 Ηλιακή ενέργεια

Χρησιμοποιείται για θερμικές εφαρμογές ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των ΑΠΕ από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Είναι ευρέως γνωστό ότι η μεγαλύτερή μας πηγή ενέργειας είναι ο ήλιος. Ο ήλιος είναι μια τεράστια και σχεδόν διαρκής πυρηνική αντίδραση που μεταφέρει τεράστια ποσά ενέργειας (περίπου $2.1 \cdot 10^{15}$ kWh per day) στην γη σε μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, είναι ενέργεια που περιλαμβάνει ακτίνες X, ακτίνες γάμμα, φως και χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα. Μετατρέπεται από άλλες μορφές και πηγές ενέργειας, είτε φυσικά, όπως από τις πυρηνικές αντιδράσεις του ήλιου, ή μέσω ανθρώπινων συσκευών όπως από τη λάμπα και από πηγές θέρμανσης, από μεταβιβάστες και από πυρηνικούς αντιδραστήρες. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκροτείται από ηλεκτρικά και κάθετα μαγνητικά κύματα. Αυτά τα ενεργητικά κύματα έχουν την ικανότητα να μεταφέρουν ηλεκτρική και θερμική ενέργεια σε πάρα πολύ μεγάλες αποστάσεις²



Εικόνα 2.1: Εφαρμογές ηλιακής ενέργειας.

Περισσότερες πληροφορίες για τα Φ/Β θα εξετάσουμε στο Κεφάλαιο 3.

2.1.2 Αιολική Ενέργεια

Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γής από τον ήλιο, προκαλεί την κίνηση του ανέμου. Περίπου το 2% της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην γή, μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια, η οποία υπολογίζεται σε 3,6 δις. MW, ενέργεια τεράστια συγκρινόμενη με τις ανάγκες της ανθρωπότητας. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί σύγχρονες ανεμογεννήτριες με προηγμένη τεχνολογία, που παράγουν ηλεκτρισμό λειτουργώντας είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένες με ένα ευρύτερο δίκτυο. Η αιολική ενέργεια που είναι μια από πιο ελκυστικές μορφές ενέργειας, αναμένεται να αναπτυχθεί ακόμα περισσότερο με την κατασκευή νέων ανεμογεννητριών, που θα μειώσουν το κόστος και θα κάνουν την αιολική ενέργεια ανταγωνιστική σε ακόμα περισσότερα μέρη³.

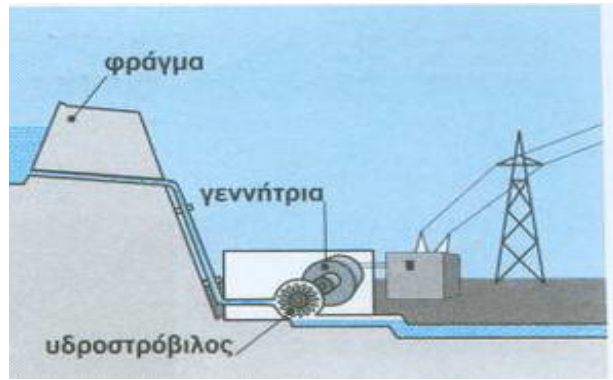


Εικόνα 2.2: Τυπική σχηματική διάταξη Ανεμογεννήτριας

2.1.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Το νερό που τρέχει στα ποτάμια και τα ρυάκια προς την θάλασσα, έχει κινητική ενέργεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει έργο. Για χιλιάδες χρόνια το χρησιμοποιούσαν για να γυρίζουν νερόμυλους που άλεθαν σιτάρι. Σήμερα το χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ηλεκτρισμό. Για την καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού χτίζονται φράγματα, που δημιουργούν τεχνητές λίμνες και στις οποίες το νερό ανέρχεται σε μεγάλο ύψος, αποκτώντας με τον τρόπο αυτό δυναμική ενέργεια. Στην συνέχεια το νερό οδηγείται μέσα σε αγωγούς και αφού αποκτήσει μεγάλη κινητική ενέργεια με την πτώση από το μεγάλο ύψος, προσπίπτει στα πτερύγια υδροστροβίλων, που αναγκάζονται να περιστραφούν. Με την περιστροφή αυτή, στρέφονται οι γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες στον ίδιο άξονα και παράγεται έτσι ηλεκτρικό ρεύμα. Οι πολύ υψηλοί βαθμοί απόδοσης των υδροστροβίλων, που μερικές φορές υπερβαίνουν και το 90% και η πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής των μικρουδροηλεκτρικών έργων, που μπορεί να υπερβαίνει και τα 100 έτη, αποτελούν δύο χαρακτηριστικούς δείκτες ενεργειακής αποτελεσματικότητας και τεχνολογικής ωριμότητας των μικρών υδροηλεκτρικών σταθμών. Στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά υδροηλεκτρικά εργοστάσια που παράγουν το 10%

περίπου της ενέργειας που καταναλίσκεται στην χώρα.⁴



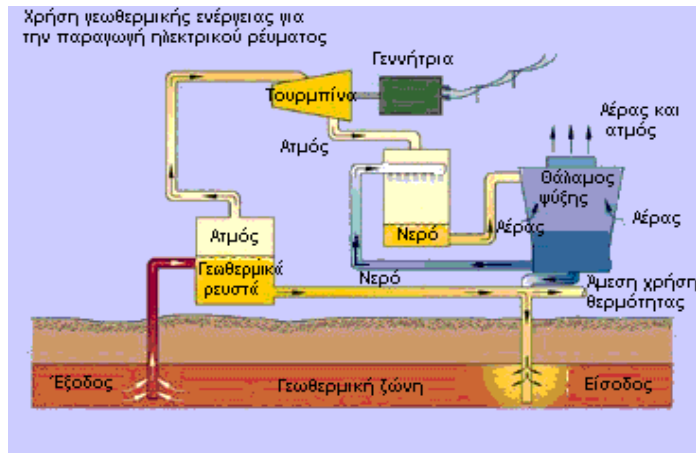
Εικόνα 2.3: Σχηματική απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΥΗ.Σ

2.1.4 Η Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια, είναι η ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της γής. Η θερμότητα αυτή της γής προέρχεται από δύο πηγές:

- I. Από τη θερμότητα του αρχικού σχεδιασμού της γής και από την ραδιενεργό διάσπαση ασταθών στοιχείων που υπάρχουν στον φλοιό, όπως το ουράνιο, θόριο και πλουτόνιο και
- II. Από την ενέργεια των θερμών (ή ατμών του νερού), που αναβλίζουν μέσα από ηφαιστιακές διόδους ή ρήγματα του υπεδάφους.

Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν το νερό όταν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού είναι χαμηλή κυρίως για θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών, κ.α., στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία των ατμών είναι υψηλή ($\theta > 150$ °C), τότε η ενέργεια αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Στην Ελλάδα, η γεωθερμία χρησιμοποιείται για σκοπούς θέρμανσης, θερμοκηπίων σε διάφορες περιοχές. Το ζεστό νερό της γεωθερμίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον δοσισμό κτηρίων⁵.



Εικόνα 2.4: Σχηματική απεικόνιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμία

2.1.5 Η Βιομάζα

Η θέρμανση με ξύλα στο τζάκι είναι ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της βιομάζας ως ενεργειακής πηγής. Ως βιομάζα, θεωρείται γενικά η οργανική ύλη που μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια. Εκτός από τα ξύλα, στη βιομάζα συγκαταλέγονται τα αγροτικά υπολείματα (κλαδιά δέντρων, υπολείματα ξυλείας, υπολείματα σιτηρών, το πυρηνόξυλο της ελιάς, κλπ) και τα φυτά που καλλιεργούνται ειδικά για την παραγωγή ενέργειας. Επίσης, είναι δυνατόν να παράγουμε χρήσιμα καύσιμα (βιοαέριο), από την μετατροπή των στερεών αποβλημάτων, των αποβλημάτων των ζώων και από τα υγρά απόβλητα. Η βιομάζα αποτελείται κυρίως από ενώσεις, από βασικά στοιχεία τα οποία περιέχουν τον άνθρακα και το υδρογόνο. Στην Ελλάδα, 10 εκατ. στρέμματα γής, έχουν ήδη η προβλέπεται να περιθωριοποιηθούν και να εγκαταλειφθούν. Εάν η έκταση αυτή αξιοποιηθεί για την ανάπτυξη ενεργειακών καλλιεργειών, η καθαρή ωφέλεια σε ενέργεια που μπορεί να αναμένεται, είναι περίπου στο 50 – 60% της ετήσιας κατανάλωσης πετρελαίου.⁶

2.1.6 Η Κυματική ενέργεια

Οι ωκεανόι καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη, και μπορεί να αποτελέσουν μία τεράστια αποθήκη ενέργειας. Η ενέργεια αυτή έχει την μορφή κινητικής ενέργειας που λαμβάνεται από τα κύματα, τις παλίρροιας, τα θαλάσσια ρεύματα, καθώς και την μορφή θερμικής ενέργειας, που λαμβάνεται από την μετατροπή της θερμικής ενέργειας των ωκεανών.

- Ενέργεια από κύματα: Η ενέργεια που πρικλείουν τα κύματα, η οποία ακόμα αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πειραματισμού για τον ικανοποιητικό τρόπο αξιοποίησής της, αποτελεί μια άλλη μορφή ενέργειας, που έμμεσα ωφείλεται στον ήλιο. Όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος και το μήκος ενός κύματος, τόσο μεγαλύτερα ποσά ενέργειας μεταφέρει.

- Ενέργεια από την παλίρροια: Η παλίρροια, δηλαδή το να αποσύρεται η θάλασσα (άμπωτη) και μετά από ορισμένες ώρες, να επιστρέφει (πλημμυρίδα), αποτελεί μορφή έμμεσης ηλιακής ενέργειας. Οι παλίρροιες ωφείλονται σε δυνάμεις που δημιουργούνται στις υδάτινες μάζες από το πεδίο βαρύτητας, καθώς και από την περιστροφή της γής. Διαρκούν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. Σήμερα, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας και περιβαλλοντικούς, το ενδιαφέρον γι' αυτή την μορφή ενέργειας είναι έντονο. Το κόστος των εγκαταστάσεων παλιρροϊκής ενέργειας είναι πολύ μεγάλο. Εντούτοις, μακροπρόθεσμα θεωρείται μια ενδιαφέρουσα επένδυση επειδή οι εγκαταστάσεις αυτές έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όπως επίσης και το γεγονός ότι δεν υπάρχει κόστος καυσίμου και δεν δημιουργούνται καυσαέρια.
- Θερμική ενέργεια από τους ωκεανούς: Εκεί όπου υπάρχουν θαλάσσια ρεύματα από τους πόλους προς τον ισημερινό, και όπου ο ήλιος, μεταφέροντας μεγάλα ποσά θερμότητας, θερμαίνει το νερό στην επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 25 °C.
- Ενέργεια από θαλάσσια ρεύματα: Αυτά αποτελούν ένα τεράστιο ενεργειακό δυναμικό, το οποίο όμως γι να αξιοποιηθεί, απαιτεί εξελιγμένη τεχνολογία, έρευνα και μελέτη. Προς το παρόν έχουν εκπονηθεί πειραματικά σχέδια για την εκμετάλευση αυτής της ενέργειας, με την αγκυροβόληση γιγαντιαίων, χαμηλής τάσης τουρμπίνων, σε διάφορες περιοχές των Η.Π.Α αξιοποιώντας το θαλάσσιο ρεύμα του Γκόλφ – Στρημ⁷.

2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των ΑΠΕ.

2.2.1 Πλεονεκτήματα

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικούς ρύπους και απόβλητα.
- Είναι ανεξάντλητες και σε αφθονία σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορεί να βοηθήσουν ενεργειακά μικρές χώρες που έχουν σε αφθονία τις ΑΠΕ, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την κρίση του πετρελαίου.
- Εφαρμόζονται εύλικτα και μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες τοπικών πληθυσμών, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά ενέργειας.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και την συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για την σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των

υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελέττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.

- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ καλλιέργιες θερμοκηπίου με την χρήση γεωθερμικής ενέργειας).
- Δίνουν την δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη.
- Οι εγκαταστάσεις εκμετάλευσης των ΑΠΕ διατίθενται σε μικρά μεγέθη και έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας, με επαναλαμβανόμενα συστήματα σε πολλές περιπτώσεις.

2.2.2 Μειονεκτήματα

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γής. Γι'αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και η απόδοση τους εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται, γι'αυτό και δεν είναι εφικτό να λειτουργούν σαν πρώτες μονάδες.

- Για τις Α/Γ υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν.
- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης ή της ηλιακής με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγομενη ενέργεια δεν πληρεί πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανισμάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργος ισχύος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα έχει δώσει λύσεις στα περισσότερα από τα αναφερόμενα προβλήματα, ιδιαίτερα με την κατασκευή Α/Γ μεταβλητού βήματος (pitch control) και μεταβλητών στροφών. Παρόλα αυτά υπάρχει κάποιο αυξημένο κόστος για την βελτίωση των χαρακτηριστικών της παραγόμενης kWh. Επίσης σε περιπτώσεις διασύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, η διείσδυση της παραγωγής από τις ΑΠΕ συχνά δεν μπορεί να ξεπερνά το 25% για λόγους ευστάθειας του συστήματος.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω από το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και οτι αλλάζουν το μικροκλίμα της περιοχής.
- Το διεσπαρμένο δυναμικό τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος, να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.
- Έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας και συνεπώς για μεγάλες ισχύεις απαιτούνται συχνά εκτεταμένες εγκαταστάσεις.
- Παρουσιάζουν συχνά διακυμάνσεις στη διαθεσιμότητά τους που μπορεί να είναι μεγάλης διάρκειας απαιτώντας την εφεδρεία άλλων ενεργειακών πηγών (Υ/Σ) ή γενικά δαπανηρές μεθόδους αποθήκευσης.
- Η χαμηλή διαθεσιμότητά τους συνήθως οδηγεί σε χαμηλό συντελεστή χρησιμοποίησης των εγκαταστάσεων εκμετάλλευσής τους.
- Το κόστος επένδυσης ανα μονάδα εγκατεστημένης ισχύος σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων είναι ακόμα υψηλό.

2.3 Σκοπός της Εργασίας

2.3.1 Γιατί 80 άρι? (Άδειες στην κρήτη και εγκατεστημένη ισχύς μέχρι σήμερα)

2.1.1.1 Στοιχεία για τις μονάδες Α.Π.Ε. στο Νησί

Σημαντικά είναι τα ποσοστά της εγκατεστημένης παραγωγής από μονάδες Α.Π.Ε. στη Κρήτη. Το πλούσιο ηλιακό και αιολικό δυναμικό που διαθέτει το νησί, δίνει σημαντικά κίνητρα στους παραγωγούς που θέλουν να επενδύσουν σε εγκαταστάσεις Φ/Β και Αιολικών πάρκων. Στο Πίνακα 2-1 παρουσιάζονται συνοπτικά οι μονάδες Α.Π.Ε. που είναι διασυνδεδεμένες με το Σ.Η.Ε. της Κρήτης σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο της Δ.Ε.Η. για τον Μάρτιο του 2013.

Αιολικά (MW)	Μικρά Υδροηλεκτρικά (MW)	Βιοαέριο -Βιομάζα (MW)	Φ/Β (MW)	Σύνολο (MW)
183,54	0,3	0,4	76,31	260,55

Πίνακας 2-1:Σύνοψη μονάδων Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης για τον μήνα Μάρτιο του έτους 2013⁸

2.1.1.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα (Λιγότερο αναλυτικά)

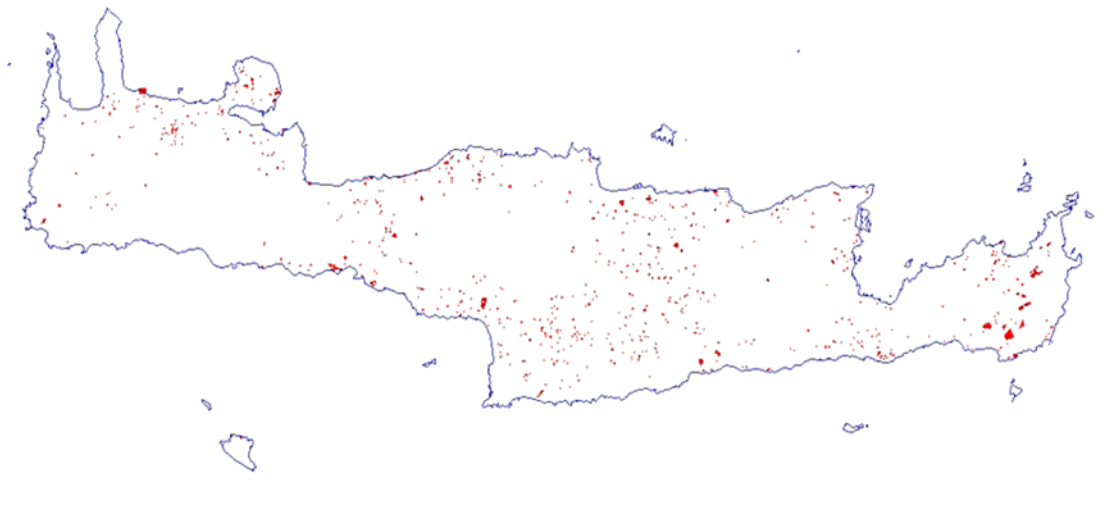
Ο μεγάλος αριθμός Φ/Β εγκαταστάσεων που έχει αδειοδοτηθεί με το παρόν θεσμικό πλαίσιο (κυρίως του Ν.3468/2006) από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) πρόκειται να αλλάξει σημαντικά το ενεργειακό κατεστημένο του νησιού. Αυτή η αδειοδοτημένη ισχύ έχει κατανεμηθεί σε μεγάλο αριθμό σταθμών των 80 kW.

Το σύνολο των αδειοδοτημένων έργων παρατίθενται ανά Νομό στο Πίνακα 2-2.

Νομός	Αριθμός Φ/Β Σταθμών	Αδειοδοτημένη Ισχύς Φ/Β
Χανίων	200	19,9
Ρεθύμνου	241	35,91
Ηρακλείου	501	18,26
Λασιθίου	262	14,75
Σύνολο	1.204	88,82

Πίνακας 2-2: Αδειοδοτημένη Ισχύς από Φ/Β στο Σ.Η.Ε. της Κρήτης

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται μία γεωγραφική απεικόνιση της χωροθέτησης των αδειοδοτημένων εγκαταστάσεων Φ/Β στο νησί της Κρήτης. Από το πλήθος των αδειοδοτημένων έργων στη γεωγραφική έκταση των νησιού διαπιστώνεται ότι οι μονάδες παραγωγής Φ/Β αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στο τομέα της ηλεκτροπαραγωγής της Κρήτης.



Εικόνα 2.1: Χωροθέτηση αδειοδοτημένων εγκαταστάσεων Φ/Β στο νησί της Κρήτης

Επίσης σημαντικές είναι και οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις Φ/Β με το παλιό θεσμικό καθεστώς (της μη πριμοδοτούμενης παραγόμενης kWh από Φ/Β. Κάποιες από τις κυριότερες εγκαταστάσεις Φ/Β Σταθμών στο νησί που η εγκατεστημένη τους ισχύς έχει υπερβεί τα 100 kW, παρουσιάζονται στο Πίνακα 2-3. Στην Εικόνα 2.2 και 2.3 φαίνεται η όψη δύο Φ/Β σταθμών που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

ΦΟΡΕΑΣ	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)
ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ,	172
ΓΕΡΜΑΝΟΣ ΑΒΕΕ	166
ΛΕΥΚΟΣΙΔΗΡΟΥΡΓΙΑ ΚΡΗΤΗΣ ΑΕΡΕ	126,7
ΑΓΓΕΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ	135

Πίνακας 2-3: Κυριότεροι Φ/Β Σταθμοί στη Κρήτη με το παλιό θεσμικό καθεστώς



Εικόνα 2.2: Φ/Β Σταθμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 172 kWp της ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ στο Νομό Λασιθίου



Εικόνα 2.3: Φ/Β Σταθμός συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 135 kWp στο Νόμο Ηρακλείου

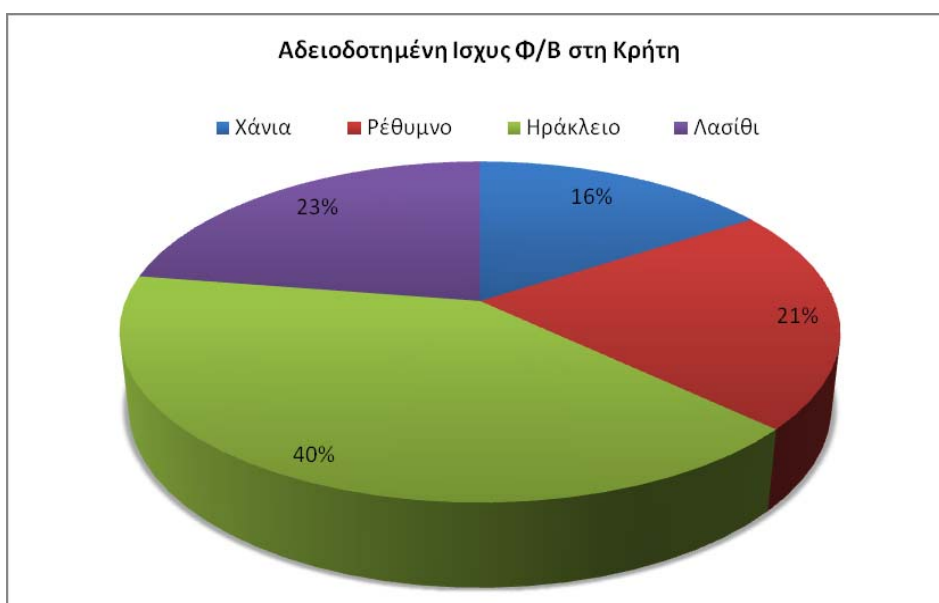
Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τωρινές εγκαταστάσεις στο νησί. Σύμφωνα με το πληροφοριακό δελτίο που δημοσιεύεται η Δ.Ε.Η. για το μήνα Μάιο του 2011, η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β ανά Νομό της Κρήτης ανέρχονταν σε αυτή που αναγράφεται στον Πίνακα 2-4.

Νομός	Εγκατεστημένη Ισχύς Φ/Β
Χανίων	4,88
Ρεθύμνου	7,56
Ηρακλείου	14,74
Λασιθίου	10,34
Σύνολο	37,52

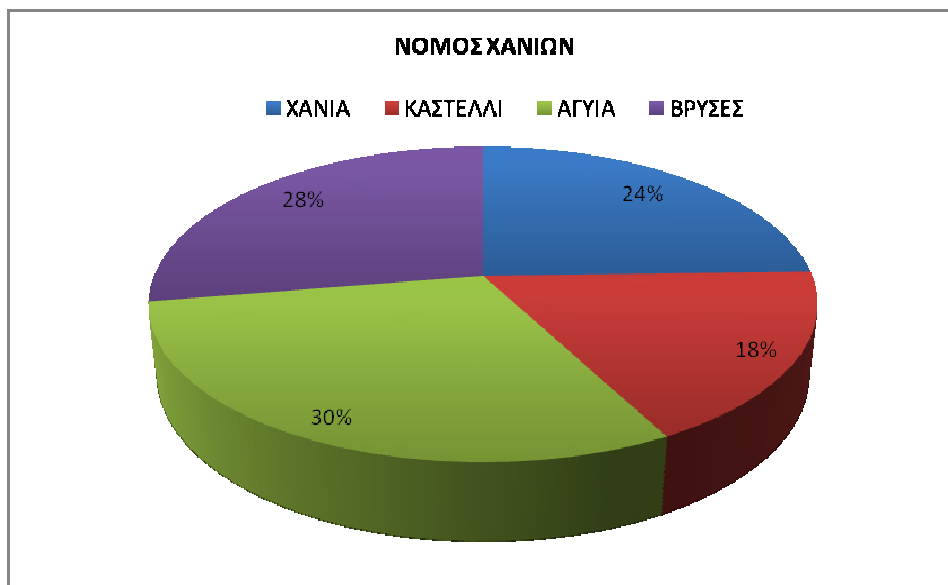
Πίνακας 2-4: Κατανομή της εγκατεστημένης Ισχύος των Φ/Β ανά νομό τον Μάιο του 2011

Το νησί της Κρήτης διαθέτει το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Το ποσοστό της μέσης συνολικής διείσδυσης στην ηλεκτροπαραγωγή του νησιού είναι ίσο με 19,75%, από το οποίο το 16,6% περίπου προέρχεται από μονάδες αιολικά πάρκα και το 3% από φωτοβολταϊκούς Σταθμούς.

Έτσι σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν στα στοιχεία που ακολουθούν, καθώς φαίνονται αναλυτικά στοιχεία της κατανομής των αδειοδοτημένων Φ/Β ανά Δήμο στους Νομούς της Κρήτης. Στους Πίνακες 2-5, 2-6, 2-7, 2-8 αναγράφεται η κατανομή αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό των Νομών Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου (με τον Υ/Σ Αγ. Βαρβάρας να είναι εκτός) και Λασιθίου (με τους Υ/Σ Μαρωνίας να είναι εκτός) αντίστοιχα. Επίσης στην Εικόνα 2.4 φαίνεται το συνολικό ποσοστό αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β για κάθε Νομό της Κρήτης ενώ στις Εικόνες 2.5, 2.6, 2.7 απεικονίζεται το ποσοστό της αδειοδοτημένης ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό των Νομών Χανίων, Ηρακλείου και Λασιθίου (στο Νομό Ρεθύμνου υπάρχει ένας Υποσταθμός οπότε δεν υπάρχει αντίστοιχη εικόνα).



Εικόνα 2.4: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β στη Κρήτη



Εικόνα 2.5: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Χανίων

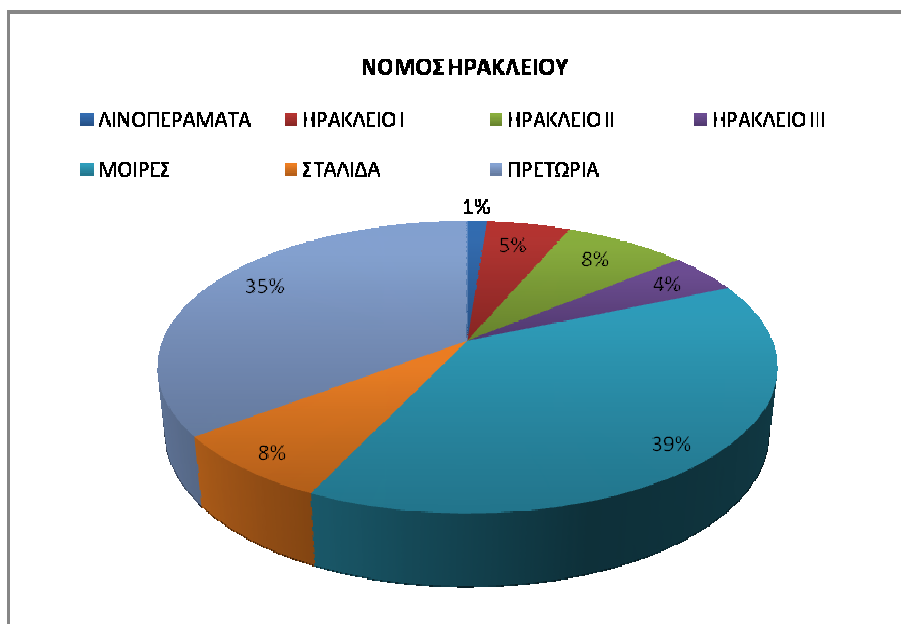
Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (kW)
ΧΑΝΙΑ	Ακρωτήρι	2.639,3
	Χανιά	439,6
	Ελ.Βενιζέλου	239,6
	Σούδα	0
ΚΑΣΤΕΛΛΙ	Κίσσαμος	499,5
	Κολυμπάρι	1.306,28
	Μήθυμνα	320
	Ιναχώριο	80
	Πελεκάνος	180
ΑΓΥΙΑ	Νέα Κυδωνία	320
	Μουσούροι	1.974
	Πλατανιάς	839,9
	Βουκολιές	310
	Κάντανος	367,3
	Σέλιμος	260
ΒΡΥΣΕΣ	Φρες	240
	Βάμος	690
	Σφακιά	1.840
	Γεωργιούπολη	260

	Κρυονερίδα	420
	Αρμένιοι	280
	Ασή Γωνιά	0

Πίνακας 2-5: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Χανίων

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (kW)
ΡΕΘΥΜΝΟ	Ρέθυμνο	1.863,49
	Σύβριτος	660
	Λάμπης	4.240
	Φοινηκιά (Πλακιάς)	2.739
	Αρκάδι	1.702,89
	Γεροπόταμος	2.349,28
	Λάππα	80
	Νικηφόρος Φωκάς	1.480
	Κουλούκωνα	480
	Κουρήτες	2.320

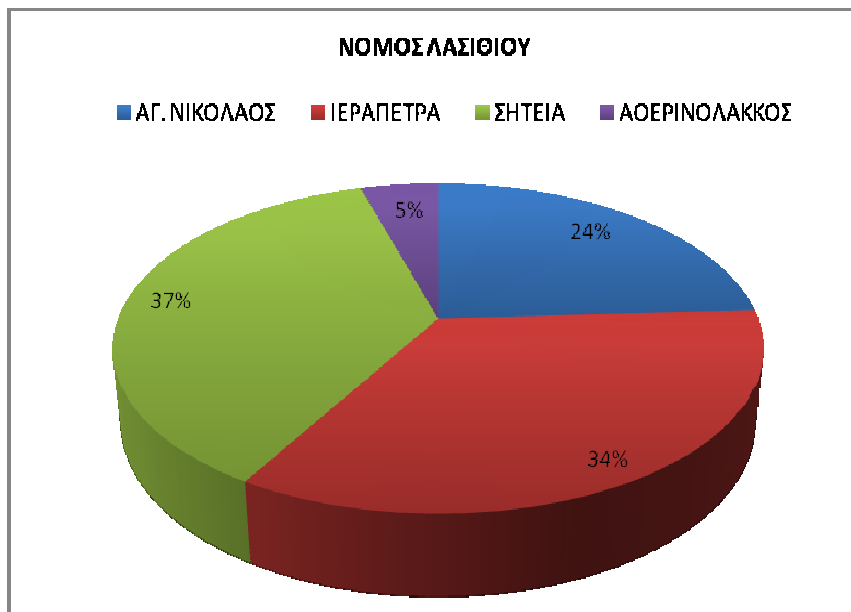
Πίνακας 2-6: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Ρεθύμνου



Εικόνα 2.6: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Ηρακλείου

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (kW)
ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΑ	Γάζι	420
ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	Ηράκλειο	1.782,36
ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	Αλικαρνασσός	943,48
	Γούβες	1.186,64
	Επισκοπή	487
ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙΙ	Αρχάνες	239,92
	Κρουσώνας	260
	Τέμενος	840
	Τετραχώρι	20
	Τύλισος	160
	Γοργολαΐνη	0
	Ανώγεια	20
ΜΟΙΡΕΣ	Μοίρες	3689,4
	Τυμπάκι	3.277,35
	Αγία Βαρβάρα	953
	Ζαρός	1120
	Ρούβας	160
	Γόρτυνα	4.099,98
ΣΤΑΛΙΔΑ	Χερσόνησος	1.079,35
	Μάλλια	260
	Καστέλλι	320
	Θράψανο	960
ΠΡΕΤΩΡΙΑ	Νίκος Καζαντζάκης	1.935,92
	Αστερουσίας	3.299,35
	Κόφινας	1.099,73
	Αρκαλοχώρι	5.841,55

Πίνακας 2-7: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Ηρακλείου



Εικόνα 2.7: Ποσοστό αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Υποσταθμό στο Νομό Λασιθίου

Υποσταθμός	Δήμοι	Αδειοδοτημένη Ισχύς (kW)
ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ	Άγιος Νικόλαος	2.536,99
	Νεάπολη	1.105,34
	Οροπέδιο	372
	Βραχάσι	610
ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	Ιεράπετρα	5.112,1
	Βιάννος	906
	Μακρύς Γιαλός	570
ΣΗΤΕΙΑ	Σητεία	5.716,53
	Ίτανος	1.360
ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΣ	Λεύκη	880

Πίνακας 2-8: Κατανομή αδειοδοτημένης Ισχύς Φ/Β ανά Δήμο και Υποσταθμό στο Νομό Λασιθίου

2.3.2 Δομή της Εργασίας

Έχοντας εξετάσει τα είδη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας , τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους και παρατηρώντας ότι σημαντικό ρόλο για το ΣΗΕ Κρήτης αναμένεται να διαδραματίσουν οι εγκαταστάσεις Φ/Β πάρκων των 80kW, ο σκοπός της εργασίας είναι η ανάλυση και επεξήγηση τριών λογισμικών προγραμμάτων τα οποία ο χρήστης μπορεί να τα βρει ελεύθερα στο διαδίκτυο και αποτελούν τα βασικά εργαλεία για την υλοποίηση ενός σωστά δομημένου και συγκροτημένου φωτοβολταϊκού πάρκου.

Για το σκοπό αυτό στα υπόλοιπα κεφάλαια παρουσιάζονται τα διάφορα απαιτούμενα στοιχεία.

Πιο συγκεκριμένα, το Κεφάλαιο 3 επικεντρώνεται στις μονάδες ΑΠΕ που αξιοποιούν την Ηλιακή ενέργεια. Αυτές είναι τα Φωτοβολταϊκά συστήματα και ο τρόπος εκμετάλλευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος τους, αποτέλεσε το κίνητρο ενασχόλησης της παρούσας εργασίας. Επομένως, μέσω του κεφαλαίου αυτού δίνεται έμφαση στην παρουσίαση της συγκεκριμένης τεχνολογίας ΑΠΕ. Αρχικά γίνεται αναφορά στην ηλιακή ακτινοβολία, την ενεργειακή απολαβή της και τις συνιστώσες της. Εξετάζεται η κίνηση του ήλιου σύμφωνα με την θέση τοπικού παρατηρητή Φωτοβολταϊκών καθώς και οι εξισώσεις περιγραφής της κίνησης του ήλιου και το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στους αντιστροφείς και τις κατηγορίες που διακρίνονται , τον βαθμό απόδοσης τους και τα αδρά βήματα επιλογής τους. Τέλος, αναφέρεται στο επίπεδο σύνδεσης των ΑΠΕ στο σύστημα και τις τεχνικές απαιτήσεις διασύνδεσης που υπάρχουν. Έμφαση δίνεται στις παραμέτρους που χρησιμοποιούν τα λογισμικά που αναλύθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται τα είδη των λογισμικών προγραμμάτων που διατίθενται στο διαδίκτυο. Υπάρχουν 9 κατηγορίες λογισμικού. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιούνται τα λογισμικά τύπου Shareware και Freeware. Τα λογισμικά προγράμματα Sunny Design και RetScreen είναι τύπου Freeware, δηλαδή διαθέσιμα στους χρήστες χωρίς κανένα κόστος ενώ το λογισμικό πρόγραμμα Homer τύπου Shareware, δηλαδή λογισμικό με άδεια δοκιμής. Είναι μια περιορισμένη έκδοση λογισμικού η οποία διατίθεται δωρεάν προς δοκιμή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και έχει την δυνατότητα αναβάθμισης σε πλήρη έκδοση μέσω ενός κωδικού που προσφέρεται έναντι χρέωσης.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται παρουσίαση των δυνατοτήτων του λογισμικού προγράμματος Sunny Design.

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται παρουσίαση των δυνατοτήτων του λογισμικού προγράμματος Homer.

Στο Κεφάλαιο 7 γίνεται παρουσίαση των δυνατοτήτων του λογισμικού προγράμματος RetScreen.

Στο Κεφάλαιο 8 γίνεται η σύνοψη και η σύγκριση των λογισμικών προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία καθώς και οι παρατηρήσεις και τα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Φωτοβολταϊκά και στοιχεία σύνδεσης

3.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που είναι φιλική προς το περιβάλλον. Αντίθετα από τα απολιθωμένα καύσιμα, η ηλιακή ενέργεια είναι διαθέσιμη παντού στη γη. Είναι ελεύθερη και ανεπηρέαστη από τις αυξανόμενες τιμές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους : για θέρμανση, φωτισμό και παραγωγή μηχανικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για την κίνηση τουρμπινών. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών.

Το ενδιαφέρον για την ηλιακή ενέργεια εντάθηκε όταν χάρη στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαπιστώθηκε η πρακτική δυνατότητα της εύκολης, άμεσης και αποδοτικής μετατροπής της σε ηλεκτρική ενέργεια με την κατασκευή φωτοβολταϊκών γεννητριών. Η φωτοβολταϊκή μέθοδος μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια έχει κυρίως πλεονεκτήματα, αν εξαιρεθούν το σχετικά υψηλό κόστος για τις περισσότερες εφαρμογές, η αδυναμία της φωτοβολταϊκής γεννήτριας να παράγει συνεχώς ηλεκτρική ενέργεια λόγω των διακυμάνσεων της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές⁹



3.1.1 Ενεργειακή απολαβή ηλιακής ακτινοβολίας

Η ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2) που φτάνει στην επιφάνεια της γης μέσα σε μια ημέρα, εξαρτάται από τη κλίση της συλλεκτικής επίπεδης επιφάνειας, από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου, από τη μέρα του χρόνου και από τις συγκεντρώσεις των διάφορων αερίων, υγρών και στερεών συστατικών αιωρημάτων της ατμόσφαιρας. Προκειμένου, όμως να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία σε διεθνή κλίμακα, οι μετρήσεις προσεγγίζονται με αισθητήρες (πυρανόμετρα), οι οποίοι τοποθετούνται με συλλεκτική επιφάνεια οριζόντια.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν, όλη την επιφάνεια του πλανήτη, κατά μέσο όρο κάθε τετραγωνικό μέτρο (m^2) δέχεται περίπου 4,2 kWh την ημέρα. Τα ποσοστά ενέργειας είναι υψηλότερα σε επιφάνειες όπως έρημοι όπου μπορούν να ξεπεράσουν τις 6 kWh/ m^2 την ημέρα.¹⁰

3.1.2 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας

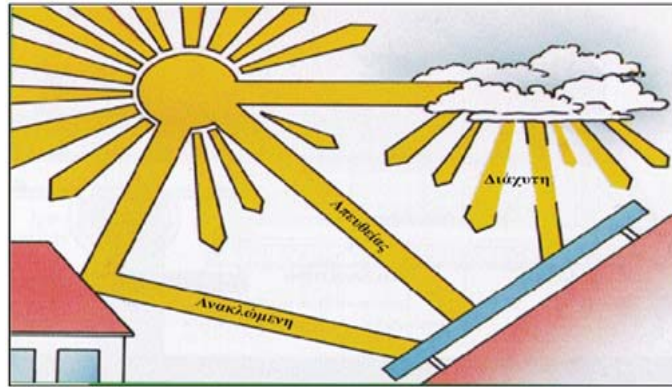
Σε κάθε τόπο της επιφάνειας της γης, φτάνουν δύο συνιστώσες του ηλιακού φωτός: η απευθείας, ή άμεση και η σκεδαζόμενη στα μόρια του αέρα, η οποία ονομάζεται διάχυτη. Πιο συγκεκριμένα:

- Η απευθείας ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση στην ατμόσφαιρα.
- Η διάχυτη ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης με αλλαγμένη διεύθυνση, αφού έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα και ανάκλαση από το έδαφος. Επομένως, η διάχυτη ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης με τυχαίες διευθύνσεις από όλο τον ουράνιο θόλο.

Η απευθείας και η διάχυτη ακτινοβολία εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

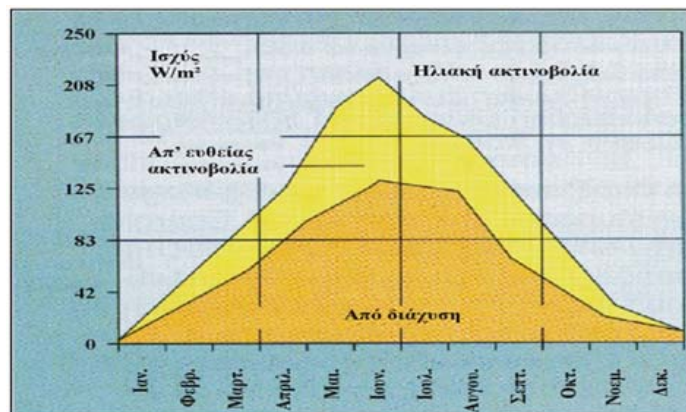
- Τη σύσταση-κατάσταση της ατμόσφαιρας, τη δεδομένη χρονική στιγμή (υγρασία και γενικά, τα αιωρήματα της ατμόσφαιρας).
- Την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους.
- Τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών σ' ένα κεκλιμένο ή οριζόντιο επίπεδο, η οποία μεταβάλλεται καθώς αλλάζει το ύψος του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Αξίζει να σημειωθεί, πως σε μια κεκλιμένη επιφάνεια ένα τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προέρχεται και από αυτήν που ανακλάται διάχυτα από το έδαφος. Η διάχυτα ανακλώμενη εξαρτάται από τη μορφολογία και το χρώμα του εδάφους ή την επικάλυψη του (γρασίδι ή χιόνι) και την πυκνότητα των νεφών. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται σχηματικά, η απευθείας, η διάχυτη και η ανακλώμενη ακτινοβολία ως άθροισμα της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε μια συλλεκτική επιφάνεια¹¹.



Εικόνα 3.1: Απευθείας, διάχυτη και διάχυτα ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία

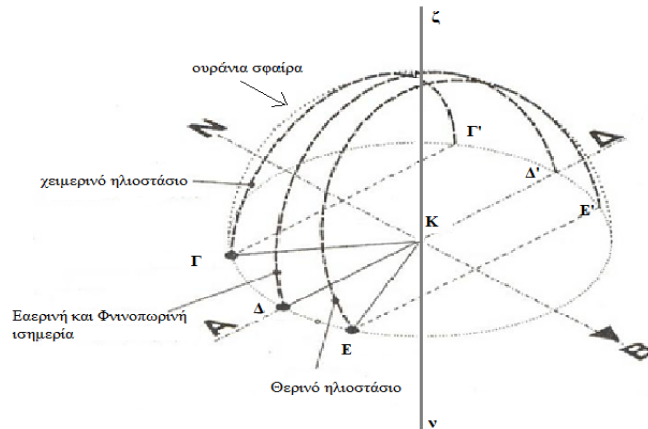
Τέλος, η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε μια συλλεκτική επιφάνεια ή ένα κεκλιμένο επίπεδο, αποτελείται από την απευθείας, τη διάχυτη και τη διάχυτα ανακλώμενη από το έδαφος. Η συνολική αυτή ακτινοβολία αναφέρεται ως ολική ακτινοβολία. Στην Εικόνα 3.2 παριστάνεται γραφικά, η διακύμανση της απευθείας και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε W/m^2 , κατά τη διάρκεια ενός έτους.¹²



Εικόνα 3.2: Διακύμανση της απευθείας και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε διάρκεια ενός έτους

3.1.3 Η κίνηση του ήλιου σύμφωνα με τη θέση τοπικού παρατηρητή

Ένας προσφιλής τρόπος για να περιγραφεί, η κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο, είναι να καθοριστεί το φαινόμενο αυτό από τη θέση του τοπικού παρατηρητή. Πιο συγκεκριμένα, ο παρατηρητής περιγράφει τα προηγούμενα, ως κίνηση του ήλιου γύρω απ' τη γη, που τη θεωρεί ακίνητη. Γι' αυτό, όλα τα αστέρια και οι πλανήτες φαίνονται να είναι τοποθετημένα σε μια τεράστια σφαίρα, την ουράνια σφαίρα, η οποία φαίνεται να περιστρέφεται γύρω απ' τη γη, με φορά αντίθετη της περιστροφής της γης. Στην Εικόνα 3.3 ο τοπικός παρατηρητής είναι στο κέντρο Κ, η κατακόρυφη του τόπου με κατεύθυνση προς τα επάνω, προσδιορίζει επί της ουράνιας σφαίρας, το Ζενίθ (ζ), του τόπου, ενώ το αντιδιαμετρικό σημείο λέγεται Ναδίρ (ν) του τόπου. Ο παρατηρητής βλέπει τον ήλιο να ανατέλλει, τη μέρα του χειμερινού ηλιοστασίου από το Γ και να δύει στο Γ'. Καθώς περνάνε οι μέρες, ο ήλιος αλλάζει κύκλο, η θέση μεσουράνησης αυξάνει, το σημείο ανατολής μετατοπίζεται ανατολικότερα και η δύση δυτικότερα. Έτσι, την ημέρα της ισημερίας (Εαρινή και Φθινοπωρινή) ο ήλιος ανατέλλει από το Δ και δύει στο Δ'. Τέλος, κατά το θερινό ηλιοστάσιο ο ήλιος ανατέλλει στη τροχιά του κύκλου από το Ε και δύει στο Ε' ¹³



Εικόνα 3.3: Η κίνηση του ήλιου από σύστημα τοπικού παρατηρητή

3.1.4 Εξιιώσεις περιγραφής κίνησης ήλιου

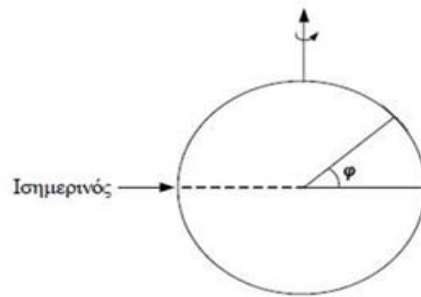
Η θέση του ήλιου από ένα ορισμένο σημείο μιας επιφάνεια της γης, για μια δεδομένη χρονική στιγμή, διαμορφώνει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μπορεί να προσεγγιστεί από κάποιες βασικές γωνίες, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

- Το γεωγραφικό πλάτος φ .
- Τη κλίση της επιφάνειας β .
- Τη γωνία αζιμούθιου γ .
- Την απόκλιση δ του ήλιου.
- Τη γωνία Ζενίθ θ_z .
- Την ωριαία γωνία ω .
- Την ωριαία γωνία δύσης ω_s .
- Τη γωνία πρόσπτωσης θ .

3.1.1.1 Γεωγραφικό πλάτος φ

Το γεωγραφικό πλάτος φ είναι η γωνιακή απόσταση ενός τόπου από τον Ισημερινό (Εικόνα 3.4). Σε περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου (όπως η Ελλάδα) αντιστοιχεί θετική τιμή γεωγραφικού πλάτους. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η συγκεκριμένη γωνία είναι:

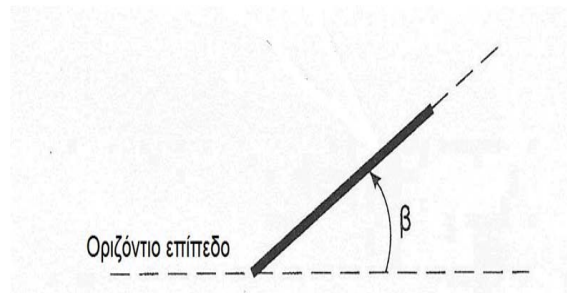
$$-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$



Εικόνα 3.4: Γωνία γεωγραφικού πλάτους φ .

3.1.1.2 Κλίση επιφάνειας β

Η κλίση β μιας επιφάνειας είναι η γωνία που σχηματίζει σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.5



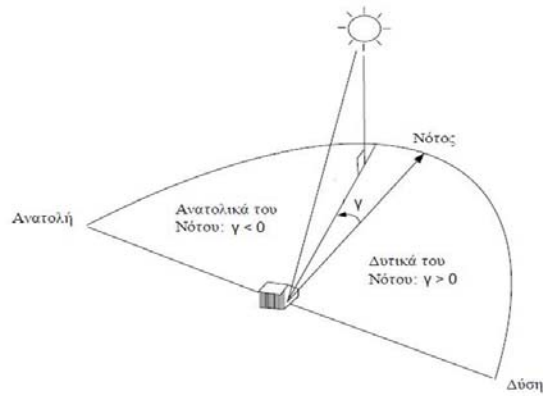
Εικόνα 3.5: Κλίση επιφάνειας β .

3.1.1.3 Γωνία αζιμούθιου γ

Η γωνία αζιμούθιου γ που περιγράφει την κατεύθυνση προς την οποία είναι στραμμένη μια επιφάνεια ως προς τον ορίζοντα. Στην Εικόνα 3.6 δείχνονται οι γωνίες προσδιορισμού της θέσης του ήλιου, μια ορισμένη στιγμή, με αναφορά ως προς την Ανατολή και ως προς τη Δύση.

Για τοποθεσίες του βόρειου ημισφαιρίου (όπως η Ελλάδα) ισχύουν οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Για $\gamma = 0$, νότιος προσανατολισμός.
- Για $\gamma > 0$, δυτικός προσανατολισμός.
- Για $\gamma < 0$, ανατολικός προσανατολισμός.



Εικόνα: 3.6: Αζιμουθιακή γωνία γ

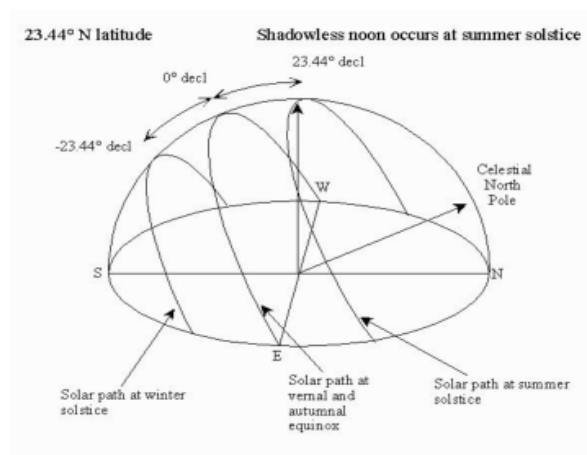
3.1.1.4 Απόκλιση δ του ήλιου

Απόκλιση δ του ηλίου ορίζεται η γωνία ανάμεσα στην ευθεία ήλιου-γης και την προβολή της στο επίπεδο του ισημερινού (βλέπε Εικόνα 3.7).

- Η μέγιστη τιμή της, κατά το θερινό ηλιοστάσιο, είναι $23,45^\circ$.
- Η ελάχιστη τιμή της, κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο, είναι $-23,45^\circ$.

$$\delta = 23,45 * \sin \frac{360 * (284 + n)}{365} \quad (3-1)$$

Όπου n: η ημέρα του έτους.



Εικόνα 3.7: Ορισμός απόκλισης δ

3.1.5 Συντελεστής αιθριότητας

Οι Liu και Jordan έδειξαν ότι μακροπρόθεσμα η ηλιακή ακτινοβολία χαρακτηρίζεται ^{14, 15, 16} από τη σχέση:

$$K_t(I) = \frac{E(I)}{E_{ext}(I)} \quad \text{όπου} \quad (3-2)$$

$K_t(I)$: ο μηνιαίος συντελεστής αιθριότητας, είναι ο λόγος της μηνιαίας μέσης ολικής ακτινοβολίας σε μια οριζόντια επιφάνεια προς την μηνιαία μέση ολική ακτινοβολία εκτός της ατμόσφαιρας.

$E(I)$: είναι η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, για το μήνα I, μιας συγκεκριμένης περιοχής, που βασίζεται στον μέσο όρο της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας για το συγκεκριμένο μήνα και

$E_{ext}(I)$: η αντίστοιχη τιμή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας εκτός της γήινης ατμόσφαιρας.

Το $K_t(I)$ είναι το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας εκτός της ατμόσφαιρας που διέρχεται του στρώματος της ατμόσφαιρας. Ορίζουμε ακόμα τον συντελεστή αιθριότητας $K_t(n_j)$ και για κάθε ημέρα, σαν το λόγο της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας της συγκεκριμένης ημέρας προς την ολική ακτινοβολία για μια οριζόντια επιφάνεια εκτός της ατμόσφαιρας για την ίδια ημέρα που δίδεται:

$$K_t(n_j) = \frac{H(n_j)}{H_{ext}} \quad \text{όπου} \quad (3-3)$$

$H(n_j)$: είναι η ολική ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο, για την ημέρα, n_j

H_{ext} : η ηλιακή ακτινοβολία για την αντίστοιχη ημέρα εκτός της ατμόσφαιρας ομοίως και ο ημερήσιος συντελεστής αιθριότητας K_t

$$K_t(h) = \frac{I(h)}{I_{ext}(h)} \quad \text{όπου} \quad (3-4)$$

$I(h)$: η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας για μία συγκεκριμένη ώρα και

$I_{ext}(h)$: η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή εκτός της ατμόσφαιρας.

Ο συντελεστής αιθριότητας προσδιορίζει το ποσό της ηλιακής ενέργειας, που δέχεται για καθορισμένη χρονική στιγμή, η επιφάνεια της γης σε αντιστοιχία με αυτό που θα δεχόταν αν δεν υπήρχε το στρώμα της ατμόσφαιρας. Προφανώς κατά τη διάρκεια της νύχτας παίρνει την ελάχιστη τιμή του, δηλαδή γίνεται μηδέν, ενώ την μέγιστη τιμή του για μια ημέρα με καθαρό και ασυννέφιαστο ουρανό την παίρνει κατά το ηλιακό μεσημέρι ($\omega=0$). Οι περισσότερες τιμές για τον συντελεστή αιθριότητας κυμαίνονται μεταξύ της τιμής 0,3 και 0,75.¹⁷

3.1.6 Το ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Η Ελλάδα λόγω της ευνοϊκής γεωγραφικής της θέσης, παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου $1.400 \div 1.800 \text{ kWh/m}^2$ ετησίως σε οριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής. Στην Εικόνα 3.8, παρουσιάζεται το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας (σε kWh/m^2) ημερησίως



Εικόνα 3.8: Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Εκτός από την μέση ημερήσια ενέργεια από τον ήλιο σε μηνιαία ή ετήσια βάση, σε οριζόντιο επίπεδο, χαρακτηριστικό στοιχείο μιας περιοχής είναι η **ηλιοφάνεια** της. Αυτή εξαρτάται βεβαίως από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τη θέση και διαμόρφωση της περιοχής. Τα χαρακτηριστικά αυτά πιθανόν ευνοούν την ανάπτυξη

των νεφώσεων, με αποτέλεσμα τη μείωση των ηλιόλουστων ημερών. Η ηλιοφάνεια εκφράζεται σε πλήθος ωρών ανά μήνα και ανά έτος. Κατά τις οποίες ο ήλιος είναι ορατός στον ουρανό. Στην Ελλάδα η περιοχή με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, είναι η περιοχή της Ιεράπετρας στο νοτιοανατολικό μέρος της Κρήτης (3.101,5 ώρες ετησίως).

Στην Ελλάδα η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) καταγράφει εδώ και πολλά χρόνια τις ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις την ολική ηλιακή ακτινοβολία (σε kWh/m^2) για διάφορες περιοχές της χώρας.

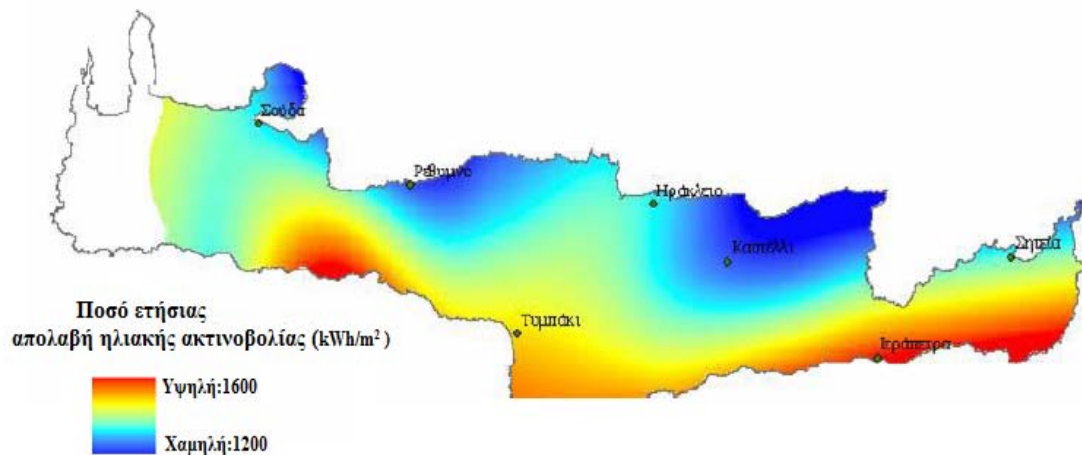
Οι θέσεις των μετεωρολογικών σταθμών επιλέγονται ώστε οι μετρήσεις να είναι αξιόπιστες και να μην επηρεάζονται από φυσικά εμπόδια ή τοπικά φαινόμενα που να αλλοιώνουν το αποτέλεσμα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, πως, για όποιες περιοχές δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ηλιακής ακτινοβολίας

μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από την πλησιέστερη περιοχή στην οποία παρατηρείται παρόμοια μορφολογία εδάφους (ορεινοί όγκοι, κ.α.) και παρόμοιος προσανατολισμός.

3.1.6.1 Το ηλιακό δυναμικό στην Κρήτη

Το ηλιακό δυναμικό της Κρήτης παρουσιάζεται εξαιρετικά πλούσιο, λόγω της δεδομένης γεωγραφικής θέσης του νησιού. Στην Εικόνα 3.9 φαίνεται μια σχηματική άποψη της Κρήτης με τις περιοχές που συγκεντρώνονται περισσότερο το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας (σε kWh/m²).¹⁸



Εικόνα 3.9 : Το ηλιακό δυναμικό της Κρήτης

Στον πίνακα 2-1 δίνονται οι μέσες τιμές μηνιαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο για επτά πόλεις της Κρήτης ¹⁹. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας συγκεντρώνεται στις περιοχές της Ιεράπετρας και του Τυμπακίου που βρίσκονται στο νοτιότερο σημείο του νησιού.

Μήνες	Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο						
	Πόλεις Κρήτης						
	Σούδα	Χανιά	Ρέθυμνο	Ηράκλειο	Σητεία	Τυμπάκι	Ιεράπετρα
Ιανουάριος	65,0	62,0	62,0	65,6	66,5	73,4	73,0
Φεβρουάριος	81,7	80,0	81,0	81,6	83,0	90,5	89,0
Μάρτιος	130,7	124,0	119,0	125,0	128,0	137,5	137,0
Απρίλιος	166,5	167,0	164,0	166,5	165,2	169,0	174,0
Μάιος	208,5	212,0	211,0	207,3	207,4	207,8	210,0
Ιούνιος	221,9	220,0	218,0	222,4	223,2	222,9	220,0
Ιούλιος	228,5	225,0	223,0	227,1	227,1	228,7	224,0
Αύγουστος	209,3	205,0	204,0	207,0	207,5	209,8	205,0
Σεπτέμβριος	163,6	161,0	160,0	163,0	163,7	166,3	165,0
Οκτώβριος	116,3	111,0	106,0	117,3	119,3	127,2	125,0
Νοέμβριος	76,8	78,0	81,0	78,6	80,4	85,9	89,0
Δεκέμβριος	60,3	59,0	58,0	61,2	61,9	67,7	69,0
Μ.Ο.	144,1	142,0	140,5	143,5	144,4	148,9	148,3

Πίνακας 3-1: Μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο για επτά πόλεις της Κρήτης από τους σταθμούς της Ε.Μ.Υ

3.2 Συνιστώσες Φ/Β συστήματος διασυνδεδεμένου στο δίκτυο

Ένα διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα στο δίκτυο αποτελείται από τρία μέρη:

1. Φ/Β γεννήτρια :
2. DC/AC Αντιστροφείας
3. Ηλεκτρομηχανικός εξοπλισμός Συνεχούς (DC) και Εναλλασσόμενου (AC) ρεύματος.

Μια Φ/Β γεννήτρια αποτελείται από έναν αριθμό ηλιακών κυψελών. Για να γίνει εφικτή η λειτουργία του πλαισίου, είναι σημαντικό να προστατεύονται οι ηλιακές κυψέλες από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι ηλιακές κυψέλες είναι πολύ λεπτές και άρα επιρρεπείς σε μηχανικές βλάβες. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι φωτοβολταϊκών πλαισίων και η δομή τους συχνά είναι διαφορετική για τα διάφορα είδη ηλιακών κυψελών ή για τις ποικίλες εφαρμογές τους. Η Φ/Β γεννήτρια αποτελείται από διάφορα στρώματα, τα οποία είναι:

- Ειδικό γυαλί
- Συμπυκνωμένο υλικό (Ethylene Vinyl acetate (EVA) Sheet) για την ενθυλάκωση των κυψελών.
- Ηλιακές κυψέλες
- Συμπυκνωμένο υλικό (EVA)
- Ειδικό γυαλί
- Κενό αέρος
- Ειδικό γυαλί

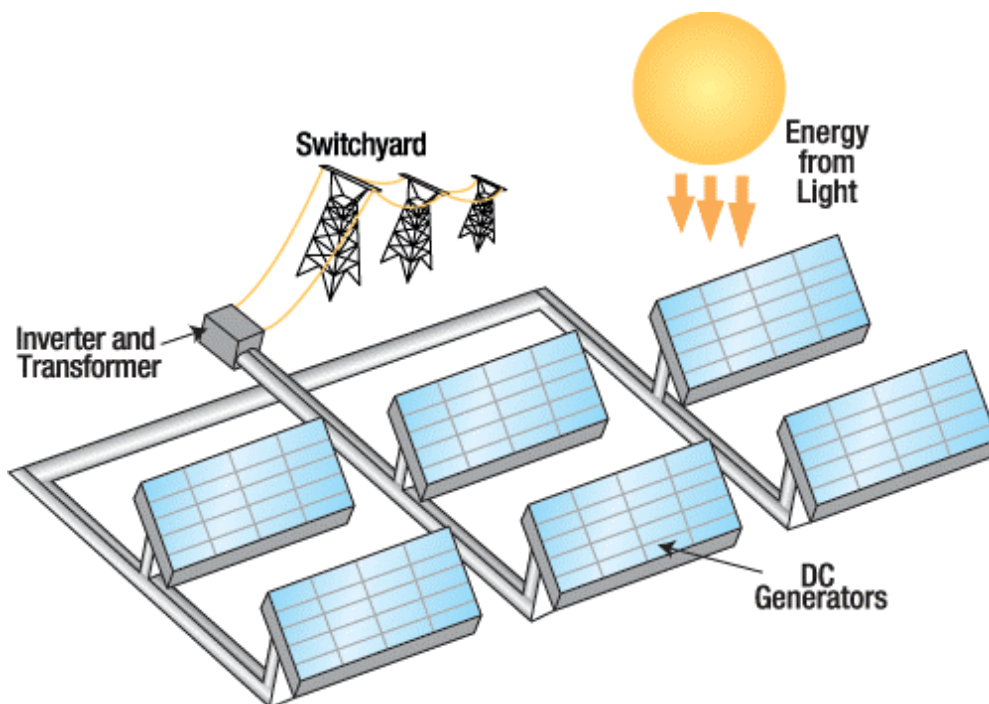
Οι ηλιακές κυψέλες περικλείονται συνήθως από δυο κομμάτια γυαλιού ή ένα φύλλο γυαλιού και ένα πλαστικού, ενώ μερικές φορές εξ ολοκλήρου από πλαστικό. Τα είδη των γυαλιών που χρησιμοποιούνται είναι διαφανή, χρωματισμένα και αντανακλούν την θερμότητα. Το συμπυκνωμένο υλικό είναι συνήθως EVA, υλικό που εμφανίζει πολύ καλή ηλεκτρική μόνωση και μεγάλη διαπερατότητα στο φώς. Περισσότερα για τις διάφορες τεχνολογίες Φ/Β παρουσιάζονται στην υποενότητα 3.6.

Οι αντιστροφείς (*inverters*) είναι συσκευές που έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τα DC ηλεκτρικά μεγέθη(τάση και ρεύμα) σε AC. Αυτή η μετατροπή είναι απαραίτητη στις Φ/Β εγκαταστάσεις καθότι τα Φ/Β πλαίσια παράγουν μέσω της φωτεινής ακτινοβολίας DC μεγέθη. Επομένως για να συνδεθούμε στο δίκτυο της ΔΕΗ που περιέχει AC μεγέθη, θα πρέπει να γίνει η παραπάνω μετατροπή, γεγονός που καθιστά τους αντιστροφείς αναπόσπαστο και βασικό κομμάτι της εγκατάστασης²⁰. Περισσότερα θα παρουσιαστούν στην υποενότητα 3.10.

Τα καλώδια είναι απαραίτητος εξοπλισμός για την εγκατάσταση των Φ/Β και δεν διαφέρει από αυτόν που χρησιμοποιείται στις υπόλοιπες εγκαταστάσεις. Ίσως η μόνη διαφοροποίηση υπάρχει στη DC πλευρά. Εκεί χρειάζονται ειδικοί σύνδεσμοι και καλώδια ειδικά για Φ/Β.

Σημειώνεται ότι η διαστασιολόγηση πραγματοποιείται μόνο με το ρεύμα κανονικής λειτουργίας, δεδομένου ότι το αναμενόμενο επίπεδο ρεύματος βραχυκύκλωσης είναι πολύ χαμηλό, καθώς ότι ο αντιστροφέας συμβάλλει στα σφάλματα με μικρό σχετικά ρεύμα. Η επιλογή των διατομών των καλωδίων πραγματοποιείται σύμφωνα με τους ισχύοντες²¹.

Στην Εικόνα 3.10 αποτυπώνεται ένα φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο



Εικόνα 3.10 Εξέλιξη της φωτοβολταϊκής κυψέλης σε φωτοβολταϊκό πάρκο (GPSequip.Eu)²².

3.3 Φωτοβολταϊκή γεννήτρια

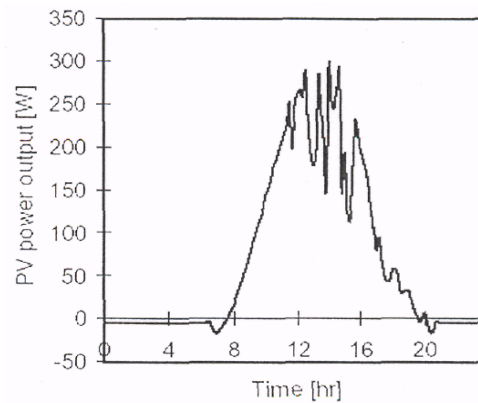
Το φως του ήλιου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τα φωτοβολταϊκά ή ηλιακά κύτταρα. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα (PV) είναι συσκευές ημιαγωγών, συνήθως φτιαγμένες από πυρίτιο, οι οποίες δεν περιέχουν κανένα υγρό, διαβρωτική χημική ουσία ή κινούμενο μέρος. Παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με χρήση του φωτός, απαιτούν λίγη συντήρηση, δεν μολύνουν και λειτουργούν σιωπηλά, κάνοντας τη φωτοβολταϊκή ενέργεια την καθαρότερη και ασφαλέστερη μέθοδο ηλεκτρικής παραγωγής.

Τα ηλιακά ηλεκτρικά ή φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας άμεσα σε ηλεκτρική. Το πυρίτιο, το δεύτερο αφθονότερο στοιχείο στον φλοιό της γης, είναι το ίδιο υλικό ημιαγωγών που χρησιμοποιείται στους υπολογιστές. Όταν το πυρίτιο συνδυάζεται με ένα ή περισσότερα υλικά, παρουσιάζει ηλεκτρικές ιδιότητες στο φως του ήλιου. Τα ηλεκτρόνια διεγείρονται από το φως και κινούνται μέσω του πυριτίου. Αυτό είναι γνωστό ως φωτοβολταϊκή επίδραση και οδηγεί στην άμεση παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικής ενέργειας (DC). Τα Φ/Β πλαίσια έχουν μια οικονομικά ενεργή ζωή 20 - 30 ετών

Η Φ/Β ενέργεια είναι μια από τις πιο ελπιδοφόρες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον κόσμο. Αντίθετα από τον άνθρακα, το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο, κλπ. Τα πλεονεκτήματα είναι σαφή: είναι συνολικά μη ρυπαντικό, δε χρειάζεται βοήθεια από μηχανές, και δεν απαιτεί πολλή συντήρηση. Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής παραγωγής είναι ότι δεν απαιτεί μια εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας για να λειτουργήσει, σε αντίθεση με τους κοινούς σταθμούς ηλεκτρικής παραγωγής. Οι ηλιογεννήτριες μπορούν να εγκατασταθούν σε

κάθε σπίτι ή επιχείρηση ή σχολείο, και να παράγουν ισχύ ήσυχα και ακίνδυνα.

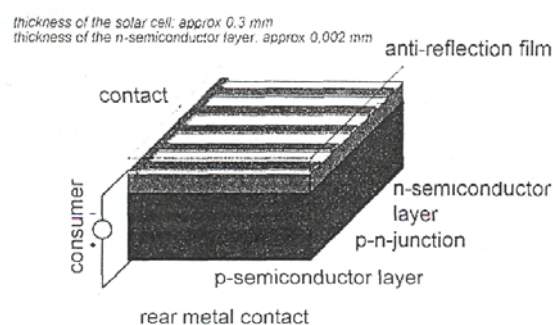
Ένα βασικό μειονέκτημα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι, σε αντίθεση με πολλά άλλα συστήματα μετατροπής, η τροφοδοσία του (ηλιακή ακτινοβολία) δεν είναι καθόλου σταθερή αλλά αυξομειώνεται μεταξύ μιας μέγιστης και της μηδενικής τιμής, ακολουθώντας συχνά απότομες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις. Το ποσό της ενέργειας που περιέχεται στο φως του ήλιου, ονομάζεται ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και με μία πιο αυστηρή ορολογία, ροή ακτινοβολίας που ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας της ακτινοβολίας που περνά στη μονάδα του χρόνου από τη μονάδα εμβαδού μιας επιφάνειας τοποθετημένης κάθετα στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας και εκφράζεται συνήθως σε kW/m^2 . Επίσης στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνεια τους. Ένα μέρος από την προσπίπτουσα ακτινοβολία ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον, ενώ από τη ακτινοβολία που διεισδύει ένα μέρος πάλι συμβάλει στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Στην Εικόνα 3.10 φαίνονται δύο παραδείγματα των μεταβολών της ισχύος που παράγει μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια κατά τη διάρκεια της μέρας.



Εικόνα 3.10: Παράδειγμα μεταβάσεων της ισχύος φωτοβολταϊκής γεννήτριας

3.4 Φωτοβολταϊκο φαινόμενο.

Ορίζεται ως η άμεση μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια σε ατομικό επίπεδο. Μερικά υλικά έχουν την ιδιότητα γνωστή ως φωτοηλεκτρική επίδραση με την οποία απορροφώντας φωτόνια από το φως απελευθερώνουν ηλεκτρόνια. Όταν αυτά τα ελεύθερα ηλεκτρόνια συλλαμβάνονται, δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα και έτσι ηλεκτρική ενέργεια.



Εικόνα 3.11: Ηλιακό κύτταρο κρυσταλλικού πυριτίου.

Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μια περίσσεια από ζεύγη φορέων πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας.

Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου πρόσημου, μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n, οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ηλεκτροστατικού της πεδίου. Με τον τρόπο αυτό, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου.

Η εκδήλωση της τάσης αυτής ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η διάταξη αποτελεί μια πηγή ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου.

Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται κατάλληλη ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, το φωτόρρευμα I_{ph} , που η τιμή του θα είναι ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά το στοιχείο. Η πυκνότητα του φωτορεύματος δίνεται από τη σχέση :

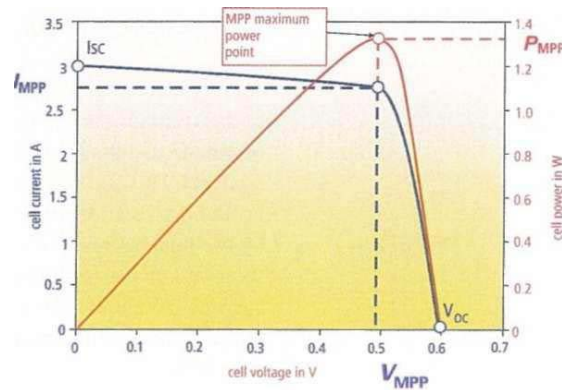
$$I_{ph} = e \int_0^{\lambda_g} S(\lambda) [1 - R(\lambda)] \Phi(\lambda) d\lambda \quad (3-5)$$

όπου e , είναι το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο και λ_g , το μέγιστο χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος ακτινοβολίας στον ημιαγωγό. $S(\lambda)$ είναι η φασματική απόκριση που ορίζεται ως το πλήθος των φορέων που συλλέγονται στα ηλεκτρόδια του φωτοβολταϊκού στοιχείου σε σχέση με τη φωτονική ροή $\Phi(\lambda)$, δηλαδή με το πλήθος των φωτονίων της ακτινοβολίας που δέχεται το στοιχείο ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου με ενέργεια που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος από λ μέχρι $\lambda+d\lambda$. $R(\lambda)$ είναι ο δείκτης ανάκλασης της επιφάνειας του στοιχείου.

3.5 I – V χαρακτηριστική και STC

Ένα πολύ σημαντικό διάγραμμα για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι η I-V χαρακτηριστική τους. Για να μεγιστοποιηθεί η αποδιδόμενη ισχύς απαιτείται μια ορισμένη τιμή της αντίστασης R_L , που αντιστοιχεί στο Σημείο Μεγίστης Ισχύος (MPP), όπως φαίνεται στην εικόνα 3.12. Αυτή η μέγιστη ισχύς προκύπτει από το μέγιστο εμβαδό που μπορεί να εγγραφεί μέσα στην I-V χαρακτηριστική, και μέσα από το εμβαδό αυτό ορίζεται ένα ακόμα πολύ βασικό χαρακτηριστικό του Φ/Β στοιχείου, ο παράγοντας πλήρωσης (FF). Οι τιμές του ρεύματος και της τάσης που αντιστοιχούν στην μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ συμβολίζονται με I_m και V_m αντίστοιχα, και ο παράγοντας πλήρωσης ορίζεται ως:

$$FF = \frac{I_m * V_m}{I_{sc} * V_{sc}} \quad (3-6)$$



Εικόνα 3.12: I-V χαρακτηριστική του Φ/Β στοιχείου

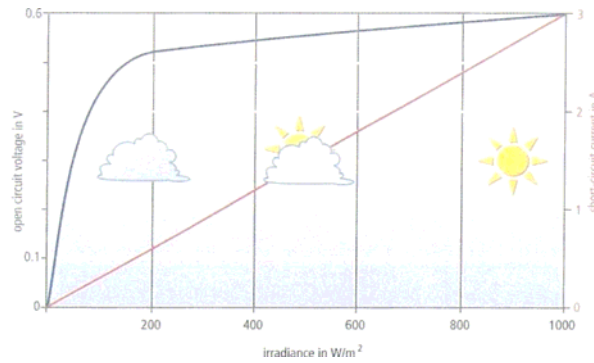
Για να είμαστε σε θέση να συγκρίνουμε διαφορετικά Φ/Β στοιχεία ή πλαίσια μεταξύ τους, έχουν καθοριστεί μερικές ενιαίες συνθήκες για τον καθορισμό των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τα οποία υπολογίζεται η I-V χαρακτηριστική. Αυτές οι συνθήκες, όπως καθορίστηκαν κατά τα πρότυπα *IEC 60904/DIN EN 60904* είναι:

- Κάθετη ακτινοβολία 1000W/m^2
- Θερμοκρασία Φ/Β στοιχείου $25\text{ }^\circ\text{C}$ με ανοχή $2\text{ }^\circ\text{C}$
- $AM = 1,5$

❖ Η I-V καμπύλη χαρακτηρίζεται από τα εξής σημεία:

- Το Σημείο Μέγιστης Ισχύος (MPP). (Δίνεται σε W_p)
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} είναι 5-15% μεγαλύτερο από το I_m (ρεύμα MPP). Το I_{sc} ισούται περίπου με 3A για τα συνηθισμένα κρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία
- Η τάση ανοικτοκύκλωσης V_{oc} είναι, για τα κρυσταλλικά στοιχεία, περίπου 0,5 ως 0,6 ενώ για τα άμορφα 0,6 ως 0,9.

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται γραμμικά από την ηλιακή ακτινοβολία (διπλασιασμός της ακτινοβολίας επιφέρει διπλασιασμό του ρεύματος). Από την άλλη η τάση ανοικτοκύκλωσης παραμένει σχετικά σταθερή καθώς αλλάζει η ακτινοβολία. Μόνο όταν η ακτινοβολία πέσει κάτω από τα $100\text{ }1000\text{W/m}^2$ μειώνεται απότομα η τάση. Η εξάρτηση μεταξύ τάσης και ακτινοβολίας είναι λογαριθμική στα φωτοβολταϊκά στοιχεία. Ο παράγοντας που επηρεάζει περισσότερο την τάση είναι η θερμοκρασία.



Εικόνα 3.13: Εξάρτηση I_{sc} και V_{oc} από την ηλιακή ακτινοβολία

3.6 Υλικά κατασκευής Φ/Β

Υπάρχουν πολλοί τρόποι και υλικά που μπορούμε να κατασκευάσουμε φωτοβολταϊκά κύτταρα. Το πιο γνωστό υλικό και διαδεδομένο για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών κυττάρων είναι το πυρίτιο (*Silicon*), γιατί οι περισσότερες έρευνες που έχουν γίνει έχουν σαν βάση το πυρίτιο. Το πυρίτιο βρίσκεται πολύ εύκολα στην φύση και καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση σε αφθονία, που υπάρχει που υπάρχει στο πλανήτη μετά το οξυγόνο. Μπορεί εύκολα να λιώσει και να μορφοποιηθεί, ακόμα μπορεί εύκολα να μετατραπεί στην μονοκρυσταλλική μορφή. Το πυρίτιο αντέχει μέχρι τους $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ και μας διευκολύνει την χρήση του.

Έτσι κατασκευάζονται φωτοβολταϊκά κύτταρα από μονό – κρυσταλλικό ή πολύ – κρυσταλλικό πυρίτιο, όπως και από άμορφο πυρίτιο. Διάφορα άλλα υλικά που μπορούμε να κατασκευάσουμε φωτοβολταϊκά κύτταρα είναι ο συνδυασμός υλικών γαλλίου – Αρσενίου (GaAs), καδμίου – τελλουρίου (CdTe) και χαλκού – ινιδίου – δισεληνίου (CuInSe₂ ή CIS). Έτσι δημιουργείται μια μεγάλη ποικιλία φωτοβολταϊκών με διαφορετικά υλικά που διαφέρουν τόσο σε κόστος όσο και στο βαθμό απόδοσής τους.

3.6.1 Τύποι Φ/Β συστημάτων πυριτίου «μεγάλου πάχους»

3.6.1.1 Φ/Β στοιχείο άμορφου πυριτίου

Τα Φ/Β στοιχεία αυτά έχουν χαμηλές αποδόσεις. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγικού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα υποστήριξης, χαμηλού κόστους όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται, η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη. Ο χαρακτηρισμός άμορφο φωτοβολταϊκό προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου. Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας Φ/Β thin films πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6-8% ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το Φ/Β στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσής του σε σχέση με τα κρυσταλλικά Φ/Β όταν

υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά). Το μειονέκτημα των άμορφων πυριτίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα. Για να μπορέσουμε να παράγουμε ενέργεια που ισοδυναμεί με τα κρυσταλλικά χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια άμορφου Φ/Β στοιχείου. Επίσης υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά τη διάρκεια ζωής των άμορφων πλαισίων μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρ' όλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών .



Εικόνα 3.14: Φ/Β στοιχείο άμορφου πυριτίου

3.6.1.2 Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Το πάχος τους είναι γύρω στα 0.3 mm. Η απόδοσή τους στην βιομηχανία κυμαίνεται από 15 – 18% για το πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24%. Τα μονοκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης/επιφάνειας ή "ενεργειακής πυκνότητας". Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών Φ/Β είναι η μέθοδος CZ (*Czochralski*) και η μέθοδος FZ (*float zone*). Και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.



Εικόνα 3.15: Φ/Β στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου

3.6.1.3 Φ/Β στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Το πάχος τους είναι περίπου 0,3mm. Η μέθοδος παραγωγής τους είναι φθηνότερη από αυτήν των μονοκρυσταλλικών γι' αυτό και η τιμή τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όταν οι μονοκρυσταλλικές περιοχές καταλαμβάνουν μεγαλύτερη επιφάνεια τότε η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά Φ/Β στοιχεία είναι μεγαλύτερη. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20% ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13-15% για τα Φ/Β πλαίσια. Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (*directional solidification*), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου (χύτευσης) και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



Εικόνα 3.16: Φ/Β στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

3.6.1.4 Φ/Β στοιχείο ταινίας πυριτίου

Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία Φ/Β στοιχείων. Αναπτύσσεται από την *Evergreen Solar*. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις "παραδοσιακές τεχνικές" κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών Φ/Β κυψελών πυριτίου. Η απόδοσή του έχει φθάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι 0,3mm. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις της τάξης του 18%.

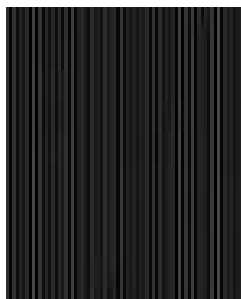


Εικόνα 3.17: Φ/Β στοιχείο ταινία πυριτίου

3.6.1.5 Φ/Β στοιχείο λεπτών επιστρώσεων (*thin film*)

Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός έχει εξαιρετική απορροφητικότητα στο προσπίπτον φως αλλά παρ' όλα αυτά η απόδοση του πλαισίου του με τις σύγχρονες τεχνικές κυμαίνεται στο 11%. Εργαστηριακά έγινε εφικτή απόδοση στο επίπεδο του 18,8% η οποία είναι και η μεγαλύτερη που έχει επιτευχθεί μεταξύ των Φ/Β τεχνολογιών λεπτής επιστρώσεως.

Με την πρόσμιξη γάλλιου η απόδοσή του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο *CIGS*. Το πρόβλημα που υπάρχει είναι ότι το ίδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στη φύση . Στα επόμενα χρόνια πάντως αναμένεται το κόστος του να είναι αρκετά χαμηλότερο.



Εικόνα 3.18: Φ/Β στοιχείο δισεληνοϊνδιούχου χαλκού

3.6.2 Λοιπά Υλικά

3.6.2.1 Τελλουριούχο Κάδμιο

Το τελλουριούχο κάδμιο έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1eV το οποίο είναι πολύ κοντά στο ηλιακό φάσμα κάτι που του δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα όπως τη δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας . Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6-8%. Στο εργαστήριο , η απόδοση στα Φ/Β στοιχεία φθάνει το 16%. Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Σημαντικότερος κατασκευαστής για Φ/Β στοιχεία CdTe είναι η *First Solar*. Εμπόδιο για τη χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με κάποιες έρευνες είναι καρκινογόνο με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του . Επίσης , το τελλούριο δε βρίσκεται σε αφθονία.

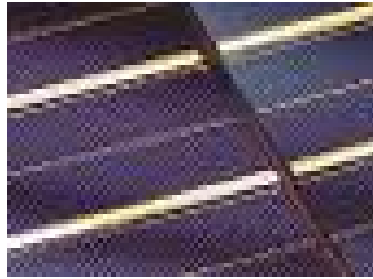


Εικόνα 3.19: Φ/Β στοιχείο Τελλουριούχου Καδμίου

3.6.2.2 Αρσενικό Γάλλιο (GaAs)

Το Γάλλιο είναι υποπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το Αρσένιο δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικό γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοσή του στην μορφή πολλαπλών συνενώσεων (*multijunction*) είναι η υψηλότερη που έχει επιτευχθεί και αγγίζει το 29%. Επίσης τα Φ/Β στοιχεία GaAs είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες γεγονός που επιβάλλει σχεδόν την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (*solar*

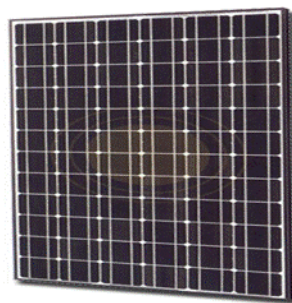
concentrators). Τα Φ/Β στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό, αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσής του ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.



Εικόνα 3.20: Φ/Β στοιχείο Αρσενικούχου Γάλλιου

3.6.3 Υβριδικά Φ/Β στοιχεία

Ένα υβριδικό Φ/Β στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών διάφορων τεχνολογιών – HIT (*Heterojunction With Intrinsic Thin Layer*). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά Φ/Β στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω) ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μια στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Κατασκευάζεται από την *Sanyo Solar*. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης του πλαισίου που φτάνει σε εμπορικές εφαρμογές στο 17,2% και το οποίο σημαίνει ότι χρειαζόμαστε μικρότερη επιφάνεια για να έχουμε την ίδια εγκατεστημένη ισχύ. Άλλα πλεονεκτήματα για τα υβριδικά Φ/Β στοιχεία είναι η υψηλή τους απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και η μεγάλη απόδοση στην διαχεόμενη ακτινοβολία. Φυσικά, αφού προσφέρει τόσα πολλά, το υβριδικό Φ/Β είναι και κάπως ακριβότερο σε σχέση με τα συμβατικά Φ/Β πλαίσια.



Εικόνα 3.21: Υβριδικό Φ/Β στοιχείο

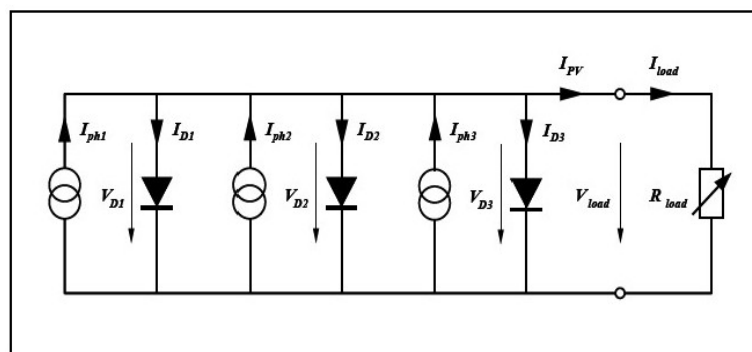
3.7 Τρόποι σύνδεσης Φ/Β στοιχείων

Τα Φ/Β στοιχεία μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και παράλληλα, ανάλογα με την ισχύ που θέλουμε να πετύχουμε και το διαθέσιμο χώρο. Η σύνδεση σε σειρά κάποιου αριθμού (N) όμοιων Φ/Β στοιχείων, οδηγεί σε σύστημα με ανάλογα πολλαπλάσια τάση ανοιχτού κυκλώματος $V_{OC} = N V_{OC}$. το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το αντίστοιχο του ενός $I_{SC} = I_{SC}$. Η παράλληλη σύνδεση κάποιου αριθμού (N) όμοιων Φ/Β στοιχείων, δίνει ένα σύνολο με την ίδια τάση

ανοιχτού κυκλώματος $V_{tOC}=V_{OC}$, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με N φορές το ρεύμα βραχυκύκλωσης έκαστου $I_{tSC}=NI_{SC}$. Συνήθως τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται έτσι ώστε να αποφεύγονται όσο το δυνατό περισσότερες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην γραμμή μεταφοράς. Δηλαδή θέλουμε χαμηλό ρεύμα και αντίστοιχα μεγάλη ηλεκτρική τάση μέσα στα επιτρεπτά όρια. Η τελική τάση εξόδου προς τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές της εγκατάστασης πρέπει να προσαρμόζεται στην τάση εισόδου από τον κατασκευαστή και φυσικά από τον μελετητή. Για να προσαρμόσουμε την παραπάνω τάση απαιτούνται ηλεκτρονικές διατάξεις που ονομάζονται μετατροπείς συνεχούς τάσεως σε συνεχή.

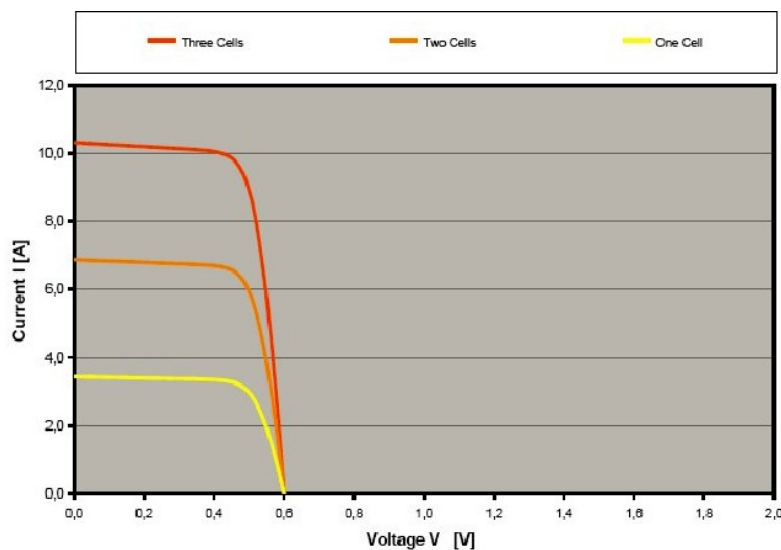
3.7.1 Παράλληλη σύνδεση των Φ/Β στοιχείων

Η παράλληλη σύνδεση των Φ/Β στοιχείων αυξάνει την ένταση ρεύματος, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.22



Εικόνα 3.22: Παράλληλη σύνδεση Φ/Β στοιχείων

Η τάση στα άκρα του συνδυασμού παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε στοιχείου. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος – τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 3.23.

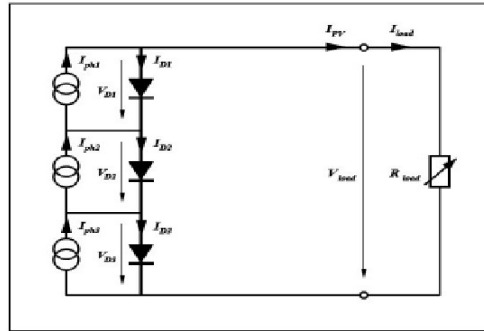


Εικόνα 3.23: Χαρακτηριστική $I - V$ για παράλληλη σύνδεση Φ/Β στοιχείων

Η παράλληλη σύνδεση στοιχείων δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης.

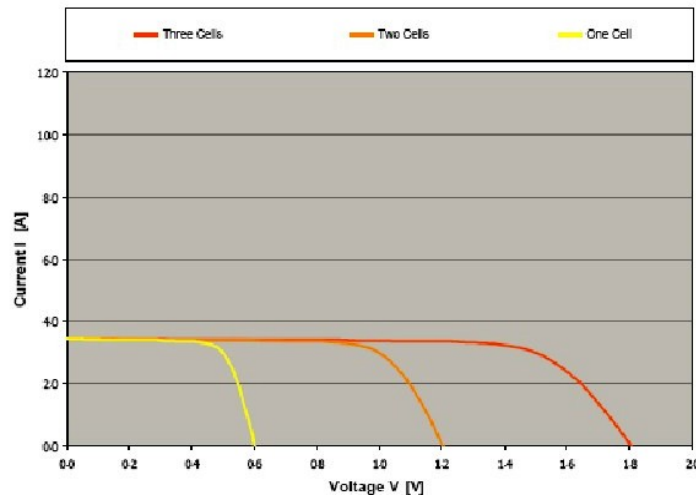
3.7.2 Σύνδεση Φ/Β στοιχείων σε σειρά

Στην σύνδεση σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών, όπως προκύπτει και στην Εικόνα 3.24.



Εικόνα 3.24: Εν σειρά σύνδεση Φ/Β στοιχείων

Αντίθετα η χαρακτηριστική ρεύματος – τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των Φ/Β στοιχείων για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στην Εικόνα 3.25.



Εικόνα 3.25: Χαρακτηριστική I – V για σύνδεση Φ/Β στοιχείων σε σειρά.

3.8 Τρόποι στήριξης των συλλεκτών και προσανατολισμός τους

Οι τρόποι διάκρισης της στήριξης των συλλεκτών είναι οι ακόλουθοι:

- Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης.
- Στήριξη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια ή trackers).

- Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα (ή μονοαξονικά συστήματα).
- Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες (η διαξονικά συστήματα).

3.8.1 Στήριξη του συλλέκτη με σταθερή γωνία κλίσης.

Η απουσία κινητών μερών κατά τη στήριξη της συστοιχίας, προσδίδει στη διάταξη επαρκή μηχανική αντοχή, ιδιαίτερα μάλιστα αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές όπου επικρατούν ισχυροί άνεμοι. Στατικές συλλεκτικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται επίσης ενσωματωμένες σε κτίρια.

Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του φωτοβολταϊκού πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφικό πλάτος του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου μηδέν μοίρες (κατεύθυνση προς νότο). Αξίζει να σημειωθεί πως στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30 μοιρών. Στην εικόνα 3.26 φαίνεται ένα Φ/Β σύστημα σταθερού άξονα.



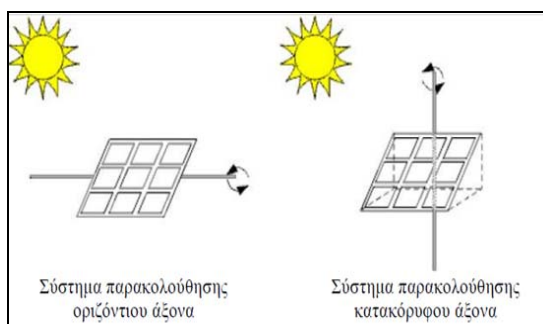
Εικόνα 3.26 Φ/Β σταθερού άξονα

3.8.2 Στήριξη με δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου (ηλιοτρόπια ή trackers)

Η συνεχή παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω της προσπάθειας κίνησης της συστοιχίας, κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε, να επιτυγχάνεται συνεχώς, η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τέτοιου είδους κατασκευές, χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τις στατικές, παρέχοντας ωστόσο αυξημένη απόδοση που μπορεί να αυξηθεί κατά 25% έως και 50% τον χρόνο όπως εκτιμάται για την Ελλάδα σε σχέση με το σύστημα σταθερής κλίσης.

3.8.2.1 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από ένα άξονα

Τα συστήματα μονού άξονα δίνουν τη δυνατότητα στη συστοιχία να παρακολουθεί την πορεία του ήλιου από την Ανατολή στη Δύση. Η κίνηση αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλο μηχανισμό, γύρω από ένα άξονα. Όταν το ηλιοτρόπιο ολοκληρώσει την κίνηση του στο τέλος της ημέρας, ο συλλέκτης επιστρέφει σε θέση αναμονής. Στην Εικόνα 3.27 φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με ένα άξονα.



Εικόνα 3.27: Σχηματική αναπαράσταση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με ένα άξονα

Τα συστήματα αυτά, διακρίνονται σε δύο περιπτώσεις περιστροφής του συλλέκτη:

- Σύστημα παρακολούθησης ή ηλιοτρόπιο οριζόντιου άξονα: Διακρίνονται σε αυτά με οριζόντιο άξονα κατά τη διεύθυνση Ανατολής-Δύσης και σε εκείνα με άξονα κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου. Στην δεύτερη περίπτωση, συνήθως δίδεται μια μικρή γωνία κλίσης στον άξονα, περίπου 5° ÷ 10° , με το χαμηλότερο σημείο προς το Νότο. Στην Εικόνα 3.28 φαίνεται ένα ηλιοτροπικό σύστημα οριζόντιου άξονα
- Σύστημα παρακολούθησης ή ηλιοτρόπιο κατακόρυφου άξονα: Η περιστροφή γίνεται ως προς το κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε ο ήλιος να βρίσκεται στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει την κάθετη στο συλλέκτη, του οποίου η γωνία κλίσης παραμένει σταθερή κατά την ημερήσια κίνηση του. Στην Εικόνα 3.29 φαίνεται ένα ηλιοτροπικό σύστημα κατακόρυφου άξονα.

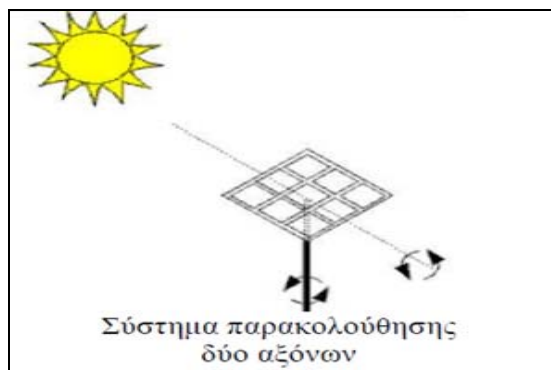


Εικόνα 3.28: (Α) Εικόνα 3.29 (Β): Μονοαξονικά σύστημα παρακολούθησης (Α) οριζόντιου άξονα, (Β) κάθετου άξονα

Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Γενικά το ενεργειακό κέρδος των ηλιοτροπικών συστημάτων είναι σημαντικό κατά τις αίθριες ημέρες, ενώ κατά τις συννεφιασμένες, το ενεργειακό πλεονέκτημα τους περιορίζεται.

3.8.2.2 Στήριξη με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δυο άξονες

Στα συστήματα διπλού άξονα, ο συλλέκτης προσανατολίζεται συνεχώς προς τον ήλιο, έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να προσπίπτουν κάθετα (ή σχεδόν κάθετα) στην επιφάνεια του. Έτσι λοιπόν, οι διατάξεις αυτές, κινούνται στον άξονα Νότου – Βορρά αναλόγως την εποχή. Η διάταξη με τη δύση του ήλιου, επιστρέφει σε θέση αναφοράς, που χαρακτηρίζεται από Νότιο προσανατολισμό και μικρή γωνία κλίσης, προκειμένου να προφυλαχθεί από πιθανό ισχυρό άνεμο, μέχρι την ανατολή του ήλιου. Στην Εικόνα 3.30 φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση συστήματος παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου με δύο άξονες.



Εικόνα 3.30: Φ/Β με δυνατότητα στροφής του συλλέκτη γύρω από δύο άξονες

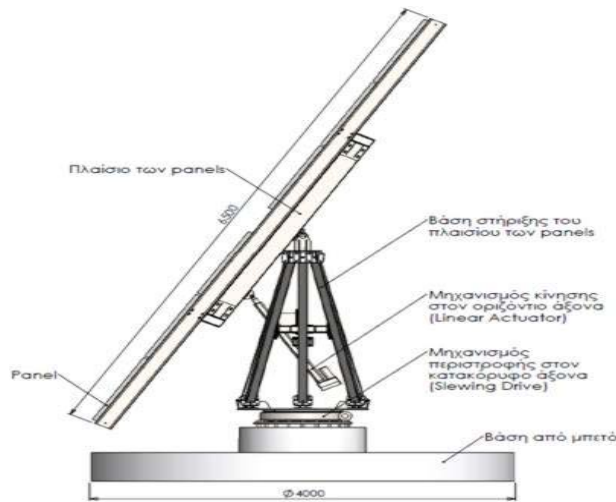
Η κίνηση των ηλιοτροπικών συστημάτων με δύο άξονες, επιτυγχάνεται συνήθως με ήλεκτρο-μηχανικά ή ήλεκτρο-υδραυλικά μέσα, αποτελούμενα από ηλεκτρικούς κινητήρες, είτε βηματικούς είτε κινητήρες συνεχούς περιστροφής, με μειωτήρες και έλεγχο στροφών, για το βέλτιστο προσανατολισμό. Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια κίνησης της διάταξης προέρχεται από την παραγόμενη από τη συστοιχία, Φ/Β ηλεκτρική ενέργεια. Μια τέτοια διάταξη παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου, χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερο βαθμό εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας παρέχοντας αυξημένη απόδοση μέχρι και της τάξεως του 25÷50%. Στην Εικόνα 3.31 μπορεί να φαίνεται χαρακτηριστικά η μηχανική κατασκευή μιας τέτοιας διάταξης της εταιρείας *Mechatron ABEE* (<http://www.mechatron.gr>).



Εικόνα 3.31: Οπίσθια όψη διαξονικού συστήματος *tracker* (της εταιρείας *MechatronABE*)²³

Ωστόσο, μειονέκτημα μιας τέτοιας διάταξης, είναι η οικονομική επιβάρυνση για τη κατασκευή των μηχανολογικών και ηλεκτρονικών τμημάτων της καθώς και η έκθεση της συστοιχίας στο κίνδυνο καταστροφής, εξαιτίας ισχυρού ανέμου. Για το λόγο αυτό, σε συστήματα με μηχανική κίνηση για τον προσανατολισμό των συλλεκτών προς τον ήλιο, ελέγχεται η ταχύτητα του ανέμου (π.χ. με ανεμόμετρο), έτσι ώστε, στην περίπτωση ισχυρών ανέμων, οι συλλεκτικές επιφάνειες να διατάσσονται οριζόντια καθώς έτσι επιτυγχάνεται μικρή μετωπική επιφάνεια προς τον άνεμο. Επιπλέον, το σημαντικό μέγεθος της κατασκευής (κατασκευές σημαντικού ύψους, που κυμαίνονται από 2,5 έως 10÷12 μέτρα αναλόγως τη κατασκευή) καθιστά πολυπλοκότερη και την έδραση. Συνήθως οι βάσεις στήριξης εδράζονται σε οπλισμένο σκυρόδεμα σημαντικού όγκου (από 2÷3 έως και περίπου 20÷30 κυβικά μέτρα (m³) ώστε να εξασφαλίζεται η στατική τους επάρκεια. Το γεγονός αυτό, αυξάνει επίσης το κόστος εγκατάστασης της κατασκευής.²⁴

Στην Εικόνα 3.32 φαίνεται η σχηματική διάταξη ενός διαξονικού συστήματος.



Εικόνα 3.32: Διαξονικό σύστημα παρακολούθησης του ήλιου

3.8.3 Έρευνα αγοράς Φ/Β γεννητριών

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πάνελ είναι γενικά ένα πολυσύνθετο πρόβλημα. Η πληθώρα κατασκευαστικών εταιριών επιτείνει ακόμα περισσότερο τη δυσκολία της επιλογής. Η απόφαση που πρέπει να ληφθεί έχει να κάνει με τη επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πάνελ όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής του. Ανάλογα με τον βαθμό απόδοσης και την τιμή καταλήγουμε σε πάνελ μονοκρυσταλλικού πυριτίου και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, καθώς όλες οι άλλες κατηγορίες δεν εμφανίζουν υψηλή απόδοση ή όταν εμφανίζουν υψηλή απόδοση, κρίνονται οικονομικά ασύμφορες. Επομένως ως πρώτο βήμα αποφασίζεται η επιλογή του πάνελ.

Τα προϊόντα τα οποία κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά διαθέτουν κατά τεκμήριο τα απαραίτητα πιστοποιητικά. Συγκεκριμένα, τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές CEC 503 ή EN 61215 ή IEC 61215 ή ισοδύναμες, ενώ τα *thin – film* την προδιαγραφή IEO 61646 ή ισοδύναμες. Φωτοβολταϊκά που δεν συνοδεύονται από τα παραπάνω πιστοποιητικά δεν θα πρέπει να γίνονται αποδεκτά. Οι κατασκευαστές δίνουν συνήθως τις εξής εγγυήσεις για τα φωτοβολταϊκά πάνελ:

- 2-5 χρόνια εγγύηση για το προϊόν.
- 10-12 χρόνια εγγύηση για το ότι θα αποδίδει πάνω από το 90% της ονομαστικής του ισχύος.
- 20-25 χρόνια εγγύηση για το ότι θα αποδίδει πάνω από το 80% της ονομαστικής του ισχύος.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά μεγέθη μια Φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι τρία:

1. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} : είναι η τάση που επικρατεί στην έξοδο της Φ/Β γεννήτριας όταν τα δύο άκρα της είναι ανοιχτά.
2. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} : είναι το ρεύμα που διαρρέει τη Φ/Β γεννήτρια όταν τα δύο άκρα βραχυκυκλωθούν.
3. Η μέγιστη ισχύς P_{mp} : είναι η μέγιστη ισχύς της Φ/Β γεννήτριας που αντιστοιχεί σε τάση V_{mp} και ένταση I_{mp} .

Συγκεκριμένα, στο πάρκο που μελετάται, όπως φαίνεται και στο πρόγραμμα Sunny Design της SMA (Κεφάλαιο 5), τοποθετήθηκαν συνολικά 333 Φ/Β γεννήτριες της αναγνωρισμένης διεθνώς γερμανικής εταιρείας BOSCH τύπου C-SI M 60 240 wp. Τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

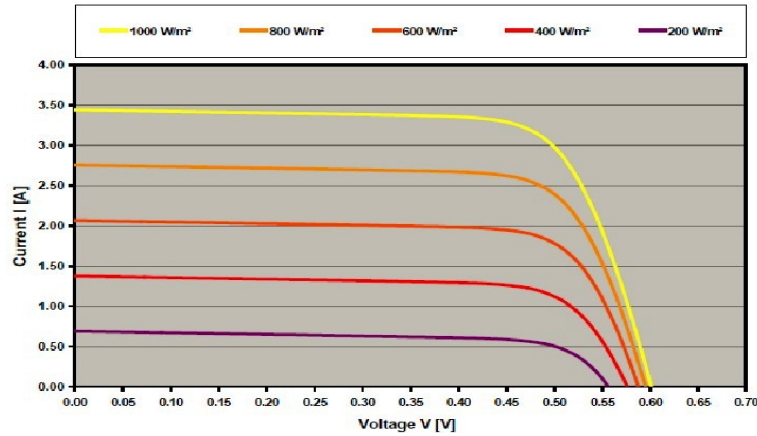
	Module c-si M 60
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά	240
Ονομαστική μέγιστη ισχύς P(mpp) [W]	240
Τάση στην μέγιστη ισχύ (Vmpp) [V]	30.20
Ρεύμα στην μέγιστη ισχύ (Impp) [A]	7.95
Τάση ανοιχτού κυκλώματος (Voc) [V]	36.80
Ένταση ρεύματος βραχυκυκλώματος (Isc) [A]	8.50
Ελάχιστη Ισχύς (Pmin) [W]	173
Ρεύμα φορτίου [A]	17
Ανοχή ισχύος στην έξοδο [%]	± 3 %
Μέγιστη τάση συστήματος [Vdc]	1000
Επίδραση της θερμοκρασίας σε σχέση με την μέγιστη ισχύ Pmax [% / K]	-0.50t
Επίδραση της θερμοκρασίας σε σχέση με την τάση ανοιχτού κυκλώματος Voc [% / K]	-0.36
Επίδραση της θερμοκρασίας σε σχέση με το ρεύμα βραχυκυκλώματος Isc [% / K]	0.039
<p><u>Σημείωση 1:</u> Κανονικές συνθήκες δοκιμής :Μείωση της απόδοσης της μονάδας με μείωση των επιπέδων ακτινοβολίας από 1000 W/m² έως 200W/m², Air Mass: 1.5 Θερμοκρασία 25°C</p> <p><u>Σημείωση 2:</u> Οι τιμές στον ανωτέρω πίνακα είναι ονομαστικές.</p>	

Πίνακας 3-2 Τεχνικά χαρακτηριστικά του μονοκρυσταλλικού Φ/Β πάνελ της BOSCH (www.bosch-solarenergy.de)²⁵

3.9 Επίδραση έντασης ακτινοβολίας και θερμοκρασίας

Η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία αποτελούν τους δύο κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας από το ένα Φ/Β στοιχείο.

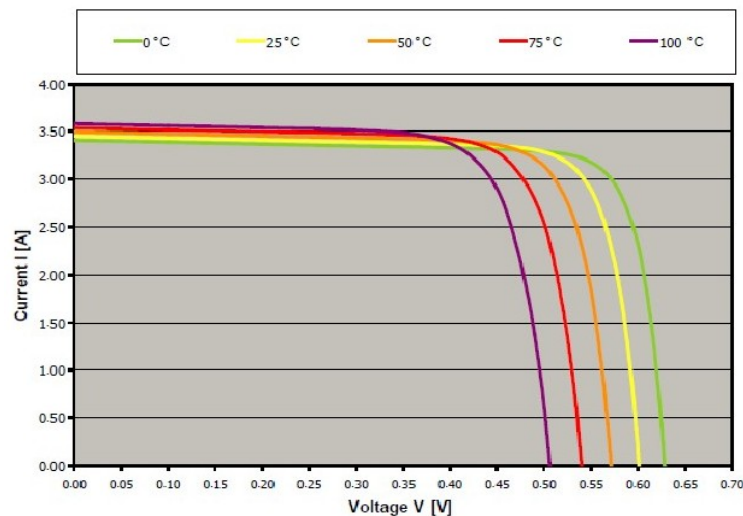
Στην Εικόνα 3.33 παρουσιάζεται η μεταβολή της I-V χαρακτηριστικής ενός Φ/Β στοιχείου με μεταβολή της έντασης ακτινοβολίας.



Εικόνα 3.33: επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας στην καμπύλη I – V ενός Φ/B στοιχείου

Όπως προκύπτει από την Εικόνα 3.33, η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επιδρά (σχεδόν ανάλογα) στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του Φ/B στοιχείου ενώ η τάση ανοιχτού κυκλώματος αυξάνεται ελαφρά με την αύξηση της έντασης. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η σχεδόν αναλογική σχέση ανάμεσα στην ισχύ του Φ/B στοιχείου και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, για σταθερές φυσικά θερμοκρασίες κελιού.

Η Εικόνα 3.34 παρουσιάζει την επίδραση της θερμοκρασίας στην I – V χαρακτηριστική του Φ/B στοιχείου.



Εικόνα 3.34: Επίδραση της θερμοκρασίας στην I-V χαρακτηριστική ενός Φ/B στοιχείου

Όπως προκύπτει από την Εικόνα 3.34, η θερμοκρασία επιδρά κυρίως στην τάση του Φ/B στοιχείου. Ειδικότερα, η τάση ανοιχτού κυκλώματος αυξάνεται σημαντικά με μείωση της θερμοκρασίας, γεγονός που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος, ενώ το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται ελαφρά. συνολικά, η ισχύς του Φ/B στοιχείου μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Συνήθως οι κατασκευαστές των Φ/B στοιχείων αναφέρουν ενδεικτικούς συντελεστές μεταβολής των παρακάτω

μεγεθών με την θερμοκρασία:

- Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} , με τυπικές τιμές της τάξης 0.04 – 0.07 % ανά βαθμό *Kelvin* (ή Κελσίου)
- Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} με τυπικές τιμές της τάξης του -0.3 έως - 0.4 % ανά βαθμό *Kelvin* (ή Κελσίου).
- Μέγιστη ισχύς P_{mp} με τυπικές τιμές της τάξης του - 0.4 έως - 0.5 % ανά βαθμό *Kelvin* (ή Κελσίου)

Οι παραπάνω τιμές είναι ενδεικτικές για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου. Για πάνελ άμορφου πυριτίου, η μείωση στις τιμές της τάσης και κυρίως της ισχύος είναι μικρότερη με ενδεικτικές τιμές της τάξης - 0.3 % αν βαθμό *Kelvin* για την τάση του ανοικτού κυκλώματος και - 0.3 έως - 0.4 % ανά βαθμό *Kelvin* για την ισχύ του Φ/Β στοιχείου²⁶.

3.10 Αντιστροφείας

Ένας αντιστροφέας μετατρέπει τη συνεχή τάση από τις μπαταρίες ή τα ηλιακά πλαίσια, στην τυποποιημένη τάση οικιακού εναλλασσόμενου ρεύματος έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα κοινά εργαλεία και τις συσκευές, αντίθετα με τους μετατροπείς που είναι ουσιαστικά φορτιστές μπαταριών ή και παροχές συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Το συνεχές ρεύμα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες συσκευές, φώτα, αντλίες κλπ, έτσι τα περισσότερα συστήματα περιλαμβάνουν έναν αναστροφέα κάποιου τύπου. Υπάρχουν διαθέσιμες συνεχείς συσκευές, αλλά είτε είναι ακριβές ή υποδεέστερες έναντι αυτών εναλλασσόμενου ρεύματός. Οι πιο κοινές εισοδοί τάσης για τους αναστροφείς είναι 150 – 800 V

Υπάρχουν επίσης τύποι αντιστροφέων, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούν συνήθως μπαταρίες αλλά τα Φ/β πλαίσια ή οι ανεμογεννήτριες τροφοδοτούν άμεσα τον αναστροφέα και η έξοδος του αναστροφέα είναι συνδεδεμένη στις γραμμές μεταφοράς. Η παραγόμενη ενέργεια είτε πωλείται πίσω στην εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η χρησιμοποιείται απευθείας. Αυτοί οι αντιστροφείς απαιτούν συνήθως μια αρκετά υψηλή τάση εισόδου 150 V ή περισσότερα Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν με μπαταρίες, αλλά θα υπάρξουν απώλειες στη αποδοτικότητα τροφοδότησης των γραμμών μεταφοράς. Η απώλεια μπορεί να ποικίλει, ανάλογα με τον αναστροφέα, το μέγεθος και τον τύπο μπαταριών.

3.10.1 Διάκριση μετατροπέων

Οι αντιστροφείς σύμφωνα με το επίπεδο και είδος της τάσης που παράγουν, διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες και είναι οι ακόλουθες:

1. Αντιστροφείς ανάλογα τον αριθμό της φασικής τους παροχής. Διακρίνονται σε :
 - Αντιστροφείς μίας φάσης (μονοφασικοί αντιστροφείς).

Στις εφαρμογές Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Τα τυπικά μεγέθη ισχύος σε Φ/Β εφαρμογές για τους μονοφασικούς αντιστροφείς, κυμαίνονται από 10kW-11kW.

- Αντιστροφείς τριών φάσεων (τριφασικοί αντιστροφείς).

Οι τριφασικοί αντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος. Σκοπός τους είναι να παρέχουν μια τριφασική πηγή τάσης ή έντασης, όπου το πλάτος, η φάση και η συχνότητα να είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενα. Τα τυπικά μεγέθη ισχύος σε Φ/Β εφαρμογές για τους τριφασικούς αντιστροφείς μπορεί να κυμαίνονται από 6 kW-7kW έως και 1MW. Για Φ/Β εγκαταστάσεις μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, υπάρχουν κεντρικοί αντιστροφείς με δυνατότητα διασύνδεσης απευθείας στο επίπεδο της Μ.Τ. του δικτύου.

2. Αντιστροφείς ανάλογα με το τύπο διαμόρφωσης των παλμών τους στην έξοδο.

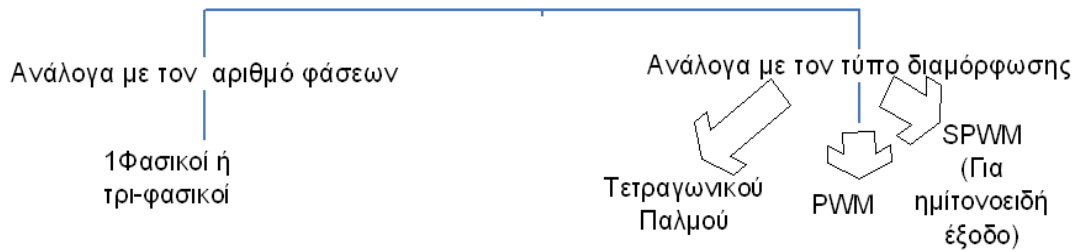
Ο αντιστροφέας, στη βασική του μορφή αποτελείται από κατάλληλη διάταξη ηλεκτρονικών διακοπών (ημιαγωγικών διακοπών) η συνδυασμένη λειτουργία των οποίων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τετραγωνικών παλμών διαδοχικά ορθών και αντεστραμμένων. Επιπρόσθετα, μια βελτιωμένη έκδοση των αντιστροφέων είναι αυτή που στην έξοδο του παράγει τάση που έχει τη μορφή διαμορφωμένου ημιτόνου. Πιο συγκεκριμένα, η κυματομορφή της τάσης που παράγεται μέσω του αντιστροφέα, πρέπει να διαμορφώνεται κατάλληλα από τους παλμούς των ημιαγωγικών διακοπών, ούτως ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά σε ημιτονοειδής κυματομορφή. Αυτό, επιτυγχάνεται μέσω των διαφόρων τεχνικών που εφαρμόζονται για τη διαμόρφωση των παλμών, του αντιστροφέα. Επομένως, οι αντιστροφείς διαχωρίζονται σε:

- Αντιστροφείς με διαμόρφωση τετραγωνικών παλμών
- Αντιστροφείς με διαμόρφωση του εύρους των παλμών (PWM).
- Αντιστροφείς με ημιτονοειδής διαμόρφωση του εύρους των παλμών (SPWM).

Οι τετραγωνικού παλμού είναι οι πιο απλοί αλλά η έξοδός τους έχει πολλές αρμονικές που είναι επιβλαβείς για τις ηλεκτρικές συσκευές. Έτσι χρησιμοποιούνται σε πολύ απλές κατασκευές για μικρή ισχύ και για «αναίσιθητα» φορτία όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης κάποιο μικρό θερμικό φορτίο κ.λπ.

Έτσι η μέθοδος που εφαρμόζεται περισσότερο σε διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα, είναι αυτή της ημιτονοειδούς διαμόρφωσης του εύρους των παλμών (SPWM). Με τη συγκεκριμένη τεχνική διαμόρφωσης, επιτυγχάνεται μέσω του αντιστροφέα η παραγωγή μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής εξόδου στα επιθυμητά χαρακτηριστικά του δικτύου.

Αντιστροφείς



Εικόνα 3.35: Διάκριση αντιστροφέων

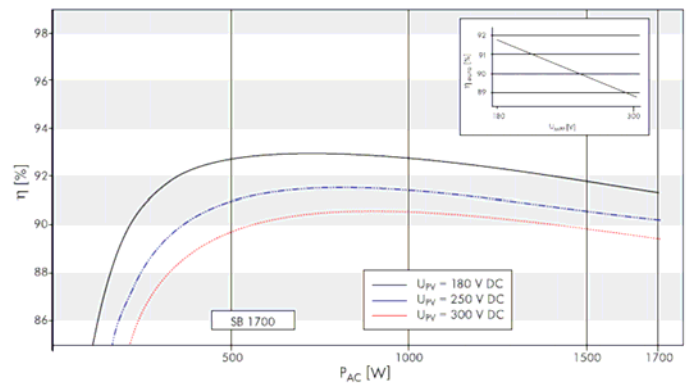
3.10.2 Αδρά βήματα επιλογής του κατάλληλου αντιστροφέα

Τα βήματα επιλογής του κατάλληλου αντιστροφέα είναι τα ακόλουθα:

1. Επιλέγεται το είδος της πηγής που πρόκειται να συνδεθεί (Μπαταρία, Φ/Β, Κυψέλη Καυσίμου ή Α/Γ). Συνήθως μία εταιρία έχει διαφορετικά μοντέλα για το κάθε ένα. Μάλιστα μπορεί να υπάρχουν να διαφορετικά μοντέλα για Φ/Β Πυριτίου και για Φ/Β λεπτού Υμενίου.
2. Επιλέγονται ανάλογα με το είδος της εφαρμογής, δηλαδή για διασυνδεδεμένη με το δίκτυο ή αυτόνομη εφαρμογή.
3. Υπολογίζεται αν απαιτείται από την εφαρμογή Μονοφασικός ή τριφασικός μετατροπέας.
4. Υπολογίζεται αν υπάρχει απαίτηση ενιαίου συστήματος για τις στοιχειο-σειρές.
5. Υπολογίζεται ο αριθμός των στοιχειο-σειρών που πρόκειται εγκατασταθούν (για να υπολογιστεί η τάση του μετατροπέα και ο αριθμός για παράδειγμα των Φ/Β πλαισίων).
6. Η εφαρμογή μου απαιτείται (από το διαχειριστή του δικτύου) για διόρθωση του συντελεστή ισχύος. Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται περισσότερο σε μεγάλους διασυνδεδεμένους Φ/Β Σταθμούς.

3.10.3 Βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα

Βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα, ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος εξόδου (AC) προς την ισχύ εισόδου (DC) του αντιστροφέα και εξαρτάται από την ισχύ και την τάση λειτουργίας του όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην Εικόνα 3.36.

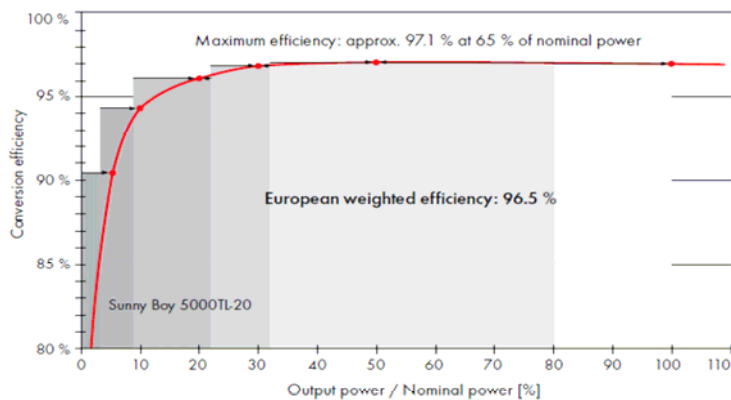


Εικόνα 3.36: Καμπύλη απόδοσης ανάλογα με την ισχύ εξόδου

Εκτός από το μέγιστο βαθμό απόδοσης, σε έναν αντιστροφέα ορίζεται και ο Ευρωπαϊκός διαβαθμισμένος βαθμός απόδοσης, που αξιολογεί τη συμπεριφορά ενός αντιστροφέα σε διάφορα συγκεκριμένα σημεία της καμπύλης απόδοσής του (Εικόνα 3.36), σύμφωνα με τη σχέση 3-7:

$$n_{euro} = 0.03 \cdot n_{5\%P_n} + 0.06 \cdot n_{10\%P_n} + 0.13 \cdot n_{20\%P_n} + 0.10 \cdot n_{30\%P_n} + 0.48 \cdot n_{50\%P_n} + 0.20 \cdot n_{100\%P_n} \quad (3-7)$$

Η τιμή του συντελεστή αυτού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση δύο αντιστροφέων.



Εικόνα 3.37: Παρουσίαση του διαγράμματος απόδοσης ενός μετατροπέα σε συνδυασμό με τον Ευρωπαϊκό Βαθμό απόδοσης

Οι συνηθισμένες τιμές πλέον υπερβαίνουν το 90% και σε κάποιες περιπτώσεις μεγαλύτερων μετατροπέων αγγίζουν το 97%-98%. Γενικά συνίσταται το μέγεθος του αντιστροφέα να είναι στο 95-110% της ονομαστικής ισχύος του Φ/Β.

Η υπό-λειτουργία του θα οδηγήσει σε χαμηλό βαθμό απόδοσης ενώ η πολύ χαμηλή ισχύς σε σχέση με την εγκαταστημένη ισχύ του Φ/Β θα οδηγήσει σε μη εκμετάλλευση της παραγωγής του Φ/Β.

3.10.4 Αντιστροφείς για Φ/Β Συστήματα

Οι αντιστροφείς για Φ/Β συστήματα μπορούν επίσης να διαχωριστούν σε:

- Απλοί μονοφασικοί αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ. Αυτοί οι αντιστροφείς είναι οικονομικοί, αξιόπιστοι, βελτιστοποιούν ενιαία όλα τα Φ/Β και απαιτούν κοινή ονομαστική ισχύ εξόδου.
- Μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ. Εκτός από αυτά που ισχύουν για τους απλούς μονοφασικούς αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ, οι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ απαιτούν υψηλή τάση εισόδου και δίνουν τη δυνατότητα γαλβανικής απομόνωσης.
- Μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ υψηλής συχνότητας. Οι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ υψηλής συχνότητας είναι μονοφασικοί αντιστροφείς με Μ/Σ αλλά παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόδοση.
- Αντιστροφείς με δυνατότητα διαφορετικής ισχύος και τάσης εισόδου ανά στοιχείο-σειρά (*multi-string*). Οι αντιστροφείς *multi-string* επιτρέπουν τη σύνδεση στοιχείο-σειρών με διαφορετικό πλήθος Φ/Β, τη βελτιστοποίηση παραγωγής ανά στοιχείο-σειρά περιορίζοντας τις επιπτώσεις σκίασης, και την επεκτασιμότητα μίας από τις σειρές και έχουν υψηλή απόδοση.
- Αντιστροφείς ειδικά για συνεργασία με Φ/Β λεπτού υμενίου (*thin film*). Επιτρέπουν αυξημένη τάση.
- Τριφασικοί αντιστροφείς για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις (άνω των 10 kW).
- Αντιστροφείς με τη δυνατότητα παροχής έργου ισχύος προς το δίκτυο.
- Κεντρικοί Αντιστροφείς για Φ/Β για μεγάλους Φ/Β Σταθμούς (ακόμη και για σύνδεση στη μέση τάση).

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ο κύριος λόγος της χρήσης του Μ/Σ σε αντιστροφείς Φ/Β συστημάτων γίνεται, ώστε να επιτυγχάνεται η ηλεκτρική απομόνωση, της πλευράς της συνεχούς τάσης που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία στην είσοδο του αντιστροφέα, με την πλευρά της εναλλασσόμενης τάσης εξόδου του αντιστροφέα, που οδηγείτε προς το ηλεκτρικό δίκτυο. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται και ως γαλβανική απομόνωση ανάμεσα στην DC είσοδο και στην AC έξοδο του αντιστροφέα.

Στο Πίνακα 3-3 παρουσιάζονται συνοπτικά κάποια από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα για τις διατάξεις των αντιστροφέων με Μ/Σ και χωρίς Μ/Σ.

	Αντιστροφείς με Μ/Σ	Αντιστροφείς χωρίς Μ/Σ
Χαρακτηριστικά	Οι τάσεις εισόδου και εξόδου είναι γαλβανικά απομονωμένες Ευρεία χρήση Κυρίως χρήση σε υψηλότερα επίπεδα	Η τάση της Φ/Β συστοιχίας πρέπει είτε να είναι σημαντικά υψηλότερη από το πλάτης της τάσης δικτύου, ή να χρησιμοποιηθούν DC/DC μετατροπείς
Πλεονεκτήματα	Ασφάλεια Πολλά χρόνια λειτουργίας Μείωση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών	Μεγαλύτερη απόδοση (σε διατάξεις χωρίς DC/DC μετατροπείς) Μικρότερος όγκος και βάρος
Μειονεκτήματα	Απώλειες μετασχηματιστή (μαγνητικές και ωμικές) Αυξημένος όγκος και βάρος	Μεγαλύτερες απαιτήσεις ασφάλειας Μεγαλύτερη ευαισθησία σε ασυμμετρίες Μεταβολές του σημείου λειτουργίας

Πίνακας 3-3: Σύγκριση αντιστροφέων με Μ/Σ και χωρίς Μ/Σ.

Συγκεκριμένα, στο πάρκο που μελετάται, τοποθετήθηκαν συνολικά εννέα τριφασικοί αντιστροφείς της αναγνωρισμένης διεθνώς γερμανικής εταιρείας SMA τύπου STP 10000TL-10. Τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά όπως φαίνονται στο πρόγραμμα Sunny Design της SMA, παρουσιάζονται στον πίνακα 3-4:

STP 10000TL-10	
<u>Είσοδος DC</u>	
Μέγιστη Ισχύς DC	10200 W
Μέγιστη Τάση εισόδου	1000 V
Εύρος τάσης MPP/ Ονομαστική τάση εισόδου	320 V – 800V / 600V
Ελάχιστη τάση εισόδου / Τάση έναρξης τροφοδοσίας	150V / 188V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου σε είσοδο A / είσοδο B	22A / 11A
Μέγιστο ρεύμα εισόδου ανά στοιχειοσειρά σε είσοδο A** / είσοδο B**	33A / 12,5A
<u>Εξόδος AC</u>	
Ονομαστική Ισχύς (@ 230V , 50 Hz)	10000 W
Μέγιστη φαινόμενη ισχύς AC	10000 VA
Ονομαστική τάση AC	3/N/PE , 200/380V 3/N/PE , 230/400V
Εύρος ονομαστικής τάσης AC	160V – 280V
Συχνότητα δικτύου AC/Εύρος	50 – 60 Hz -6 Hz ...+ 5 Hz
Ονομαστική συχνότητα δικτύου / Ονομαστική τάση δικτύου	50 Hz / 230 V
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	16 A
Συντελεστής ισχύος σε ονομαστική ισχύ	1
Ρυθμιζόμενος συντελεστής μετατόπισης	0,8 υπερδιέγερση 0,8 υποδιέγερση
Φάσεις τροφοδοσίας / Φάσεις σύνδεσης	03. Mrz
<u>Βαθμός απόδοσης</u>	
Μέγιστος Βαθμός απόδοσης	98,1 % / 97,7

Πίνακας 3-4: Τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα STP 10000TL – 10 της SMA (www.sma-hellas.com)²⁷

3.11 Επίπεδο σύνδεσης Α.Π.Ε στο σύστημα

Για Σταθμούς Α.Π.Ε. εγκατεστημένης ισχύος έως 100 kWp η σύνδεση του Σταθμού γίνεται στην χαμηλή τάση (Χ.Τ.) ενώ για σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην μέση τάση (Μ.Τ.).

Ειδικά οι Φ/Β εγκαταστάσεις έως και 5 kWp συνδέονται μονοφασικά με το δίκτυο Χ.Τ. ενώ έως 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Χ.Τ. τριφασικά, και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 4.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Χ.Τ. γίνεται στο τμήμα διαχείρισης δικτύου στα τοπικά γραφεία της Δ.Ε.Η..

Για Φ/Β Σταθμούς εγκατεστημένης ισχύος πάνω από 100 kWp η σύνδεση γίνεται στην Μ.Τ., και εφόσον ο Σταθμός βρίσκεται δίπλα στο δίκτυο, το κόστος της σύνδεσης είναι περίπου 15.000 Ευρώ. Η αίτηση σύνδεσης στην Μ.Τ. γίνεται στην Διεύθυνση Διαχείρισης Δικτύου στα κεντρικά γραφεία της Δ.Ε.Η. στην Αθήνα.

Με βάση την παράγραφο 1 του Άρθρου 11 του Ν.3468/2006 σε περίπτωση που η Φ/Β εγκατάσταση βρίσκεται κοντά στο δίκτυο υψηλής τάσης (Υ.Τ.) και η σύνδεση πρέπει να γίνει μέσω υποσταθμού Μ.Τ. προς Υ.Τ., που βρίσκεται εκτός του χώρου του σταθμού, ο κάτοχος της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου Σταθμού μπορεί να κατασκευάζει τα έργα σύνδεσης, από τα όρια του Σταθμού μέχρι τα όρια του Συστήματος ή του Δικτύου, σύμφωνα με την παράγραφο 4 του Άρθρου 2 του Ν.2941/2001 και να αποκτά τη διαχείριση των έργων αυτών, σύμφωνα με όσα προβλέπονται στους αντίστοιχους Κώδικες Διαχείρισης. Για την απαλλοτρίωση ακινήτων ή τη σύσταση επ' αυτών εμπραγμάτων δικαιωμάτων υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής του συνδεδεμένου Σταθμού, με σκοπό την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, εφαρμόζονται αναλόγως οι διατάξεις του Άρθρου 15 του Ν.3175/2003 (Φ.Ε.Κ. 207 Α'). Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται αναλόγως, υπέρ του κατόχου της άδειας παραγωγής, οι διατάξεις της Παραγράφου 8 του Άρθρου 9 του Ν.2941/2001. Οι απαιτούμενες εγκρίσεις για την εγκατάσταση των έργων σύνδεσης, κατά τα προηγούμενα εδάφια, χορηγούνται σύμφωνα με τις αναλόγως εφαρμοζόμενες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που αφορούν τον Κύριο του Συστήματος ή του Δικτύου.

3.12 Τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης στο σύστημα

Οι τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση σταθμών Α.Π.Ε. με το σύστημα όπως καθορίζονται αυτές από τη Δ.Ε.Η. είναι: Οι προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας θα πρέπει να είναι οι εξής αναγραφόμενες του Πίνακα 3-3:

	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Τάση	-20% έως +15% της ονομαστικής	-20% έως +15% της ονομαστικής
Συχνότητα	+/- 0,5 Hz	από 51 Hz έως 47,5 Hz

Πίνακας 3-3: Προεπιλεγμένες τιμές ρυθμίσεων των προστασιών ορίων τάσεως και συχνότητας

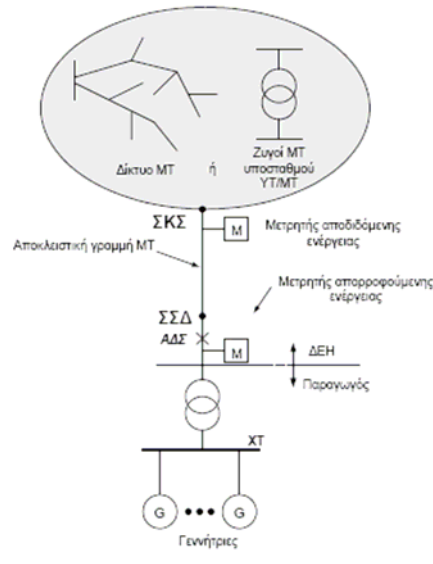
Ιδιαίτερα τώρα για τις Φ/Β εγκαταστάσεις σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων, ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

- ο θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 sec
- ο ανάζευξη του αντιστροφέα μετά από 3 min

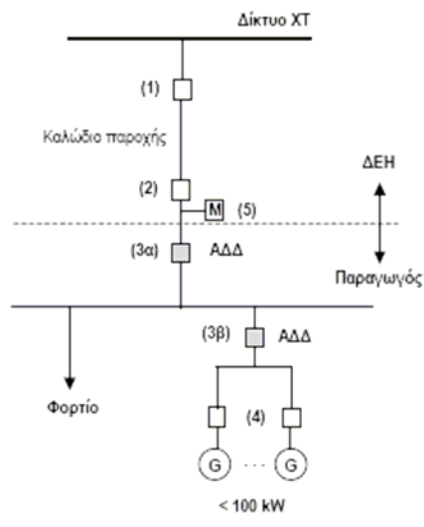
Για τους Φ/Β Σταθμούς ισχύουν επίσης και άλλοι τεχνικοί περιορισμοί όπως:

- Η Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (T.H.D.) του ρεύματος των αντιστροφέων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%.
- Εφόσον οι αντιστροφείς δεν διαθέτουν μετασχηματιστή απομόνωσης, η έγχυση συνεχούς ρεύματος θα πρέπει να περιορίζεται στο 0,5% του ονομαστικού.
- Η προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης είναι υποχρεωτική. Στο αντίστοιχο πεδίο του εντύπου αίτησης θα περιγράφεται η ακολουθούμενη μέθοδος, η οποία θα είναι σύμφωνη με το πρότυπο V.D.E. 0126.
- Οι ανωτέρω προστασίες θα εμφανίζονται είτε στα τεχνικά εγχειρίδια των αντιστροφέων είτε στα πιστοποιητικά τους.
- Πρόβλεψη προστασίας απόζευξης του Σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα ή με άλλο τρόπο, εις τρόπον ώστε ο σταθμός να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. (προς αποφυγή του φαινομένου της νησιδοποίησης) όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των πιο πάνω ορίων:
- Εάν κατά τη λειτουργία του Φ/Β Σταθμού διαπιστωθούν προβλήματα αρμονικών, έγχυσης συνεχούς τάσεως στο Δίκτυο κ.λπ., θα πρέπει ο Παραγωγός να λάβει τα κατάλληλα μέτρα (π.χ. φίλτρα), που θα του υποδείξει η Δ.Ε.Η., προς άρση των προβλημάτων αυτών.

Στις Εικόνες 3.38 και 3.39 δείχνονται οι τυπικές συνδέσεις Α.Π.Ε. (συμβολίζονται ως G) στο δίκτυο Χ.Τ.. Στα σχήματα αυτά φαίνονται επίσης και το σημείο σύνδεσης με το δίκτυο (Σ.Σ.Δ.) που είναι το σημείο του δικτύου Μ.Τ. ή Χ.Τ. όπου συνδέονται οι εγκαταστάσεις του παραγωγού και βρίσκεται πάντοτε στην έξοδο των εγκαταστάσεων αυτών, αλλά και το σημείο κοινής σύνδεσης (Σ.Κ.Σ.) που είναι το πλησιέστερο προς τις εγκαταστάσεις του παραγωγού σημείο του δικτύου, στο οποίο συνδέεται (ή μπορεί να συνδεθεί μελλοντικά) άλλος καταναλωτής ή παραγωγός.



Εικόνα 3.38: Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε στο δίκτυο χαμηλής τάσης



Εικόνα 3.39: Τυπική σύνδεση Α.Π.Ε. στο δίκτυο Χ.Τ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Λογισμικό



4.1 Ελεύθερο λογισμικό

Το Ελεύθερο λογισμικό παρέχει στους χρήστες την ελευθερία να εκτελούν, αντιγράφουν, διανέμουν, μελετούν, τροποποιούν και βελτιώνουν το Ελεύθερο λογισμικό. Για την ακρίβεια, αναφέρεται σε τέσσερις βασικές ελευθερίες:

1. Την ελευθερία να εκτελείται το πρόγραμμα για οποιονδήποτε σκοπό (ελευθερία 0).
2. Την ελευθερία να μελετάτε τον τρόπο λειτουργίας του προγράμματος και να το προσαρμόζετε στις ανάγκες σας. Η πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα είναι προϋπόθεση για να ισχύει κάτι τέτοιο.
3. Την ελευθερία να αναδιανέμετε αντίγραφα του προγράμματος ώστε να βοηθάτε το συνάνθρωπο σας.
4. Την ελευθερία να βελτιώνετε το πρόγραμμα και να δημοσιεύετε τις βελτιώσεις που έχετε κάνει στο ευρύ κοινό, ώστε να επωφεληθεί ολόκληρη η κοινότητα. Η πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα είναι προϋπόθεση για να ισχύει κάτι τέτοιο.

Ένα πρόγραμμα θεωρείται ελεύθερο λογισμικό όταν οι χρήστες του έχουν όλες τις παραπάνω ελευθερίες. Επομένως, θα πρέπει να είστε ελεύθεροι να αναδιανέμετε αντίγραφα, με ή χωρίς τροποποιήσεις, δωρεάν ή χρεώνοντας για την διανομή, στον οποιονδήποτε και οπουδήποτε. Το να είστε ελεύθεροι να κάνετε όλα τα παραπάνω σημαίνει (μεταξύ άλλων) πως δεν χρειάζεται να ζητήσετε εξουσιοδότηση ή να πληρώσετε κάποιον ώστε να λάβετε τη ανάλογη άδεια.

Θα πρέπει επίσης να έχετε την ελευθερία να κάνετε τροποποιήσεις και να τις χρησιμοποιείτε ιδιωτικά στην δουλειά ή για διασκέδαση, χωρίς να χρειάζεται να το αναφέρετε. Αν δημοσιεύσετε τις αλλαγές σας, δεν είστε υποχρεωμένοι να ειδοποιήσετε κάποιο συγκεκριμένο άτομο.

Η ελευθερία της χρήσης ενός προγράμματος σημαίνει πως δίδεται η ελευθερία σε κάθε άτομο ή επιχείρηση να το χρησιμοποιήσει σε κάθε είδους υπολογιστικό σύστημα, για κάθε είδος εργασίας χωρίς να είναι υποχρεωμένο να επικοινωνήσει εκ των προτέρων με τον προγραμματιστή ή με κάποια άλλη οντότητα. Σε αυτή την ελευθερία, είναι η άποψη του χρήστη που έχει σημασία, και όχι η άποψη του κατασκευαστή. Εσείς, ως χρήστες είστε ελεύθεροι να εκτελείτε το πρόγραμμα για τους δικούς σας λόγους, και αν το διανείμετε σε οποιονδήποτε άλλο άνθρωπο, τότε και εκείνος είναι ελεύθερος να το εκτελεί για τους δικούς του λόγους, δίχως να έχετε το δικαίωμα να του υποβάλετε δικές σας κυρώσεις.

Η ελευθερία της αναδιανομής αντιγράφων θα πρέπει να περιλαμβάνει εκτελέσιμες (*executable*) μορφές του προγράμματος, καθώς και τον πηγαίο κώδικα, τόσο για την τροποποιημένη όσο και για την αρχική έκδοση του προγράμματος. (Η διανομή προγραμμάτων σε εκτελέσιμη μορφή είναι απαραίτητη για εγκατεστημένα ελεύθερα λειτουργικά συστήματα). Θεωρείται δεκτό όταν δεν υπάρχει τρόπος να δημιουργηθεί η εκτελέσιμη μορφή για κάποιο συγκεκριμένο πρόγραμμα (από τη στιγμή που μερικές γλώσσες δεν υποστηρίζουν κάτι τέτοιο), αλλά θα πρέπει να έχετε την ελευθερία να αναδιανέμετε τέτοιες μορφές σε περίπτωση που αναπτύξετε ή βρείτε κάποιο δικό σας τρόπο να τις δημιουργήσετε).

Για να ισχύουν πρακτικά οι τέσσερις βασικές ελευθερίες, και να μπορείτε να δημοσιεύετε βελτιωμένες εκδόσεις, θα πρέπει να έχετε πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα του προγράμματος. Επομένως, η πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα είναι απαραίτητη προϋπόθεση στο ελεύθερο λογισμικό.

Μία σημαντική μέθοδος τροποποίησης ενός προγράμματος είναι η συγχώνευση του με διαθέσιμες ελεύθερες υπορουτίνες και υποπρογράμματα (*modules*). Εάν η άδεια του προγράμματος αναφέρει ότι δεν έχετε το δικαίωμα να το συγχωνεύσετε με ένα υπάρχον υποπρόγραμμα, για παράδειγμα εάν απαιτεί να είστε εσείς αυτός που κατέχει τα πνευματικά δικαιώματα (*copyright holder*) για οποιονδήποτε κώδικα έχετε προσθέσει, τότε η άδεια είναι πολύ περιοριστική ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ελεύθερη (δηλαδή άδεια ελεύθερου λογισμικού).

Αυτές οι ελευθερίες θα είναι πραγματικές και αμετάκλητες όσο δεν κάνετε κάτι λάθος. Αν ο προγραμματιστής του λογισμικού ανακαλέσει την άδεια, χωρίς να έχετε δώσει εσείς την αφορμή τότε το λογισμικό δεν θεωρείται ελεύθερο.

Ωστόσο, μερικοί κανόνες που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο διανέμεται το ελεύθερο λογισμικό είναι αποδεκτοί όταν δεν συγκρούονται με τις τέσσερις βασικές ελευθερίες. Για παράδειγμα, στην άδεια αντιγραφής (*copyleft*) όταν αναδιανέμετε κάποιο πρόγραμμα, δεν μπορείτε να προσθέσετε περιορισμούς ώστε να μειώσετε από τον χρήστη τις τέσσερις βασικές ελευθερίες. Αυτός ο κανόνας δεν συγκρούεται με τις βασικές ελευθερίες, αλλά τις προστατεύει.

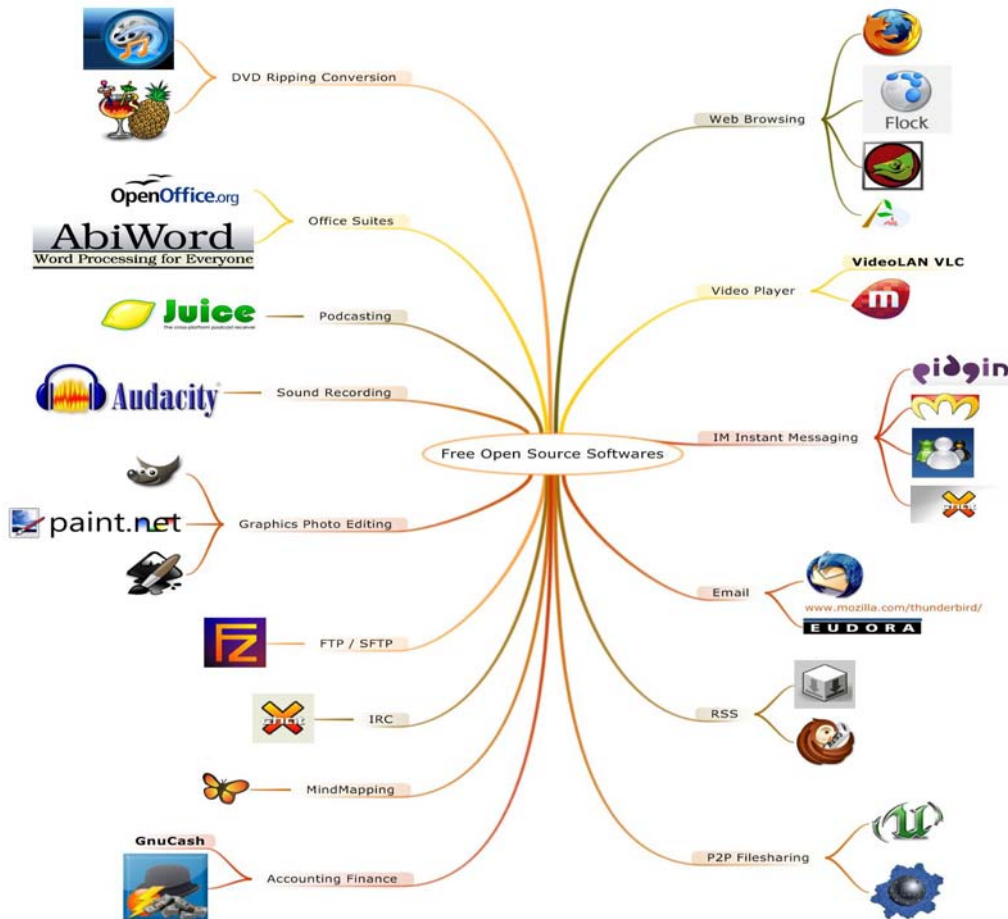
Ελεύθερο λογισμικό δεν σημαίνει μη-εμπορικό. Ένα ελεύθερο πρόγραμμα θα πρέπει να είναι διαθέσιμο για εμπορική χρήση, εμπορική ανάπτυξη ή εμπορική διανομή. Η εμπορική ανάπτυξη του ελεύθερου λογισμικού δεν είναι ασυνήθιστη. Αντιθέτως, τέτοιου είδους ελεύθερο λογισμικό είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως κριτήρια σαν και αυτά που υπάρχουν στον ορισμό του ελεύθερου λογισμικού απαιτούν προσεκτική σκέψη για την ερμηνεία τους. Για να αποφασιστεί κατά πόσο μία συγκεκριμένη άδεια κατατάσσεται ως άδεια ελεύθερου λογισμικού, την κρίνουμε για το κατά πόσο πληρεί το πνεύμα και την πληρότητα των κριτηρίων. Εάν μία άδεια επιβάλλει παράλογους περιορισμούς, την απορρίπτουμε, ακόμα και αν δεν τους αναμέναμε στα κριτήρια.

4.2 Λογισμικό ανοιχτού κώδικα

Ο όρος “λογισμικό ανοιχτού κώδικα” χρησιμοποιείται από μερικούς ανθρώπους ώστε να αναφερθούν λίγο πολύ στην ίδια κατηγορία με το ελεύθερο λογισμικό. Παρόλα αυτά, οι δύο κατηγορίες διαφέρουν: όσοι στηρίζουν το “λογισμικό ανοιχτού κώδικα” δέχονται κάποιες άδειες τις οποίες θεωρούμε πολύ περιοριστικές και υπάρχουν άδειες ελεύθερου λογισμικού τις οποίες δεν έχουν δεχτεί. Παρόλα αυτά, οι διαφορές στην επέκταση της κατηγορίας είναι μικρές: σχεδόν όλο το ελεύθερο λογισμικό είναι ανοιχτού κώδικα και σχεδόν όλο το λογισμικό ανοιχτού κώδικα είναι ελεύθερο.

Ιδιώτες, Επιχειρήσεις και Δημόσιοι οργανισμοί παγκοσμίως χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο ανοιχτού κώδικα εφαρμογές εξοικονομώντας σημαντικό κόστος. Στην εικόνα 4.1 (Πηγή: *Open Source Barometer*) παρουσιάζονται οι χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης των εφαρμογών ανοιχτού κώδικα.



Εικόνα 4.1: Οι χώρες με το μεγαλύτερο ποσοστό διείσδυσης των εφαρμογών ανοιχτού κώδικα.

4.3 Λογισμικό κοινής ιδιοκτησίας/κτήματος (*Public domain software*)

Λογισμικό κοινής ιδιοκτησίας είναι το λογισμικό το οποίο δεν έχει πνευματικά δικαιώματα. Εάν ο πηγαίος κώδικας είναι κοινής ιδιοκτησίας, αυτή είναι μία ειδική περίπτωση μη κατοχυρωμένου ελεύθερου λογισμικού, κάτι το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει περίπτωση ορισμένα αντίγραφα ή διαμορφωμένες εκδόσεις του λογισμικού να μην είναι ελεύθερες.

Σε μερικές περιπτώσεις, ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα μπορεί να είναι κοινής ιδιοκτησίας, αλλά ο πηγαίος κώδικας να μην είναι διαθέσιμος. Αυτό το λογισμικό δεν είναι ελεύθερο, επειδή το ελεύθερο λογισμικό απαιτεί την πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα. Το περισσότερο από το ελεύθερο λογισμικό δεν ανήκει στην κατηγορία του λογισμικού κοινής ιδιοκτησίας. Είναι κατοχυρωμένο και οι κάτοχοι των πνευματικών δικαιωμάτων έχουν νομικά δώσει άδεια χρήσης σε όλους ώστε να το χρησιμοποιήσουν ελεύθερα, χρησιμοποιώντας μία άδεια ελεύθερου λογισμικού.

Μερικές φορές ο κόσμος χρησιμοποιεί τον όρο “κοινής ιδιοκτησίας (*public domain*)” ώστε να αναφερθεί στο “ελεύθερο” ή στο “δωρεάν” λογισμικό. Παρόλα αυτά, ο όρος “κοινής ιδιοκτησίας (*public domain*)” είναι ένας νομικός όρος και σημαίνει επακριβώς “μη κατοχυρωμένο” λογισμικό.

Σύμφωνα με την συνθήκη της *Berne*, την οποία οι περισσότερες χώρες έχουν υπογράψει, οτιδήποτε είναι γραμμένο (σε χαρτί) αυτομάτως κατοχυρώνεται. Αυτό περιλαμβάνει τα προγράμματα/εφαρμογές. Επομένως, αν θέλετε ένα πρόγραμμα που έχετε γράψει να είναι κοινής ιδιοκτησίας, πρέπει να κάνετε κάποια νομικά βήματα για να αποποιηθείτε τα πνευματικά δικαιώματα σε αυτό. Ειδικά, το πρόγραμμα είναι κατοχυρωμένο.

4.4 Κατοχυρωμένο λογισμικό (*Copylefted software*)

Το κατοχυρωμένο λογισμικό είναι ελεύθερο λογισμικό του οποίου οι όροι διανομής δεν επιτρέπουν σε όσους το αναδιανέμουν να προσθέτουν επιπλέον περιορισμούς. Αυτό σημαίνει ότι κάθε αντίγραφο του λογισμικού, ακόμα κι αν έχει τροποποιηθεί, πρέπει να είναι ελεύθερο λογισμικό.

Ο όρος κατοχυρωμένο είναι μία γενική ιδέα. Στην πραγματικότητα για να κατοχυρώσετε ένα πρόγραμμα, πρέπει να χρησιμοποιήσετε ένα συγκεκριμένο πακέτο όρων διανομής, έτσι σαν αρχή μπορούν να υπάρχουν πολλές ελεύθερες άδειες λογισμικού κατοχύρωσης. Παρόλα αυτά, στην πράξη σχεδόν όλο το κατοχυρωμένο λογισμικό χρησιμοποιεί την Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης *GNU*. Δύο διαφορετικές άδειες κατοχύρωσης είναι συνήθως “ασύμβατες”, το οποίο σημαίνει πως είναι παράνομο να συγχωνεύεται ο κώδικας που χρησιμοποιεί μία άδεια με τον κώδικα που χρησιμοποιεί κάποια άλλη άδεια. Έτσι, είναι καλό για την κοινότητα να χρησιμοποιεί ο κόσμος μόνο μία άδεια κατοχύρωσης.

4.5 Μη-κατοχυρωμένο ελεύθερο λογισμικό (*Non-copylefted free software*)

Το Μη-κατοχυρωμένο ελεύθερο λογισμικό έρχεται από τον συγγραφέα με την άδεια να διανεμηθεί και να τροποποιηθεί, και επίσης να προστεθούν περιορισμοί σε αυτό.

Εάν ένα πρόγραμμα είναι ελεύθερο, αλλά μη κατοχυρωμένο, τότε κάποια αντίγραφα ή τροποποιημένες εκδόσεις μπορεί να μην είναι καθόλου ελεύθερες. Μία εταιρία λογισμικού μπορεί να μεταγλωττίσει το πρόγραμμα, με ή χωρίς τροποποιήσεις, και να διανείμει το εκτελέσιμο αρχείο σαν ιδιόκτητο προϊόν λογισμικού.

4.5.1 Λογισμικό επικαλυμμένο από Γενική Άδεια Δημόσιας Χρήσης (ΓΑΔΧ) (*GPL-covered software*)

Η ΓΑΔΧ (Γενική Δημόσια Άδεια Χρήσης GNU) είναι ένα συγκεκριμένο σύνολο από όρους διανομής για κατοχύρωση ενός προγράμματος. Το έργο GNU την χρησιμοποιεί σαν τους όρους διανομής για τα περισσότερα τμήματα λογισμικού GNU.

4.5.2 Το σύστημα GNU

Το Σύστημα GNU είναι Unix-οειδές λειτουργικό σύστημα, το οποίο είναι ολόκληρο ελεύθερο λογισμικό, και το οποίο εμείς στο έργο GNU έχουμε αναπτύξει από το 1984.

Ένα Unix-οειδές λειτουργικό σύστημα αποτελείται από πολλά προγράμματα. Το σύστημα GNU περιλαμβάνει όλο το λογισμικό GNU, καθώς επίσης και πολλά άλλα πακέτα όπως το Παραθυρικό Σύστημα X και TeX τα οποία δεν είναι λογισμικό GNU.

Το πρώτο τεστ κυκλοφορίας του ολοκληρωμένου συστήματος GNU ήταν το 1996. Αυτό περιλαμβάνει τον GNU Hurd, τον πυρήνα μας, ο οποίος αναπτύχθηκε το 1990. Το 2001 το σύστημα GNU (περιλαμβανομένου του GNU Hurd) ξεκίνησε να δουλεύει αρκετά αξιόπιστα, αλλά ο Hurd ακόμα έχει έλλειψη σε μερικές σημαντικές πτυχές, οπότε δεν χρησιμοποιείται ευρέως. Εν τω μεταξύ, το σύστημα GNU/Linux, μία παραλλαγή του συστήματος GNU το οποίο χρησιμοποιεί τον Linux ως πυρήνα αντί για τον GNU Hurd, έχει κάνει μεγάλη επιτυχία από την δεκαετία του 90. Αφού ο σκοπός του GNU είναι να είναι ελεύθερο, κάθε τμήμα στο σύστημα GNU πρέπει να είναι ελεύθερο λογισμικό. Δεν χρειάζεται να είναι όλα κατοχυρωμένα.

4.5.3 Προγράμματα GNU

“Τα προγράμματα GNU” είναι ισάξια με το λογισμικό GNU. Ένα πρόγραμμα Foo είναι ένα πρόγραμμα GNU εάν είναι λογισμικό GNU. Επίσης λέμε μερικές φορές πως είναι “πακέτο GNU”.

4.5.4 Λογισμικό GNU

Το λογισμικό GNU είναι λογισμικό το οποίο διατίθεται υπό την αιγίδα του έργου GNU. Εάν ένα πρόγραμμα, είναι λογισμικό GNU, λέμε πως είναι ένα πρόγραμμα GNU, ή ένα πακέτο GNU. Το αρχείο *README* ή το εγχειρίδιο του πακέτου GNU πρέπει να λένε ότι είναι το ίδιο (πακέτο και πρόγραμμα). Ακόμη, ο Κατάλογος Ελεύθερου Λογισμικού πιστοποιεί όλα τα πακέτα GNU.

4.6 Μη ελεύθερο λογισμικό (*Non-free software*)

Μη ελεύθερο λογισμικό είναι το λογισμικό το οποίο δεν είναι ελεύθερο. Αυτό περιλαμβάνει το ημι-ελεύθερο λογισμικό και το ιδιόκτητο λογισμικό.

Ιδιόκτητο λογισμικό είναι το λογισμικό το οποίο δεν είναι ελεύθερο ή ημι-ελεύθερο. Η χρήση του, η αναδιανομή ή η τροποποίηση είναι απαγορευμένη, ή απαιτεί από εσάς να ζητήσετε την άδεια, ή είναι τόσο περιορισμένο που δεν μπορείτε να το χειριστείτε ελεύθερα.

4.7 Δωρεάν λογισμικό (*Freeware*)

Ο όρος “δωρεάν” δεν έχει ξεκάθαρο αποδεκτό νόημα, αλλά χρησιμοποιείται συνήθως για πακέτα τα οποία επιτρέπουν αναδιανομή αλλά όχι τροποποίηση (και ο πηγαίος κώδικάς τους δεν είναι διαθέσιμος). Αυτά τα πακέτα δεν είναι ελεύθερο λογισμικό.



4.8 Μοιρασμένο λογισμικό (*Shareware*)

Μοιρασμένο είναι το λογισμικό το οποίο έρχεται με την άδεια ώστε ο κόσμος να αναδιανείμει αντίγραφα, αλλά λέει πως όποιος συνεχίσει να χρησιμοποιεί ένα αντίγραφο (πχ έπειτα απο κάποιο χρονικό διάστημα) απαιτείται να πληρώσει ένα αντίτιμο για την άδεια.

Το μοιρασμένο δεν είναι ελεύθερο λογισμικό, ή ακόμα και ημι-ελεύθερο. Υπάρχουν δύο λόγοι που δεν είναι:

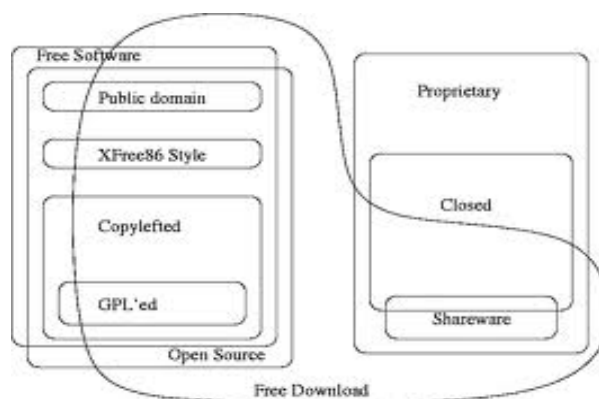
- Για το περισσότερο μοιρασμένο λογισμικό, ο πηγαίος κώδικας δεν είναι διαθέσιμος. Κατά αυτόν τον τρόπο δεν μπορεί κάποιος να τροποποιήσει το πρόγραμμα καθόλου.
- Το μοιρασμένο λογισμικό δεν έρχεται με την άδεια να δημιουργήσετε ένα αντίγραφο και να το εγκαταστήσετε χωρίς να πληρώσετε κάποιο αντίτιμο για την άδεια, ακόμα και για άτομα που αναμιγνύονται σε μη κερδοσκοπικές δραστηριότητες. (Στην πράξη, ο κόσμος συχνά αγνοεί τους όρους διανομής και το κάνει έτσι κι αλλιώς, αλλά ουσιαστικά οι όροι δεν το επιτρέπουν.)

4.9 Ιδιωτικό λογισμικό (*Private Software*)

Ιδιωτικό ή κατά παραγγελία λογισμικό είναι το λογισμικό το οποίο αναπτύχθηκε από κάποιον χρήστη (χαρακτηριστικά ένας οργανισμός ή μία επιχείρηση), το οποίο ο χρήστης κρατά και χρησιμοποιεί, και δεν το δημοσιεύει στο κοινό είτε σαν πηγαίο κώδικα, είτε σαν εκτελέσιμο.

Ένα ιδιωτικό πρόγραμμα είναι ελεύθερο λογισμικό με τη λογική ότι ο μοναδικός χρήστης του έχει τα πλήρη δικαιώματα σε αυτό. Παρόλα αυτά, εις βάθος, δεν έχει καμία λογική το να τίθεται η ερώτηση για το εάν ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι ελεύθερο λογισμικό ή όχι.

Σχεδόν όλες οι θέσεις εργασίας για προγραμματιστές είναι στην ανάπτυξη κατά παραγγελία λογισμικού. Σαν αποτέλεσμα, οι περισσότερες προγραμματιστικές δουλειές είναι, ή, θα μπορούσαν να είναι με έναν τρόπο συμβατό με το κίνημα ελεύθερου λογισμικού.²⁸



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα του *Chao – Kuei* και παρουσιάζει τις διαφορετικές κατηγορίες λογισμικού.

4.10 Τα λογισμικά Που χρησιμοποιήθηκαν

Στην παρούσα εργασία μελετώνται τρία λογισμικά προγράμματα. Τα οποία είναι τα εξής:

1. Sunny Design
2. Homer
3. RetScreen

Το πρόγραμμα Sunny Design της εταιρείας SMA, ανήκει στην κατηγορία των Freeware λογισμικών, δηλαδή είναι διαθέσιμο στους χρήστες χωρίς κανένα κόστος και μπορεί να μεταφορτωθεί ή να διανεμηθεί μέσω CD ή DVD. Ο χρήστης μπορεί να το βρει στην ιστοσελίδα www.SMA-Hellas.com²⁹

Το πρόγραμμα Homer είναι ένα Shareware λογισμικό, δηλαδή λογισμικό με άδεια δοκιμής. Είναι μια περιορισμένη έκδοση λογισμικού η οποία διατίθεται δωρεάν προς δοκιμή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και έχει την δυνατότητα αναβάθμισης σε πλήρη έκδοση μέσω ενός κωδικού που προσφέρεται έναντι χρέωσης. Ο χρήστης μπορεί να το βρει στην ιστοσελίδα www.homerenergy.com³⁰

Τέλος το πρόγραμμα RetScreen ανήκει και αυτό στην κατηγορία των Freeware λογισμικών και είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα www.retscreen.net

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Περιγραφή του λογισμικού Sunny Design

5.1 Γενική περιγραφή του λογισμικού Sunny Design

Το Sunny Design είναι ένα λογισμικό σχεδιασμού φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων. Μέσω του Sunny Design ο ενδιαφερόμενος μπορεί να βρει προτάσεις για τον πιθανό σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασής του. Το Sunny Design προτείνει ένα συνδυασμό φωτοβολταϊκών γεννητριών και μετατροπέων, ο οποίος ανταποκρίνεται στις επιθυμίες για το σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης π.χ. σε σχέση με την κατηγορία ισχύος και την ενεργειακή απόδοση. Επιπλέον παρέχει τη δυνατότητα η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση που έχει σχεδιαστεί να εκτιμηθεί καθώς και να αποδοθεί γραφικά η εν δυνάμει ιδιοκατανάλωση ενέργειας.

Το Sunny Design έχει σχεδιαστεί για οικιακή και βιομηχανική χρήση.

Οι σημαντικότερες λειτουργίες του Sunny Design είναι:

1. Δημιουργία διάφορων σεναρίων σχεδιασμού – λαμβάνοντας υπόψη της ισχύουσες προδιαγραφές – με όλους τους μετατροπείς SMA υπό τη μορφή εργασιών:
 - Απλές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πχ με μία ή περισσότερες φωτοβολταϊκές γεννήτριες με παρόμοια διαμόρφωση.
 - Σύνθετες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις πχ με διάφορες φωτοβολταϊκές γεννήτριες με διαφορετική διαμόρφωση.
 - Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις με τριφασική τροφοδοσία, σε συνάρτηση με ένα όριο για το μη αντισταθμισμένο φορτίο που καθορίζεται από το χρήστη.
 - Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις βάσει των προδιαγραφών της χώρας εγκατάστασης π.χ. σχετικά με τους τύπους των μετατροπέων ή την τάση δικτύου.
2. Δημιουργία προτύπων εργασίας με τυπικές ρυθμίσεις για τις εργασίες.
3. Υπολογισμός και γραφική παράσταση εν δυνάμει ιδιοκατανάλωσης φ/β ενέργειας
4. Δημιουργία ιδιόκτητων τοποθεσιών με την βοήθεια μετεωρολογικών στοιχείων από τη βάση δεδομένων του Sunny Design
5. Δημιουργία ιδιόκτητων φωτοβολταϊκών μονάδων.
6. Αυτόματος έλεγχος των δεδομένων λειτουργίας της σχεδιασμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
7. Διαστασιολόγηση αγωγών.

8. Εκτύπωση τεκμηρίωσης εργασίας ή αποθήκευσή της ως αρχείου PDF
9. Λήψη και εκτέλεση ενημερώσεων online για αναβάθμιση των βάσεων δεδομένων του Sunny Design και των οδηγιών χρήσης του.

5.2 Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση ως εργασία

Στο Sunny Design σχεδιάζεται μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με την μορφή μίας εργασίας. Ο σκοπός μίας εργασίας στο Sunny Design είναι να συγκεντρώνει τα δεδομένα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και να τα αντιστοιχίζει σε έναν πελάτη. Μια εργασία μπορεί να αποτελείται από μια ή περισσότερες τμηματικές εργασίες. Μια τμηματική εργασία αποτελείται από τουλάχιστον μία φωτοβολταϊκή γεννήτρια και ένα μετατροπέα ανά φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Σε μία τμηματική εργασία μπορούν να αποθηκευτούν έως και τρεις φωτοβολταϊκές γεννήτριες σε συνδυασμό με διάφορους τύπους μετατροπέων. Μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια είναι ένα σύνολο απο διασυνδεδεμένες μονάδες με τα εξής χαρακτηριστικά:

- I. Κοινό κατασκευαστή
- II. Κοινή φωτοβολταϊκή μονάδα
- III. Κοινή τοποθεσία
- IV. Κοινό τρόπο τοποθέτησης
- V. Κοινή ευθυγράμμιση, δηλαδή κοινή γωνία κλίσης και κοινή γωνία αζιμούθιου

Η δομή της εργασίας απεικονίζεται με τοπολογία δέντρου. Στην Εικόνα 5.1 παρουσιάζεται ως παράδειγμα η δομή ενός έργου στο Sunny Design.



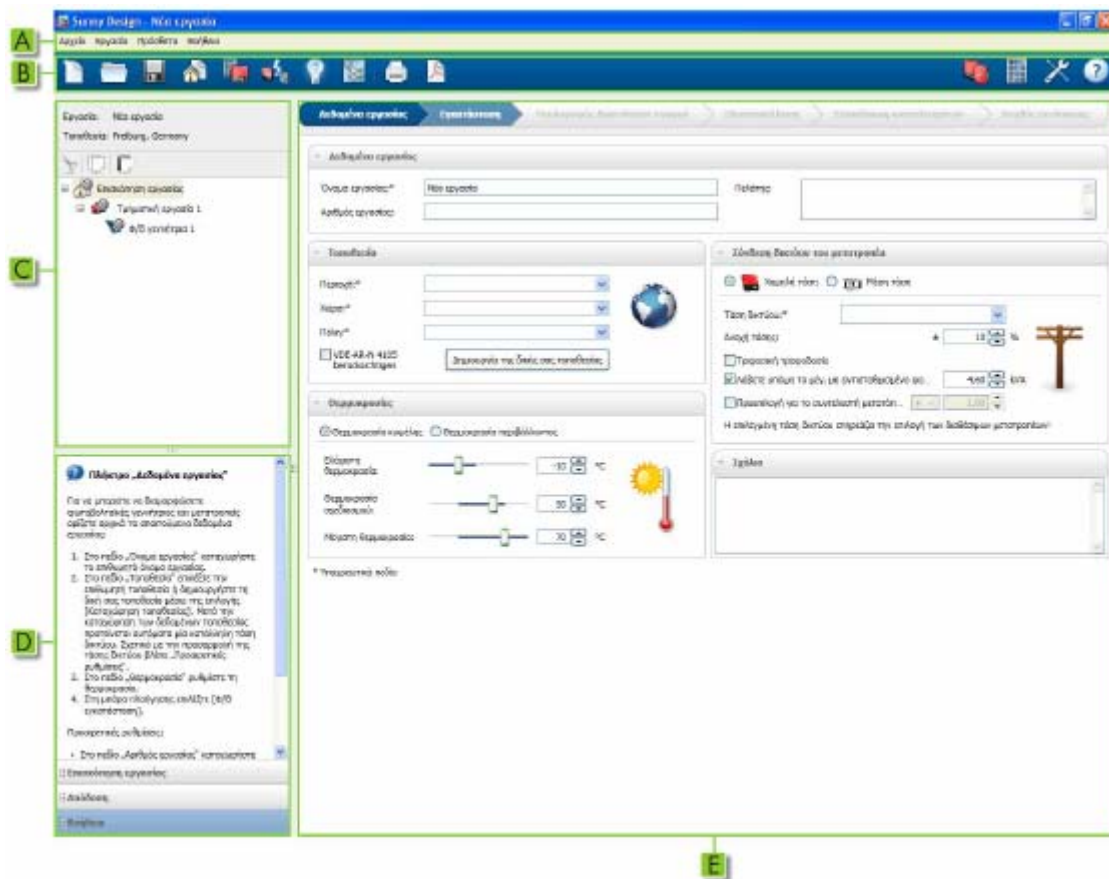
Εικόνα 5.1: Η δομή ενός έργου στο Sunny Design

Θέση	Επεξήγηση

A	Συνολική Εγκατάσταση
B	Επιμέρους εργασία της συνολικής εγκατάστασης
C	Φωτοβολταϊκή Γεννήτρια
D	Μετατροπέας

5.3 Επιφάνεια χρήστη

Επισκόπηση



Εικόνα 5.2: Επισκόπηση της επιφάνειας χρήστη

Θέση	Ονομασία	Επεξήγηση
A	Μπάρα μενού	Στην μπάρα μενού ζητείται από τον χρήστη να επιλέξει τις βασικές λειτουργίες του Sunny Design

B	Γραμμή συμβόλων	Η γραμμή συμβόλων επιτρέπει γρήγορη πρόσβαση στις βασικές λειτουργίες του Sunny Design.
C	Περιοχή εργασίας	Η περιοχή εργασίας απεικονίζει την σχεδιασμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση με τοπολογία δέντρου.
D	Περιοχή πληροφοριών	Η περιοχή πληροφοριών περιλαμβάνει πληροφορίες για την συνολική ισχύ της σχεδιασμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και την απόδοση των επιμέρους μετατροπών. Επίσης επιτρέπει την εμφάνιση συγκείμενης βοήθειας.
E	Περιοχή εργασίας	Στην περιοχή εργασίας ο χρήστης διαμορφώνει τη σχεδιασμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Μπορεί να τροποποιήσει τις όψεις της περιοχής εργασίας μέσω των πεδίων στη μπάρα πλοήγησης.

Μπάρα Μενού

1. **Αρχείο:** Με αυτή την εντολή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει σημαντικές λειτουργίες χειρισμού του Sunny Design
 - Δημιουργία νέας εργασίας
 - Άνοιγμα εργασίας
 - Αποθήκευση εργασίας
 - Κλείσιμο Εργασίας
 - Απευθείας εκτύπωση τεκμηρίωσης της ανοικτής εργασίας
 - Αποθήκευση τεκμηρίωσης της ανοικτής εργασίας ως αρχείο PDF
 - Επιλογή εργασίας από τον κατάλογο με τις πρόσφατα ανοιγμένες εργασίες
 - Τερματισμός Sunny Design

2. **Εργασία:** Με αυτή την εντολή μενού ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει σημαντικές ρυθμίσεις για μια ανοιχτή εργασία.
 - Τροποποίηση δεδομένων εργασίας
 - Διαμόρφωση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
 - Διαστασιολόγηση αγωγών

- Προσδιορισμός ιδιοκατανάλωσης
- Προβολή επισκόπησης αποτελεσμάτων για τμηματική εργασία
- Επιλογή των τιμών αποτελεσμάτων για τη σελίδα αποτελεσμάτων στην τεκμηρίωση της εργασίας και για την ένδειξη στην περιοχή «Επισκόπηση εργασίας»
- Επιλογή κατηγοριών μετατροπών
- Προσθήκη τμηματικών εργασιών
- Διαγραφή τμηματικών εργασιών















3. **Πρόσθετα:** Με αυτή την εντολή μενού ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει και να προσαρμόσει και άλλες ρυθμίσεις του Sunny Design

- Αλλαγή γλώσσας της επιφάνειας χρήστη
- Χειροκίνητη εκκίνηση ενημέρωσης Online
- Εισαγωγή ή εξαγωγή βάσεων δεδομένων με ιδιόκτητες φωτοβολταϊκές μονάδες ή ιδιόκτητες τοποθεσίες
- Διαχείριση Φ/Β μονάδων
- Τροποποίηση ρυθμίσεων για πρότυπα εργασίας ιδιόκτητες τοποθεσίες καταλόγους ή αυτόματες ενημερώσεις online

4. **Βοήθεια:** Με αυτή την εντολή μενού ο χρήστης μπορεί να βρει αναλυτικές πληροφορίες για το Sunny Design και SMA sola Technology AG. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να οδηγηθεί στην ιστοσελίδα www.SMA-solar.com μέσω υπερσυνδέσμου.

- Εμφάνιση όρων χρήσης
- Άνοιγμα οδηγιών χρήσης
- Εμφάνιση πληροφοριών προγράμματος
- Εμφάνιση της ιστοσελίδας www.SMA-solar.com

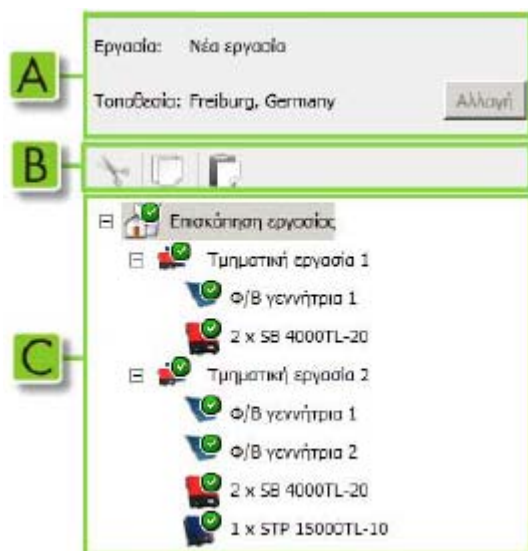
5.4 Γραμμή συμβόλων

Σύμβολο	Επιζήγηση
	Δημιουργία νέας εργασίας
	Άνοιγμα εργασίας
	Αποθήκευση εργασίας
	Τροποποίηση δεδομένων εργασίας
	Διαμόρφωση φωτοβολταϊκής εγκατάστασης
	Διαστασιολόγηση αγωγών
	Προσδιορισμός ιδιοκατανάλωσης
	Προβολή επισκόπησης αποτελεσμάτων
	Άνοιγμα βοηθού εκτύπωσης και εκτύπωση σχεδιασμένης εγκατάστασης
	Άνοιγμα βοηθού εκτύπωσης και αποθήκευση σχεδίου ως αρχείο PDF
	Επιλογή κατηγοριών μετατροπών για την τρέχουσα εργασία
	Διαχείριση φ/β μονάδων
	Τροποποίηση ρυθμίσεων
	Άνοιγμα οδηγιών χρήσης του Sunny Design

5.5 Περιοχή εργασίας με τοπολογία δέντρου

Η περιοχή εργασίας προσφέρει τις ακόλουθες δυνατότητες:





- Τροποποίηση πληροφοριών εργασίας.
- Προσθήκη περαιτέρω τμηματικών εργασιών σε μία εργασία μέσω της τοπολογίας δέντρου.



Εικόνα 5.3: Λεπτομερής προβολή για την περιοχή εργασίας





Θέση	Επεξήγηση
A	<p><u>Πληροφορίες Εργασίας</u></p> <p>Εδώ εμφανίζεται το όνομα της εργασίας και η τοποθεσία της σχεδιασμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης</p>
B	<p><u>Μπάρα εργαλείων</u></p> <p>Η μπάρα εργαλείων επιτρέπει στον χρήστη να αποκόψει, να αντιγράψει και να επικολλήσει στοιχεία στην τοπολογία δέντρου της εργασίας.</p>
C	<p><u>Τοπολογία δέντρου εργασίας</u></p> <p>Η τοπολογία δέντρου μιας εργασίας παρουσιάζει την εργασία και τις τμηματικές εργασίες, οι οποίες αποτελούνται από φωτοβολταϊκές γεννήτριες και μετατροπείς. Στην τοπολογία δέντρου μιας εργασίας υπάρχουν οι ακόλουθες δυνατότητες:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Επιλέγοντας επιμέρους στοιχεία, υπάρχει η δυνατότητα πλοήγησης στην εργασία ή στην περιοχή εργασίας. • Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει, να αντιγράψει ή να διαγράψει τμηματικές εργασίες, φωτοβολταϊκές γεννήτριες ή μετατροπείς μέσω του συγκεκριμένου μενού ή της μπάρας εργαλείων.

Σύμβολα της τοπολογίας δέντρου εργασίας.

Σύμβολο	Ονομασία	Επεξήγηση
	Εργασία	Αποτελώντας στοιχείο μέγιστης σπουδαιότητας, η επιλογή της εργασίας υπάρχει πάντα στην τοπολογία δέντρου.
	Τμηματική εργασία	Οι τμηματικές εργασίες ταξινομούνται στο αμέσως επόμενο επίπεδο. Σε μία εργασία υπάρχει πάντα τουλάχιστον 1 τμηματική εργασία.
	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες αποτελούν στοιχεία των τμηματικών εργασιών.
	Μετατροπέας	Οι μετατροπείς αποτελούν στοιχεία των τμηματικών εργασιών και αντιστοιχίζονται σε μια ή περισσότερες φωτοβολταϊκές γεννήτριες, ανάλογα με το αν πρόκειται για μετατροπείς στοιχειοσειράς ή μετατροπείς πολλαπλών στοιχειοσειρών.

Σύμβολα κατάστασης στην τοπολογία δέντρου.

Οι εργασίες και τα στοιχεία τους χαρακτηρίζονται με μια από τις πληροφορίες κατάστασης που παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Σύμβολο	Επεξήγηση
	Στοιχείο σε επεξεργασία
	Διεκπεραιωμένο στοιχείο
	Σφάλμα κατά τη διαμόρφωση του στοιχείου - ελέγξτε τη διαμόρφωση του στοιχείου.
	Προειδοποίηση - ελέγξτε τη διαμόρφωση του στοιχείου.

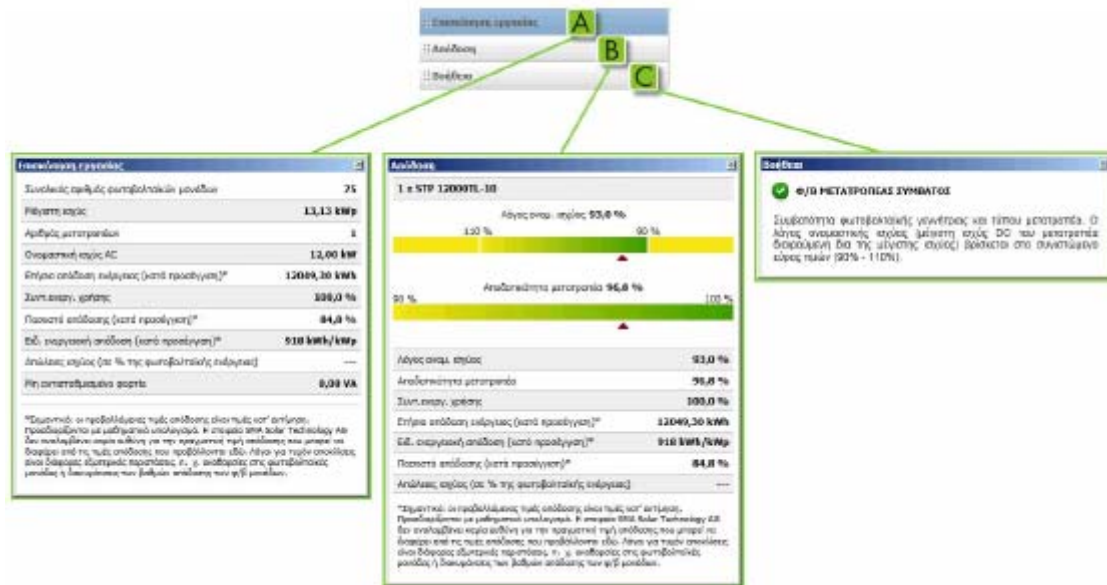
5.6 Περιοχή πληροφοριών

Στην περιοχή πληροφοριών υπάρχει δυνατότητα προβολής διάφορων πληροφοριών, όπως:

- Τιμές αποτελεσμάτων της εργασίας.
- Πληροφορίες σχετικές με την διαμόρφωση δεδομένων για την απόδοση των μετατροπέων.
- Πληροφορίες σχετικές με τη συγκείμενη βοήθεια για την διαμόρφωση της εργασίας ή των τμηματικών

εργασιών.

Στην Εικόνα 5.4 φαίνεται η περιοχή πληροφοριών με ανοιχτές επιμέρους περιοχές.



Εικόνα 5.4: Περιοχή πληροφοριών με ανοιχτές επιμέρους περιοχές

- **Επισκόπηση εργασίας**

Εδώ μπορεί να προβληθεί μια επισκόπηση των τιμών αποτελεσμάτων της σχεδιασμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Στην επισκόπηση λαμβάνονται υπόψη οι τιμές αποτελεσμάτων της συνολικής εγκατάστασης και παρουσιάζονται τα τεχνικά στοιχεία και οι παράμετροι της σχεδιασμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

- **Απόδοση**

Εδώ εμφανίζεται η -εξαρτώμενη από τη διαμόρφωση- απόδοση των επιμέρους μετατροπέων στην τμηματική εργασία. Επιπλέον παριστάνεται γραφικά ο λόγος της ονομαστικής ισχύος των μετατροπέων και η αποδοτικότητά τους.

- **Βοήθεια**

Εδώ ο χρήστης επιλέγει συγκεκριμένη βοήθεια για την περιοχή που έχει επιλέξει στην περιοχή εργασίας ή για τις ρυθμίσεις που έχει πραγματοποιήσει.

5.7 Δεδομένα εργασίας

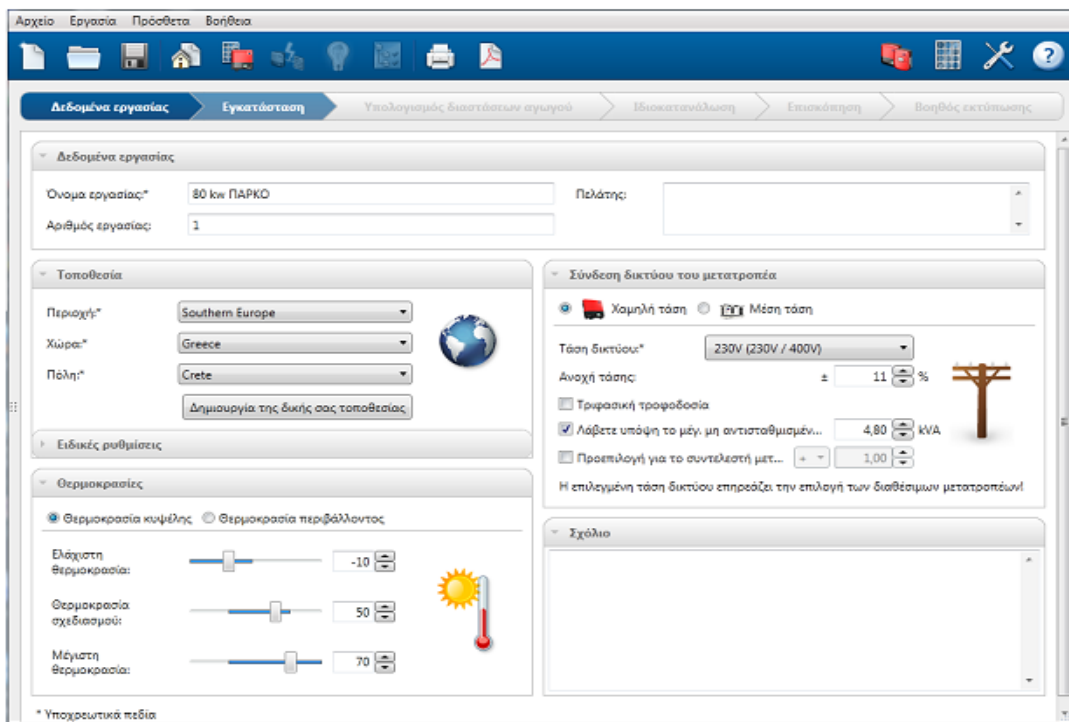
Τα περιεχόμενα της περιοχής εργασίας εξαρτώνται από το εκάστοτε επιλεγμένο στοιχείο στην τοπολογία δέντρου της εργασίας.

- «Επισκόπηση εργασίας»
- «Όνομα της τμηματικής εργασίας » ή «Όνομα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας» ή «Αριθμός * Όνομα του μετατροπέα»

Στην περιοχή εργασίας εκτελούνται διάφορες ρυθμίσεις για το επιλεγμένο στοιχείο:

Εκτέλεση τυπικών ρυθμίσεων για το σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, π.χ. εισαγωγή της τοποθεσίας.

- ✓ Εκτέλεση ειδικών ρυθμίσεων για το σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, π.χ. εισαγωγή του ονόματος της εργασίας ή των στοιχείων πελάτη.
- ✓ Διαμόρφωση τμηματικών εργασιών.
- ✓ Έλεγχος διαμόρφωσης των τμηματικών εργασιών.



Εικόνα 5.5: Προβολή της περιοχής εργασίας κατά την επιλογή του πεδίου [Δεδομένα εργασίας]

- **Καρτέλα «Δεδομένα εργασίας»**

Εδώ καταχωρούνται τα δεδομένα της εργασίας. Το πεδίο για το όνομα της εργασίας είναι υποχρεωτικό γι' αυτό και συμβολίζεται με το *. Ο αριθμός εργασίας και τα στοιχεία πελάτη είναι προαιρετικά, ωστόσο προσφέρουν

περισσότερες δυνατότητες στην αναγνώριση μιας εργασίας.

- **Καρτέλα «Τοποθεσία»**

Εδώ καταχωρούνται τα δεδομένα της τοποθεσίας για την εργασία, ενσωματώνοντας την τοποθεσία σε ένα πρότυπο εργασίας.

- **Καρτέλα «Σύνδεση δικτύου του μετατροπέα»**

Εδώ γίνεται η επιλογή για τη «Χαμηλή Τάση» και τη «Μέση Τάση» ανάλογα με το μέγεθος της σχεδιαζόμενης Φ/Β εγκατάστασης. Για εγκαταστάσεις με εύρος τιμών τάσης μέχρι 1000 volt επιλέγεται Χαμηλή Τάση, ενώ για εγκαταστάσεις άνω των 1000 volt επιλέγεται η Μέση Τάση.

Η τιμή για την τάση δικτύου μιας τοποθεσίας καθορίζεται αυτόματα εφόσον έχετε ήδη επιλέξει τα δεδομένα της τοποθεσίας στην περιοχή «Τοποθεσία». Αν χρειάζεται η τάση δικτύου μπορεί να προσαρμοστεί.

Για την ανοχή τάσης σε % έχει προεπιλεγεί τιμή $\pm 10\%$ που μπορεί ενδεχομένως να μεταβληθεί, εάν αυτό απαιτηθεί.

Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα επιλογής τριφασικού σχεδιασμού της Φ/Β εγκατάστασης με οδηγίες για το μη αντισταθμισμένο φορτίο και το συντελεστή μετατόπισης $\cos\phi$

- **Καρτέλα «Θερμοκρασίες»**

Εδώ καταχωρούνται τα δεδομένα θερμοκρασίας για την εργασία, Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μεταξύ της θερμοκρασίας κυψέλης των φωτοβολταϊκών μονάδων και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Ο τρόπος τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας επηρεάζει τη θερμοκρασία κυψέλης των φωτοβολταϊκών μονάδων

- **Καρτέλα «Σχόλιο»**

Εδώ καταχωρούνται σχόλια για την εργασία και συμπληρώνονται, λεπτομερείς πληροφορίες. Τα σχόλια εμφανίζονται στην αξιολόγηση της εργασίας η οποία μπορεί να αποθηκευτεί ή να εκτυπωθεί ως αρχείο PDF

5.8 Φ/Β εγκατάσταση

Διαμόρφωση	Μετατροπέας	Φ/Β γεννήτρια	Είσοδος A	Είσοδος B
Μετατροπέας:	STP 10000TL-10	Φ/Β γεννήτρια	Φ/Β γεννήτρια 1	Φ/Β γεννήτρια 1
Ανεξάρτητες εισόδους:	2	Αρ. φ/β μονάδων (είσοδος):	22	15
Μέγ. ισχύς DC (cos φ = 0.99):	10.10 kW	Μέγιστη ισχύς (είσοδος):	5,28 kWp	3,60 kWp
Ελάχ. τάση DC:	150 V	Χαρακτηριστική φ/β τάση:	592 V	403 V
(Τάση δικτύου 230 V)		Ελάχ. φ/β τάση:	533 V	364 V
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V	Μέγ. φ/β τάση:	912 V	622 V
Μέγ. ρεύμα DC (A/B):	22/11 A	Μέγ. ρεύμα φ/β γεννήτρ.:	8,0 A	8,0 A
Μέγ. ρεύμα βραχυκύκλωσης (A/B):	33/12,5 A	Μέγ. φωτοβολταϊκό ρεύμα βραχυκύκλωσης:	8,5 A	8,5 A

Εικόνα 5.6: Προβολή της περιοχής εργασίας κατά την επιλογή του πεδίου [Φ/Β εγκατάσταση]

- **Καρτέλα « Φ/Β γεννήτρια 1 »**

Σε αυτή την περιοχή επιλέγεται ο κατασκευαστής των φωτοβολταϊκών μονάδων καθώς και η ποσότητα που χρειάζεται.

- **Καρτέλα «Στοιχειοσειρές» .**

Σε αυτή την περιοχή το Sunny Design προτείνει τον αριθμό των μετατροπών καθώς και το πόσα πάνελ θα πρέπει να συνδεθούν σε κάθε μετατροπέα για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος.

- **Καρτέλα «Επισκόπηση μετατροπών»**

Σε αυτή την περιοχή παρουσιάζεται μια επισκόπηση των δεδομένων των μετατροπών και η διάταξη στοιχειοσειράς των μετατροπών για την τμηματική εργασία που έχει επιλεγεί στην τοπολογία δέντρου της εργασίας.

- **Καρτέλα «Αξιολόγηση της σχεδίασης.»**

Σε αυτή την περιοχή το Sunny Design αξιολογεί τον σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Με βάση αυτή την αξιολόγηση ο χρήστης είναι σε θέση να αναγνωρίσει τα ενδεχόμενα προβλήματα στον σχεδιασμό και να προβεί στις κατάλληλες προσαρμογές.

5.9 Προβολή και διαχείριση φωτοβολταϊκών μονάδων

Στο Sunny Design το παράθυρο «Διαχείριση Φ/Β μονάδων» εμφανίζει, αποθηκεύει και επεξεργάζεται τις φωτοβολταϊκές μονάδες.

Διαχείριση φ/β μονάδων

Πληροφορίες για τη φωτοβολταϊκή μονάδα | Ιδιότητες φωτοβολταϊκές μονάδες | Αγαπημένα

Κατασκ.: Bosch Solar Energy
Φ/Β δομοσ.: M240 3BB
 Τεχνολογία κυψελών: mono
 Τρέχουσα φωτοβολταϊκή μονάδα:

Ηλεκτρικές ιδιότητες:		Συντελεστές θερμοκρασι...	
		%/°C	mV/°C
Όνομαστική ισχύς:	240,00 Wp	Τάση MPP:	---
Ανοχή ισχύος:	---	Τάση ανοιχτού κυκλώματος:	-0,3600 -132,5
Τάση MPP:	30,20 V		
Ρεύμα MPP:	7,95 A	% / °C	
Τάση ανοιχτού κυκλώματος:	36,80 V	Ρεύμα βραχυκύκλωσης:	0,0391 3,32
Ρεύμα βραχυκύκλωσης:	8,50 A		
Επιτρεπτή τάση συστήματος:	1000 V	Υποβάθμιση λόγω παλαιώσης:	
Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκής μονάδας (STC):	14,56 %	Ανοχή τάσης ανοιχτού κυκλώματος:	0,0
Συνιστώμενη γείωση:	Καμία γείωση	Ανοχή τάσης MPP:	0,0
			%
Μηχανικές ιδιότητες:		Ανοχή ρεύματος MPP:	0,00
Αριθμός κυψελών στη φωτοβολταϊκή μονάδα:	60	Ανοχή ρεύματος βραχυκύκλωσης:	0,00
Βάρος:	22,00 kg		
Μήκος:	1662 mm		
Πλάτος:	992 mm		

Πληροφορίες βάσης δεδομένων
 635 κατασκευαστές με συνολικά 16045 φωτοβολταϊκές μονάδες.
 Τελευταία ενημέρωση Online στις: 3/3/2012

Αλλαγή | Νέα φ/β μονάδα
 Αντιγραφή | Προτίμηση

* = Ορισμός από χρήστη

Κλείσιμο

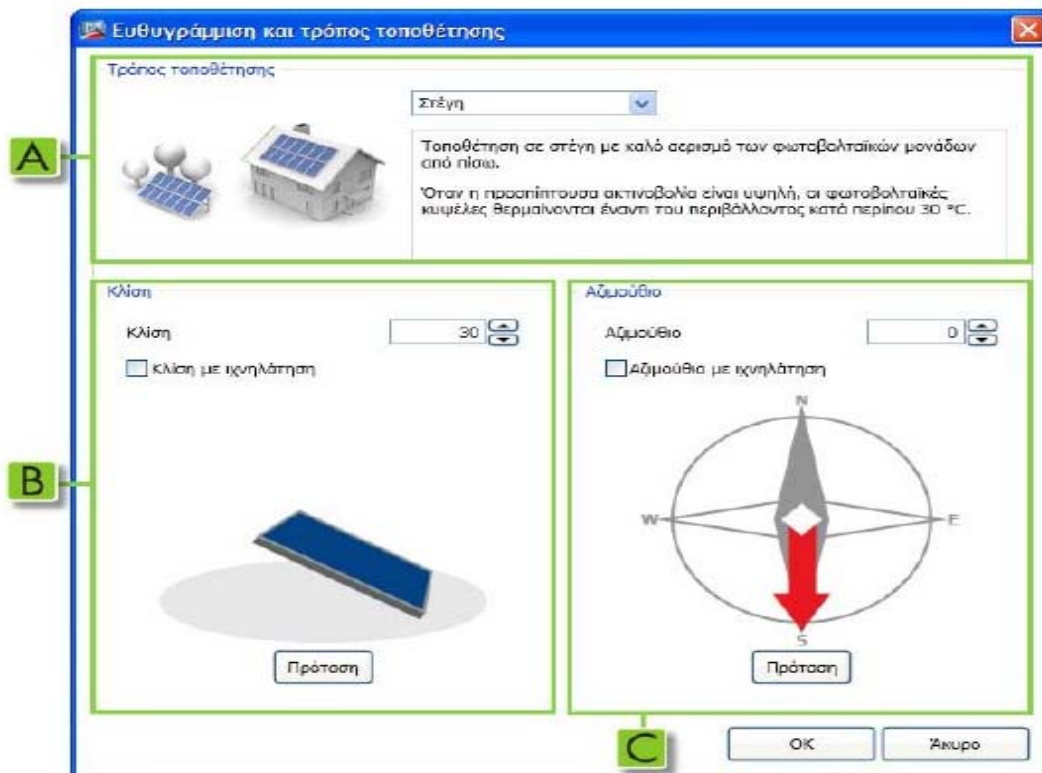
Εικόνα 5.7: Παράθυρο «Διαχείριση Φ/Β μονάδων»

Θέση	Επεξήγηση
A	<p>Αναζήτηση φωτοβολταϊκών μονάδων</p> <p>Εδώ ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει τις φωτοβολταϊκές μονάδες. Έχει τις ακόλουθες δυνατότητες.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Από τον κατάλογο κατασκευαστών φωτοβολταϊκών μονάδων να αναζητήσει την επιθυμητή φωτοβολταϊκή μονάδα με το όνομα κατασκευαστή ή ✓ Να εισάγει τα στοιχεία της επιθυμητής Φ/Β μονάδας στο πεδίο αναζήτησης
B	<p>Κατάλογος κατασκευαστών φωτοβολταϊκών μονάδων.</p> <p>Σε αυτόν τον κατάλογο περιλαμβάνονται οι κατασκευαστές των φωτοβολταϊκών μονάδων, οι οποίες είναι αποθηκευμένες στη βάση δεδομένων φωτοβολταϊκών μονάδων. Οι ιδιόκτητες φωτοβολταϊκές μονάδες χαρακτηρίζονται με το σύμβολο * ως ορισμοί από το χρήστη.</p>
C	<p>Καρτέλα «Πληροφορίες για τη φωτοβολταϊκή μονάδα»</p> <p>Εδώ παρουσιάζονται τα τεχνικά στοιχεία της επιλεγμένης φωτοβολταϊκής μονάδας.</p>
D	<p>Καρτέλα «Ιδιόκτητες φωτοβολταϊκές μονάδες»</p> <p>Εδώ ο χρήστης μπορεί να διαχειριστεί τις ιδιόκτητες φωτοβολταϊκές μονάδες. Υπάρχουν οι ακόλουθες δυνατότητες:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Τροποποίηση ιδιόκτητων φωτοβολταϊκών μονάδων ✓ Διαγραφή ιδιόκτητων φωτοβολταϊκών μονάδων
E	<p>Καρτέλα «Αγαπημένα»</p> <p>Εδώ μπορούν να διαχειριστούν οι φωτοβολταϊκές μονάδες ως επιλογές προτίμησης.</p>
F	<p>Δημιουργία ή τροποποίηση ιδιόκτητων φωτοβολταϊκών μονάδων.</p> <p>Εδώ μπορεί να δημιουργηθεί μια ιδιόκτητη φωτοβολταϊκή μονάδα στη βάση δεδομένων των φωτοβολταϊκών μονάδων</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Με το πλήκτρο [Νέα Φ/Β μονάδα] καθορίζεται εξ ολοκλήρου μια ιδιόκτητη φωτοβολταϊκή μονάδα. ✓ Με το πλήκτρο [Αντιγραφή] δημιουργείται μια ιδιόκτητη φωτοβολταϊκή μονάδα στα πλαίσια μιας υφιστάμενης φωτοβολταϊκής μονάδας. ✓ Με το πλήκτρο [Αλλαγή] τροποποιούνται οι ιδιόκτητες Φ/Β μονάδες. <p>Με το [Προτίμηση] προστίθεται απευθείας στον κατάλογο Αγαπημένα μια φωτοβολταϊκή μονάδα από τη βάση</p>

	δεδομένων των μονάδων
G	<p>Περιοχή «Πληροφορίες βάσης δεδομένων»</p> <p>Σε αυτή την περιοχή εμφανίζονται οι ακόλουθες πληροφορίες για την βάση δεδομένων των φωτοβολταϊκών μονάδων:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Αριθμητική ποσότητα των αποθηκευμένων κατασκευαστών και αριθμητική ποσότητα των αποθηκευμένων φωτοβολταϊκών μονάδων. ✓ Ημερομηνία τελευταίας ενημέρωσης της βάσης δεδομένων.

5.10 Ευθυγράμμιση και τρόπος τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας

Στο παράθυρο αυτό γίνεται η τροποποίηση της ευθυγράμμισης και του τρόπου τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών μονάδων της γεννήτριας. προστίθεται:



Εικόνα 5.8 Ευθυγράμμιση και τρόπος τοποθέτησης.

5.10.1 Τρόπος Τοποθέτησης.

Ανάλογα με τον επιλεγμένο τρόπο τοποθέτησης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας μπορεί να αυξηθεί η θερμοκρασία κυψέλης των φωτοβολταϊκών μονάδων σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Οι τρόποι τοποθέτησης είναι οι εξής:

- Ελεύθερη τοποθέτηση : Πολύ καλός αερισμός από πίσω.

Η θερμοκρασία κυψέλης αυξάνεται με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία κατά 20°C σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- Στέγη: Καλός αερισμός από πίσω.

Η θερμοκρασία κυψέλης αυξάνεται με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία κατά 30°C σε σχέση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- Πρόσοψη: Μέτριος αερισμός από πίσω.

Η θερμοκρασία κυψέλης αυξάνεται με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία κατά 40°C σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

- Ενσωμάτωση: Κακός αερισμός από πίσω.

Η θερμοκρασία κυψέλης αυξάνεται με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία κατά 40°C σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

5.10.2 Κλίση

Εδώ προσαρμόζεται η γωνία κλίσης της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Υπάρχουν οι ακόλουθες δυνατότητες:

- «Κλίση με ιχνηλάτηση»

Σε αυτή την περίπτωση η φωτοβολταϊκή γεννήτρια ιχνηλατεί τη θέση του ήλιου και προσαρμόζει τη γωνία κλίσης. Η ενεργοποίηση αυτού του πεδίου καθιστά ανενεργές όλες τις υπόλοιπες δυνατότητες ρύθμισης.

- «Πρόταση»

Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα θα προτείνει μια τιμή για την γωνία κλίσης.

- «Κλίση»

Ο χρήστης μπορεί να δώσει δική του γωνία κλίσης. Επιλέγοντας τα πλήκτρα των βελών.

5.10.3 Αζιμούθιο

Εδώ προσαρμόζεται το αζιμούθιο της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

Υπάρχουν οι ακόλουθες δυνατότητες:

- «Αζιμούθιο με ιχνηλάτηση»

Σε αυτή την περίπτωση, η φωτοβολταϊκή γεννήτρια ιχνηλατεί τη θέση του ήλιου και προσαρμόζει τη γωνία αζιμούθιου. Η ενεργοποίηση αυτού του πεδίου επιλογής καθιστά ανενεργές όλες τις υπόλοιπες δυνατότητες ρύθμισης στην περιοχή «Αζιμούθιο».

- «Πρόταση».

Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα θα προτείνει μια τιμή για το αζιμούθιο.

- «Αζιμούθιο»

Ο χρήστης μπορεί να δώσει δικό του αζιμούθιο. Επιλέγοντας τα πλήκτρα των βελών.

5.11 Επεξήγηση για την περιοχή «Επισκόπηση μετατροπών»


Επισκόπηση μετατροπών				
	Φ/Β γεννήτρια 1 333 / 333	Μέγιστη ισχύς	Λόγος ονομ. ισχύος	Συντ.ενεργ. χρήσης
✓ 9 x STP 10000TL-10	1 x 22 (A) 1 x 15 (B)	79,92 kWp	114 %	100 %

Εικόνα 5.9: Προβολή της περιοχής «Επισκόπηση μετατροπών»



Εδώ παρουσιάζονται οι επιμέρους μετατροπείς της εργασίας. Ο συνδυασμός των μετατροπέων με την εκάστοτε φωτοβολταϊκή γεννήτρια χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες πληροφορίες κατάστασης.

Υπάρχει συμβατότητα μεταξύ φωτοβολταϊκής γεννήτριας και τύπου μετατροπέα ή υπάρχει μόνο υπό προϋποθέσεις.


 Κίνδυνος απώλειας απόδοσης – ελέγξτε τη διαμόρφωση και προσαρμόστε την εάν χρειαστεί.



Εγκατάσταση σε κίνδυνο – ελέγξτε τη διαμόρφωση και προσαρμόστε την.

Αυτή η περιοχή περιγράφει κάθε Φ/Β γεννήτρια με δύο αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός αφορά στην αριθμητική ποσότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων, οι οποίες συνδέονται με ένα μετατροπέα. Ο δεύτερος αριθμός αναφέρεται στην αριθμητική ποσότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων, οι οποίες έχουν επιλεγεί από τον χρήστη στην περιοχή Φ/Β γεννήτρια 1. Οι αριθμοί παρουσιάζονται με χρώμα:

- **Πράσινο** : Όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες της φωτοβολταϊκής γεννήτριας συνδέονται με ένα μετατροπέα.
- **Μαύρο**: Δεν συνδέονται όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με το μετατροπέα. Υπάρχουν δύο δυνατότητες για να διατηρηθεί αυτός ο συνδυασμός.
 - ✓ Προσαρμογή του μεγέθους της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και μείωση της αριθμητικής ποσότητα των φωτοβολταϊκών μονάδων.
 - ✓ Σύνδεση των φωτοβολταϊκών μονάδων που έχουν απομείνει με έναν άλλο μετατροπέα από τον κατάλογο των προτάσεων σχεδιασμού

- 
Κόκκινο: Απαιτούνται περισσότερες μονάδες απ' όσες είναι διαθέσιμες στη φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

Υπάρχουν δύο δυνατότητες για να διατηρηθεί αυτός ο συνδυασμός.

- ✓ Προσαρμογή του μεγέθους της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και αύξηση της αριθμητικής ποσότητας των φωτοβολταϊκών μονάδων.
- ✓ Σύνδεση των φωτοβολταϊκών μονάδων που έχουν απομείνει με έναν άλλο μετατροπέα από τον κατάλογο των προτάσεων σχεδιασμού

5.12 Επεξήγηση της περιοχής για την αξιολόγηση της σχεδίασης

Φ/Β ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΜΒΑΤΟΣ		Είσοδος Α	Είσοδος Β
Διαμόρφωση			
Μετατροπέας:	STP 10000TL-10	Φ/Β γεννήτρια 1	Φ/Β γεννήτρια 1
Ανεξάρτητες εισοδοί:	2	22	15
Μέγ. ισχύς DC ($\cos \varphi = 0,99$):	10,10 kW	5,28 kWp	3,60 kWp
Ελάχ. τάση DC:	150 V	592 V ✓	403 V ✓
(Τάση δικτύου 230 V)		533 V ✓	364 V ✓
Μέγ. τάση DC (φωτοβολταϊκό (Φ/Β)):	1000 V	912 V ✓	622 V ✓
Μέγ. ρεύμα DC (A/B):	22/11 A	8,0 A ✓	8,0 A ✓
Μέγ. ρεύμα βραχυκύκλωσης (A/B):	33/12,5 A	8,5 A ✓	8,5 A ✓

Εικόνα 5.10: Προβολή της περιοχής για την αξιολόγηση της σχεδίασης.

Στην καρτέλα αυτή φαίνεται η κατάσταση των πραγματικών τιμών του μετατροπέα που σχετίζονται με το σχεδιασμό. Η αξιολόγηση προβάλλεται σε μορφή κατάστασης.

Λεπτομερείς πληροφορίες για την κατάσταση και ενδεχόμενες δυνατότητες επίλυσης εμφανίζονται στην περιοχή πληροφοριών της περιοχής «Βοήθεια»

Κατάσταση «οκ»

Υπάρχει συμβατότητα μεταξύ μετατροπέα και φωτοβολταϊκής γεννήτριας ή υπάρχει υπό προϋποθέσεις. Δεν χρειάζεται τροποποίηση.



Κατάσταση «Σφάλμα»

Σε αυτό τον συνδυασμό, ο μετατροπέας υπερβαίνει κρίσιμες οριακές τιμές. Απαιτείται ένας άλλος μετατροπέας ή τροποποίηση στη διαμόρφωση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας.

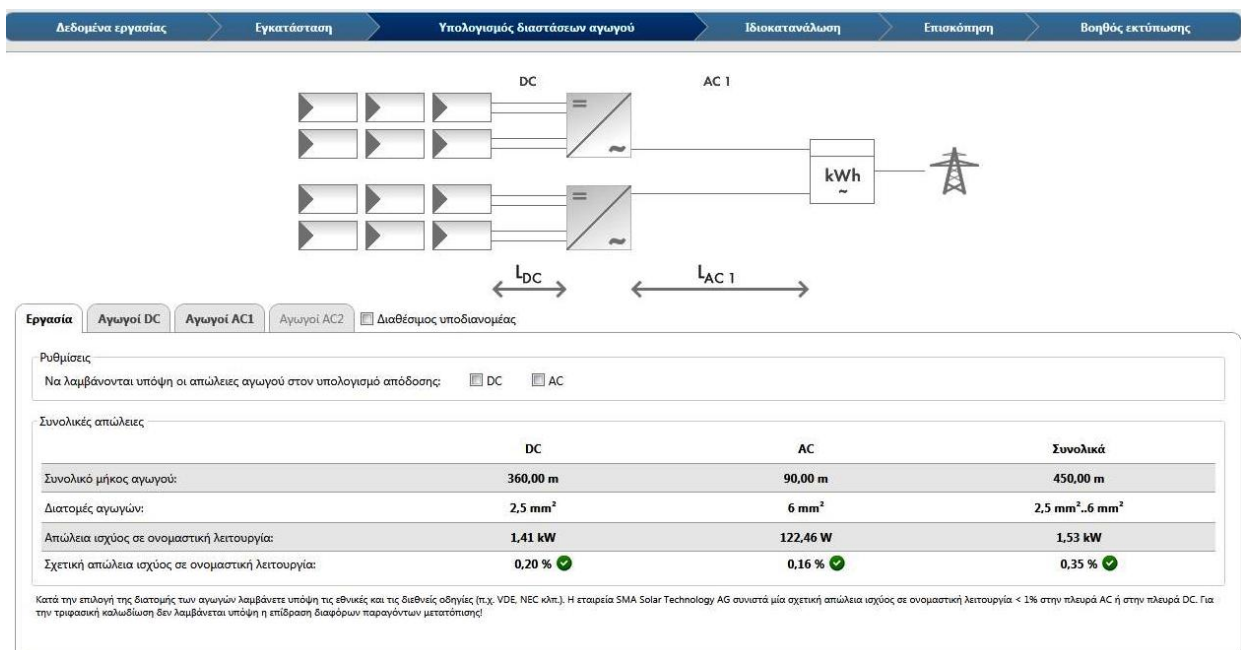


Κατάσταση «Προειδοποίηση»

Σε αυτό το συνδυασμό προκύπτει υπερδιαστασιολόγηση ή υποδιαστασιολόγηση του μετατροπέα για την φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

Κίνδυνος απώλειας απόδοσης.

5.13 Υπολογισμός διαστασιολόγησης αγωγών



Εικόνα 5.11: Προβολή της περιοχής εργασίας κατά την επιλογή του πεδίου [διαστασιολόγηση αγωγών]

Γράφημα για την κατανομή των αγωγών.

Το γράφημα απεικονίζει τα σημεία τοποθέτησης των αγωγών DC και των αγωγών AC1 στην προγραμματισμένη εγκατάσταση και κατά τη σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο:

Αν υπάρχει υποδιανομέας, παριστάνονται επιπροσθέτως οι αγωγοί AC2:

- Το «L_{DC}» αναφέρεται στο απλό μήκος ενός αγωγού από τον μετατροπέα μέχρι την πρώτη φωτοβολταϊκή μονάδα της στοιχειοσειράς.
- Το «L_{AC1}» αναφέρεται στους αγωγούς από τον μετατροπέα μέχρι έναν ενδεχόμενο υποδιανομέα.

- Το «L_{AC2}» αναφέρεται στους αγωγούς από έναν ενδεχόμενο υποδιανομέα μέχρι το σημείο τροφοδοσίας.

Καρτέλες

Ανάλογα με το σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ο χρήστης επιλέγει τις ακόλουθες καρτέλες:

- Καρτέλα «Εργασία»
- Καρτέλα «Αγωγοί DC»
- Καρτέλα «Αγωγοί AC1»
- Καρτέλα «Αγωγοί AC2»

5.13.1 Καρτέλα «Εργασία»

Συνολικές απώλειες	DC	AC	Συνολικά
Συνολικό μήκος αγωγού:	360,00 m	90,00 m	450,00 m
Διατομές αγωγών:	2,5 mm ²	6 mm ²	2,5 mm ² , 6 mm ²
Απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	1,41 kW	122,46 W	1,53 kW
Σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία:	0,20 % ✓	0,16 % ✓	0,35 % ✓

Κατά την επιλογή της διατομής των αγωγών λαμβάνεται υπόψη τις εθνικές και τις διεθνείς οδηγίες (π.χ. VDE, NEC κλπ.). Η εταιρεία SMA Solar Technology AG συνιστά μία σχετική απώλεια ισχύος σε ονομαστική λειτουργία < 1% στην πλευρά AC ή στην πλευρά DC. Για την τριφασική καλωδίωση δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση διαφόρων παραγόντων μετατόπισης!

Εικόνα 5.12: Καρτέλα «Εργασία»

- **Περιοχή «Ρυθμίσεις»**

Εδώ επιλέγεται αν θα συνυπολογίζονται οι απώλειες αγωγών DC και /ή AC κατά την πρόγνωση της απόδοσης. Οι απώλειες αγωγών μειώνουν την αναμενόμενη απόδοση της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Εάν υπάρχει υποδιανομέας για τον οποίο πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι απώλειες αγωγών, πρέπει να ενεργοποιηθεί επιπλέον το πεδίο επιλογής «Διαθέσιμος υποδιανομέας».

- **Περιοχή «Συνολικές απώλειες»**

Εδώ υπολογίζονται αυτόματα και προβάλλονται οι συνολικές απώλειες της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με βάση τις ρυθμίσεις σας στις καρτέλες «Αγωγοί DC», «Αγωγοί AC1» και «Αγωγοί AC2». Επιπλέον προβάλλεται η επιλεγμένη διαστασιολόγηση των αγωγών DC και AC.

5.14 Ιδιοκατανάλωση



Εικόνα 5.13: Προβολή της περιοχής εργασίας κατά την επιλογή του πεδίου [Ιδιοκατανάλωση]

- **Καρτέλα «Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης»**

Εδώ μπορούν να δοθούν στοιχεία σχετικά με μία πιθανή ιδιοκατανάλωση. Η ιδιοκατανάλωση αποτελεί το ποσοστό της παραγόμενης από τη φωτοβολταϊκή εγκατάστασή ενέργειας που καταναλώνει ο χρήστης.

- **Καρτέλα «Αποτέλεσμα»**

Στην περιοχή αυτή προσδιορίζεται αριθμητικά και παριστάνεται γραφικά η δυνητική ιδιοκατανάλωση του χρήστη βάσει των στοιχείων που έχει δώσει στην περιοχή «Στοιχεία ιδιοκατανάλωσης»

5.15 Επισκόπηση αποτελεσμάτων

Αποτελέσματα									
	Μη αντισταθμισμένο φορτίο	Φάσεις			Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση)	Αριθμός μετατροπών	Αποδοτικότητα μετατροπεία	Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση)
		L1	L2	L3					
✓ 80 kw ΠΑΡΚΟ	0,00 kVA	30,00 kW	30,00 kW	30,00 kW	119,28 MWh	1493 kWh/kWp	9	97,2 %	84,7 %
✓ Τμηματική εργασία 1	0,00 kVA	30,00 kW	30,00 kW	30,00 kW	119,28 MWh	1493 kWh/kWp	9	97,2 %	84,7 %
✓ 9 x STP 10000TL-10	0,00 kVA	9			119,28 MWh	1493 kWh/kWp	9	97,2 %	84,7 %

Εικόνα 5.14: Προβολή της περιοχής εργασίας κατά την επιλογή του πεδίου [Επισκόπηση αποτελεσμάτων]

- **Καρτέλα «Όνομα εργασίας»**

Εδώ παρατίθενται τα επιμέρους στοιχεία της εργασίας:

- ✓ Όνομα εργασίας.
- ✓ Όνομα της τμηματικής εργασίας
- ✓ Τύπος των μετατροπών και αριθμητική ποσότητα των μετατροπών στην τμηματική εργασία.

- **Καρτέλα «Επισκόπηση αποτελεσμάτων»**

Εδώ παρουσιάζονται σε στήλες οι τιμές αποτελεσμάτων για το σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Μέσω του πεδίου [Επιλογή στηλών] μπορούν να προστεθούν περαιτέρω στήλες με τιμές αποτελεσμάτων.

- ✓ Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση).
- ✓ Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση).
- ✓ Αποδοτικότητα μετατροπεία
- ✓ Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση).
- ✓ Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων
- ✓ Μέγιστη ισχύς
- ✓ Ονομαστική ισχύς AC

- ✓ Συντελεστής μετατόπισης $\cos\phi$
- ✓ Συντ. ενεργ. χρήσης
- ✓ Αριθμός μετατροπών
- ✓ Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας)
- ✓ Μη αντισταθμισμένο φορτίο
- ✓ Φάσεις

Η στήλη «Μη αντισταθμισμένο φορτίο» προβάλλεται μόνο όταν έχει επιλεγεί ένας τριφασικός μετατροπέας, όπως ο Sunny Tripower ή ο Sunny Central, για τη σχεδίαση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ή αν έχει επιλεγεί τριφασική σχεδίαση για μονοφασικούς μετατροπείς στην τμηματική εργασία.

5.16 Αυτόματες προτάσεις μετατροπών.

Το παράθυρο αυτό προσφέρει τη δυνατότητα αυτόματων προτάσεων για τους μετατροπείς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ήδη διαμορφωμένη φωτοβολταϊκή γεννήτρια.

Αριθμός των φωτοβολτ...	330	332	333	335	336	338	340	341	342	343	344
Μέγιστη ισχύς	79,2	79,7	79,9	80,4	80,6	81,1	81,6	81,8	82,1	82,3	82,6
STP 17000TL-10	5 110%	4 87%		5 108%	4 86%		4 85%				4 84%
STP 15000TL-10	5 97%	4 77%		5 95%	4 76%		5 94%		6 112%		
STP 12000TL-10	5 77%			5 76%	7 106%				6 90%	7 104%	8 119%
SMC 11000TL					8 113%						
SMC 11000TLRP					8 113%						
STP 10000TL-10	6 77%		9 115%		8 101%				9 112%	7 87%	8 99%
SMC 10000TL					8 103%						
SMC 10000TLRP					8 103%						
SMC 9000TL					8 92%						
SMC 9000TLRP					8 92%						

Εικόνα 5.15: Προτάσεις σχεδιασμού

Ανάλογα με την σχεδίαση, το Sunny Design προτείνει συμβατούς με τη Φ/Β γεννήτρια μετατροπείς για την εργασία. Γι' αυτό τον σκοπό δημιουργείται μια καρτέλα με προτάσεις για κάθε φωτοβολταϊκή γεννήτρια στην τμηματική εργασία.

Πάνω από τον κατάλογο εμφανίζεται ο απαιτούμενος αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων και η πιθανή μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών μονάδων.

Πράσινο: Όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες της φωτοβολταϊκής γεννήτριας συνδέονται με το μετατροπέα.

Μαύρο: Δεν συνδέονται όλες οι φωτοβολταϊκές μονάδες της φωτοβολταϊκής γεννήτριας με τον μετατροπέα. Για να διατηρηθεί ο συνδυασμός αυτός υπάρχουν δύο δυνατότητες:

- ✓ Μείωση του πλήθους των φωτοβολταϊκών μονάδων στη Φ/Β γεννήτρια, ώστε να μπορούν να συνδεθούν όλες οι μονάδες με τον επιλεγμένο μετατροπέα.
- ✓ Για τις Φ/Β μονάδες που απομένουν επιλογή ενός επιπλέον μετατροπέα.

Κόκκινο: Γι' αυτό το συνδυασμό απαιτούνται περισσότερες μονάδες απ' όσες είναι διαθέσιμες στη Φ/Β γεννήτρια. Για να διατηρηθεί ο συνδυασμός αυτός υπάρχουν δύο δυνατότητες:

- ✓ Αύξηση του πλήθους των φωτοβολταϊκών μονάδων στη Φ/Β γεννήτρια ώστε να υφίστανται αρκετές μονάδες, ικανές προς σύνδεση με τον επιλεγμένο μετατροπέα.
- ✓ Επιλογή μετατροπέα κατάλληλου για το πλήθος των Φ/Β μονάδων.

Στην αριστερή στήλη εμφανίζονται οι πιθανοί συμβατοί μετατροπείς για κάθε αριθμητική ποσότητα φωτοβολταϊκών μονάδων και για κάθε μέγιστη ισχύ φωτοβολταϊκών μονάδων.

Στην κεντρική περιοχή του καταλόγου προτάσεων εμφανίζεται ο εκάστοτε απαιτούμενος αριθμός μετατροπέων και ο λόγος ονομαστικής ισχύος σε % και επισημαίνεται με χρώμα.

Πράσινο: Ο πλέον ενδεδειγμένος συνδυασμός φωτοβολταϊκής γεννήτριας και μετατροπέα για τον δεδομένο αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων. Αυτός ο συνδυασμός προσφέρει τη μέγιστη δυνατή αναμενόμενη απόδοση.

Ανοιχτό πράσινο: Υπάρχει συμβατότητα μεταξύ μετατροπέα και φωτοβολταϊκής γεννήτριας αλλά η αναμενόμενη απόδοση είναι μικρότερη.

Γκρι: Συνδυασμός Φ/Β γεννήτριας και μετατροπέων, με τον οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη αναμενόμενη απόδοση για το δεδομένο αριθμό φωτοβολταϊκών μονάδων. Ωστόσο, για τις φωτοβολταϊκές μονάδες απαιτείται γείωση και/ ή δεν τηρείται το όριο μη αντισταθμισμένου φορτίου.

Ανοιχτό γκρι: Συνδυασμός φωτοβολταϊκής γεννήτριας και μετατροπέων, με τον οποίο η αναμενόμενη απόδοση είναι μικρότερη. Για τις φωτοβολταϊκές μονάδες απαιτείται γείωση και /ή δεν τηρείται το όριο μη αντισταθμισμένου φορτίου.

5.17 Εμφάνιση και έλεγχος των τιμών αποτελεσμάτων της εργασίας

Εδώ ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τις τιμές των αποτελεσμάτων και να εκτελέσει αν χρειαστεί τις απαραίτητες προσαρμογές κατά το σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.

Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εκτυπώσει και να αποθηκεύσει ως έγγραφο PDF τα αποτελέσματα της εργασίας του.

5.18 Σύνοψη της λειτουργίας του προγράμματος

Συνοπτικά το Sunny Design παρέχει στον χρήστη τις παρακάτω δυνατότητες,

1. Να ορίζει την τοποθεσία της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε επίπεδο πόλης.
2. Να ελέγχει τον συντελεστή μείωσης της απόδοσης προσθέτοντας αρχεία θερμοκρασίας.
3. Όσον αφορά την Φ/Β κυψέλη ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προσθέσει ή να αναζητήσει την επιθυμητή Φ/Β μονάδα από τον κατάλογο κατασκευαστών Φ/Β μονάδων που διαθέτει το πρόγραμμα, καθώς και να την διαχειριστεί τροποποιώντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά της ή ακόμα και διαγράφοντας την από τον κατάλογο των κατασκευαστών του προγράμματος.
4. Να επιλέγει τη γωνία κλίσης τόσο ως προς το οριζόντιο επίπεδο, είτε τη βέλτιστη είτε την επιθυμητή για το χρήστη, αλλά και για το αζιμούθιο
5. Δυνατότητα προσομοίωσης ιχνηλάτησης του ήλιου ως προς το αζιμούθιο
6. Να ορίζει την ισχύ του μετατροπέα που θα χρησιμοποιήσει
7. Να ορίζει για το αν η απόδοση του μετατροπέα θα είναι σταθερή ή μεταβλητή
8. Να επιλέγει το μοντέλο του μετατροπέα που θέλει να χρησιμοποιήσει.
9. Να ορίζει αν θα είναι τριφασικός ή μονοφασικός
10. Να επιλέγει τον αριθμό των απαιτούμενων μετατροπέων ανάλογα με την επιθυμητή ισχύ.
11. Να προτείνει τον αριθμό των στοιχειοσειρών που πρέπει να τοποθετηθούν οι Φ/Β μονάδες ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση του μετατροπέα.
12. Να ενημερώνει για υπέρβαση της τάσης ανοιχτού κυκλώματος και ρεύματος βραχυκύκλωσης
13. Να δίνει την δυνατότητα με δοκιμές ο χρήστης να επιλέξει την καλύτερη δυνατή διατομή των DC και AC καλωδίων.
14. Και τέλος να τυπώνει και να αποθηκεύει ως έγγραφο PDF τις τιμές των αποτελεσμάτων για το σχεδιασμό της προγραμματισμένης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, που είναι:
 - ✓ Ετήσια ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση).
 - ✓ Ειδ. ενεργειακή απόδοση (κατά προσέγγιση).
 - ✓ Αποδοτικότητα μετατροπέα
 - ✓ Ποσοστό απόδοσης (κατά προσέγγιση).
 - ✓ Συνολικός αριθμός φωτοβολταϊκών μονάδων
 - ✓ Μέγιστη ισχύς

- ✓ Ονομαστική ισχύς AC
- ✓ Συντελεστής μετατόπισης $\cos\phi$
- ✓ Συντ. ενεργ. χρήσης
- ✓ Αριθμός μετατροπών
- ✓ Απώλειες ισχύος (σε % της φωτοβολταϊκής ενέργειας)
- ✓ Μη αντισταθμισμένο φορτίο
- ✓ Ισχύ των 3 φάσεων του δικτύου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Το λογισμικό HOMER

6.1 Γενική Περιγραφή του λογισμικού *Homer*

Το λογισμικό βελτιστοποίησης συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας *Homer* από το Εθνικό εργαστήριο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας των ΗΠΑ, για να βοηθήσει στο σχεδιασμό συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας και να διευκολύνει την σύγκριση των τεχνολογιών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ενός μεγάλου εύρους εφαρμογών. Το *Homer* μοντελοποιεί την φυσική συμπεριφορά ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και το κόστος του κύκλου ζωής του, το οποίο είναι το συνολικό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του. Το *Homer* επιτρέπει στο χρήστη να συγκρίνει πολλές διαφορετικές επιλογές σχεδιασμού στην τεχνική τους και οικονομική τους υπόσταση. Επιπλέον βοηθά στην κατανομή των συστημάτων αυτών και ποσοτικοποιεί τις επιδράσεις της αβεβαιότητας ή των αλλαγών στις μεταβλητές εισόδου. Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας μικρής κλίμακας, παράγει ηλεκτρική ενέργεια και πιθανών θερμότητα για να εξυπηρετήσει ένα φορτίο που βρίσκεται πλησίον αυτού. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να περιλαμβάνει οποιονδήποτε συνδυασμό συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να είναι διασυνδεδεμένο με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας ή αυτόνομο. Το *Homer* μπορεί να μοντελοποιήσει οποιαδήποτε από τα παραπάνω συστήματα που μπορούν να αποτελούνται από:

- φωτοβολταϊκά πλαίσια,
- ανεμογεννήτριες,
- μικρά υδροηλεκτρικά έργα,
- γεννήτριες βιομάζας,
- παλινδρομικούς κινητήρες,
- μικρογεννήτριες κυψέλες καυσίμου,
- μπαταρίες και
- αποθήκευση υδρογόνου.

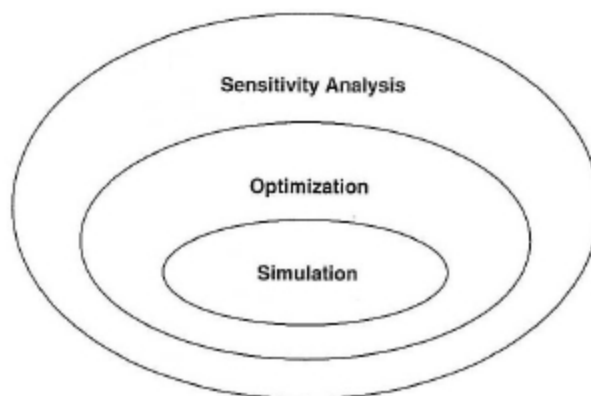
Σε σχέση με άλλα λογισμικά που υπάρχουν στην αγορά και χρησιμοποιούν την ανάλυση χρονοσειρών για την λειτουργία τους το HOMER είναι πιο απλό στη λειτουργία του και πιο λεπτομερές στην παραγωγή των αποτελεσμάτων του και δίνει περισσότερες δυνατότητες ανάλυσης των εξεταζόμενων συστημάτων.

6.2 Βασικές Εργασίες του *Homer*

Το *Homer* εκτελεί 3 βασικές εργασίες που είναι οι ακόλουθες:

- Προσομοίωση
- Βελτιστοποίηση
- Ανάλυση ευαισθησίας

Κατά την διαδικασία της προσομοίωσης το *Homer* μοντελοποιεί την λειτουργία ενός συστήματος χρησιμοποιώντας όλους τους ενεργειακούς υπολογισμούς που έχουν γίνει για κάθε μια από τις 8.760 ώρες ενός έτους. Για κάθε ώρα, το *Homer* συγκρίνει την ωριαία ζήτηση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας με την αντίστοιχη ωριαία παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Το *Homer* υπολογίζει τη διαθέσιμη ισχύ από ανανεώσιμες πηγές τις συγκρίνει με το ηλεκτρικό φορτίο και αποφασίζει πως θα γίνει η διαχείριση της πλεονάζουσας ενέργειας ή πως θα πραγματοποιηθεί η καλύτερη παραγωγή της. Επιπλέον καθορίζει αν το προτεινόμενο σύστημα ικανοποιεί τους περιορισμούς που τίθενται από τον χρήστη σε όρους συνολικής απαίτησης ηλεκτρικής ενέργειας, παραγόμενης ισχύος από ανανεώσιμες πηγές ή απώλειες συγκεκριμένων ρύπων. Για τα συστήματα που περιλαμβάνουν μπαταρίες ή γεννήτριες το *Homer* αποφασίζει επίσης για κάθε ώρα του έτους πως θα ενεργοποιηθούν οι γεννήτριες ή πως θα φορτιστούν και θα εκφορτιστούν οι μπαταρίες. Το *Homer* εκτελεί αυτούς τους υπολογισμούς ενεργειακής ισορροπίας για κάθε συνδυασμό συστημάτων. Έπειτα καθορίζει εάν ένας συνδυασμός είναι εφικτός, δηλαδή εάν μπορεί να ικανοποιήσει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και εφόσον μπορεί τότε, υπολογίζει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος αυτού, καθ' όλη την διάρκεια ζωής του. Επίσης το *Homer* υπολογίζει τις απαιτούμενες ποσότητες για τον προσδιορισμό του κύκλου ζωής του συστήματος, την ετήσια κατανάλωση καυσίμου και την ποσότητα ενέργειας που αγοράζεται από το δίκτυο σε ετήσια βάση.



Εικόνα 6.1: Θεμελιώδης σχέση μεταξύ προσομοίωσης, βελτιστοποίησης και ανάλυσης ευαισθησίας.

Μετά την διαδικασία προσομοίωσης όλων των πιθανών συνδυασμών των συστημάτων ενέργειας, ακολουθεί η διαδικασία της βελτιστοποίησης κατά την οποία το *Homer* επιδεικνύει έναν κατάλογο συνδυασμών που ταξινομούνται σύμφωνα με το καθαρό παρόν κόστος, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνει σύγκριση

των επιλογών που έχουν γίνει προκειμένου να υιοθετηθεί το κατάλληλο σύστημα ενέργειας. Πρέπει να αναφερθεί ότι η ταξινόμηση των συστημάτων ενέργειας είναι πλήρης, δηλαδή έχουν εξεταστεί και αποτυπωθεί όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί εφικτών συστημάτων. Για το *Homer* το βέλτιστο σύστημα είναι αυτό που ικανοποιεί τους περιορισμούς που τίθενται από το χρήστη και αποδίδει το μικρότερο συνολικό καθαρό κόστος αξίας (*total net present cost*) που περιλαμβάνει όλες τις δαπάνες και τα έσοδα που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του έργου και την προεξόφληση των μελλοντικών ταμειακών ροών. Η εξεύρεση του βέλτιστου συστήματος μπορεί να αφορά στην απόφαση του συνδυασμού των επιμέρων στοιχείων του συστήματος, το μέγεθος ή την ποσότητα του κάθε στοιχείου που απαρτίζει το σύστημα. Στόχος της βελτιστοποίησης είναι ο καθορισμός της βέλτιστης τιμής κάθε μεταβλητής απόφασης που τίθεται από το χρήστη. Ως μεταβλητές απόφασης σε ένα σύστημα φωτοβολταϊκών για παράδειγμα μπορεί να είναι το μέγεθος των φωτοβολταϊκών.

Η διαδικασία της ανάλυσης ευαισθησίας, λαμβάνει χώρα, όταν οριστούν μεταβλητές ευαισθησίας, ως δεδομένα εισόδου, οπότε το *Homer* επαναλαμβάνει τη διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε μεταβλητή ευαισθησίας που εισάγεται. Μέσω της ανάλυσης ευαισθησίας δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να έχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς επηρεάζεται το σύστημα που εξετάζει κάτω από διαφορετικά δεδομένα. Είναι χαρακτηριστικό πως οποιαδήποτε μεταβλητή που χρησιμοποιείται στο λογισμικό και δεν είναι μεταβλητή απόφασης μπορεί να είναι μεταβλητή ευαισθησίας. Παραδείγματα μεταβλητών ευαισθησίας στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών αποτελούν η τιμή της ισχύος του δικτύου ή ο χρόνος ζωής των φωτοβολταϊκών. Επιπλέον η ανάλυση ευαισθησίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν ο χρήστης δεν είναι βέβαιος για την τιμή μιας μεταβλητής.

Το *HOMER* αντιμετωπίζει κάθε μεταβλητή ευαισθησίας σαν μια ξεχωριστή υπόθεση εφαρμογής συστήματος και πραγματοποιεί την ανάλυση για κάθε μία από αυτές. Η κύρια χρησιμότητα της ανάλυσης ευαισθησίας εντοπίζεται όταν ο χρήστης είναι αβέβαιος για την τιμή που θέτει για μια μεταβλητή. Η ανάλυση της ευαισθησίας του δίνει τη δυνατότητα να θέσει ένα εύρος τιμών για τη συγκεκριμένη μεταβλητή και να εξετάσει την επίδρασή της πάνω στο σύστημα. Το μεγάλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου λογισμικού είναι πως μπορεί να πραγματοποιήσει αναλύσεις ευαισθησίας σε δεδομένα που αλλάζουν με την ώρα όπως για παράδειγμα είναι στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών η ηλιακή ακτινοβολία.

6.3 Συστατικά του Λογισμικού

Ένα συστατικό είναι ένας μηχανισμός που είναι τμήμα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Εάν προστεθεί ένα συστατικό το οποίο απαιτεί πληροφορίες σχετικές με τους πόρους του, προστίθενται στην κατηγορία των πόρων.

Το λογισμικό *Homer* διαμορφώνει 10 τύπους συστατικών και συνδυασμούς τους:

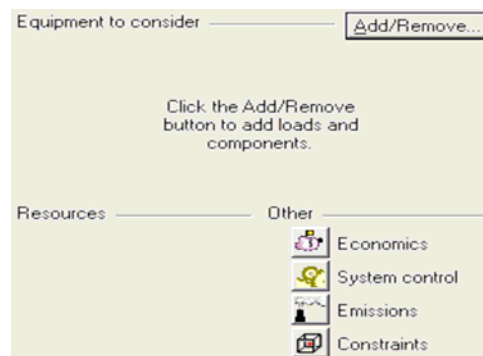
- ✓ Ανεμογεννήτριες
- ✓ Υδροηλεκτρικά
- ✓ Φωτοβολταικά
- ✓ Μετατροπέας
- ✓ Μονάδα ηλεκτρόλυσης
- ✓ Μπαταρία
- ✓ Δεξαμενή υδρογόνου
- ✓ Υβριδικό ηλεκτρικό όχημα
- ✓ Γεννήτρια

6.4 Δημιουργία ενός νέου αρχείου *Homer*

Ένα αρχείο *Homer* περιέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τις επιλογές τεχνολογίας, την συνιστώσα κόστους και τη διαθεσιμότητα των πόρων που απαιτούνται για να αναλύσει τα σχέδια του συστήματος. Το αρχείο *Homer* περιέχει επίσης τα αποτελέσματα των υπολογισμών, κάθε *Homer* κάνει στο πλαίσιο της βελτιστοποίησης των διαδικασιών και ανάλυση ευαισθησίας. Τα Ονόματα των αρχείων *Homer* έχουν καταλήξει *HMR*, για παράδειγμα: *WindVsDiesel.hmr*.

Όταν ξεκινάει το *Homer*, ψάχνει για το πιο πρόσφατα αποθηκευμένο αρχείο και το ανοίγει. Αν δεν μπορεί να βρει το αρχείο, εμφανίζει ένα κενό παράθυρο.


Κάνοντας κλικ στο νέο αρχείο, ή επιλέγοντας Αρχείο από το μενού για την δημιουργία ενός νέου αρχείου *Homer*. Το *Homer* εμφανίζει ένα κενό *Schematic* στο κύριο παράθυρο.

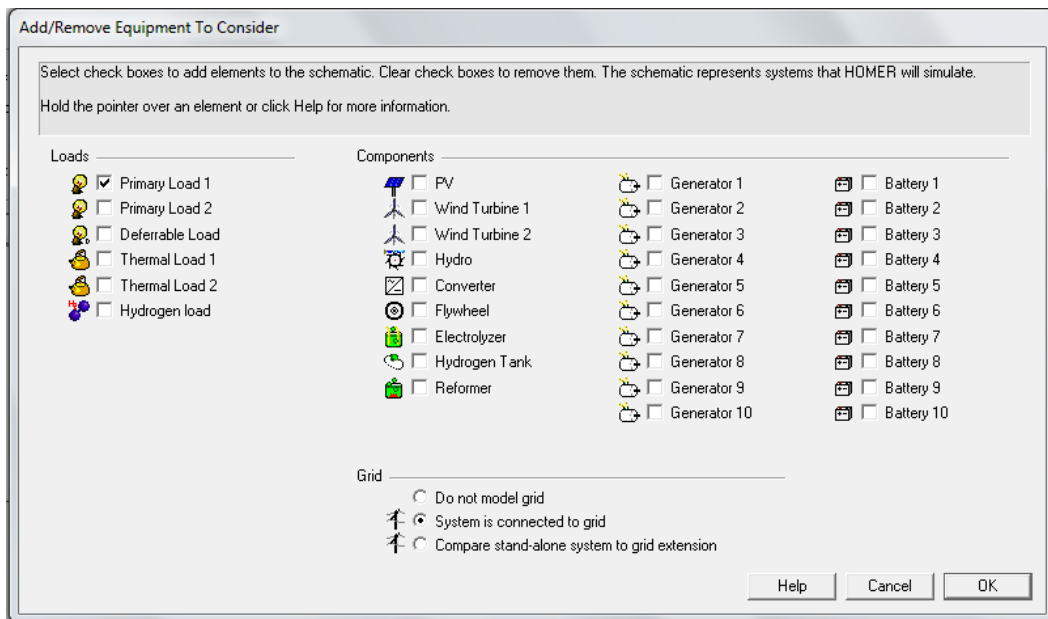


Εικόνα 6.2: Κενό *Schematic* για την προσθήκη Παραμέτρων

6.5 Επεξεργασία του Schematic

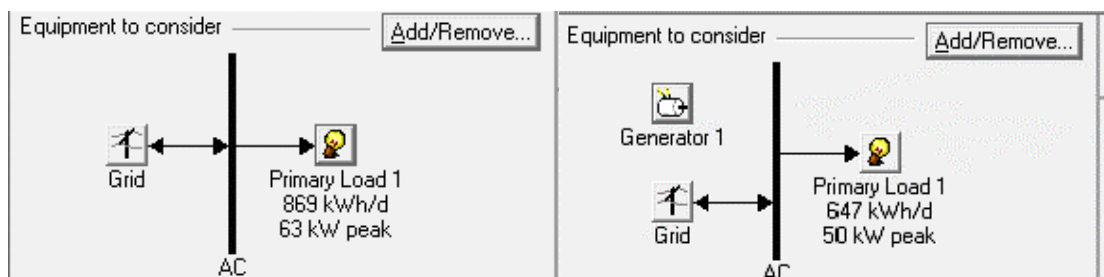
Το *Homer* συγκρίνει πολλαπλές επιλογές τεχνολογίας για το σχεδιασμό του συστήματος εξουσίας. Το *Schematic* αντιπροσωπεύει όλες τις επιλογές τεχνολογίας που θέλει ο χρήστης να εξετάσει το *Homer*. Θα οικοδομηθεί το *Schematic* ώστε να δώσει πληροφορίες στο *Homer* σχετικά με τα στοιχεία, για να εξετάσει και να απαντήσει στην ερώτησή του χρήστη.

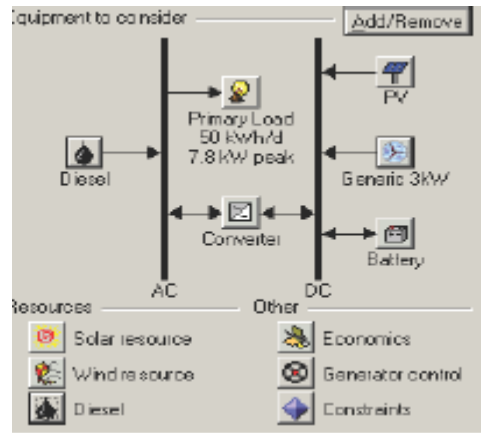
1. Κάνοντας κλικ στο *Add / Remove*  ο χρήστης επιλέγει τα στοιχεία που θέλει να εξετάσει το *Homer*. Το πρόγραμμα εμφανίζει όλα τα πιθανά συστατικά του παραθύρου *Add / Remove*.
2. Ο χρήστης επιλέγει τα στοιχεία που θέλει. Χρειάζεται τουλάχιστον ένα φορτίο και μια πηγή ενέργειας



Εικόνα 6.3: Παράθυρο για προσθαφαίρεση συνιστωσών

Το *Homer* εμφανίζει κουμπιά στο *Schematic* που αντιπροσωπεύουν το φορτίο και τα στοιχεία που επέλεξε ο χρήστης. Στην ενότητα Πόροι (ακριβώς κάτω από το *Schematic*) το *Homer* εμφανίζει τους πόρους που κάθε στοιχείο θα χρησιμοποιήσει.





Εικόνα 6.4: Παραδείγματα στο Schematic

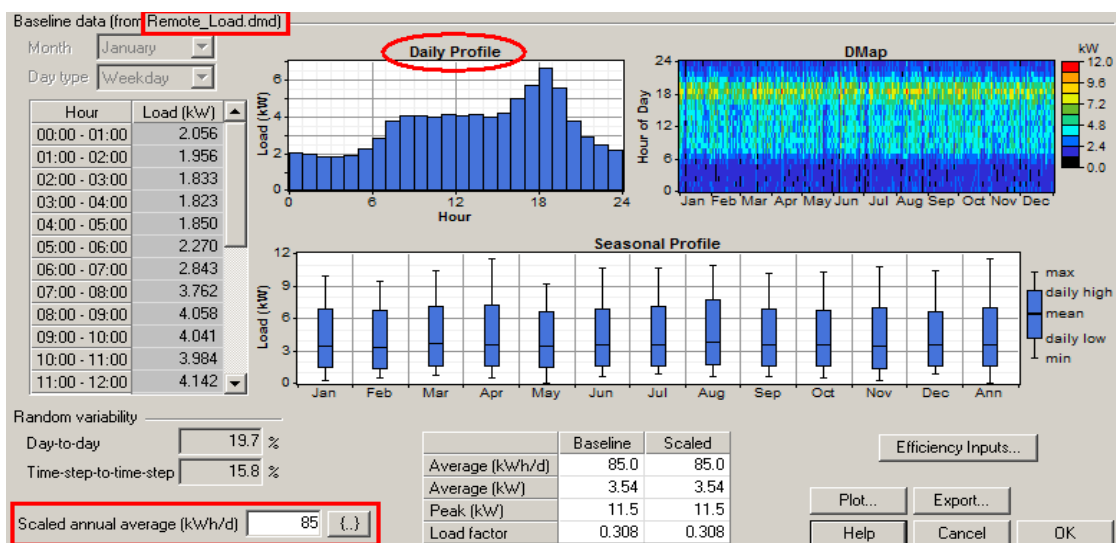
6.6 Ανάλυση φορτίου

Στο *Homer* ο όρος φορτίο αναφέρεται στην απαίτηση για ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια. Το συγκεκριμένο λογισμικό μπορεί να μοντελοποιήσει τρία είδη φορτίου: το κύριο, το αποθηκευτικό (deferrable) και το θερμικό.

Το κύριο φορτίο αποτελεί την απαίτηση της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να ικανοποιείται με βάση μια συγκεκριμένη εφαρμογή σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Η απαίτηση σε ηλεκτρική ενέργεια σχετίζεται με τις ηλεκτρικές εφαρμογές π.χ φώτα, ηλεκτρικές συσκευές κτλ. Όταν η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την προσφορά ηλεκτρικής ενέργειας από το σύστημα υπάρχει έλλειμμα που το *Homer* το καταγράφει ως ανεκπλήρωτο φορτίο.

Το αποθηκευτικό φορτίο είναι η ηλεκτρική απαίτηση που μπορεί να ικανοποιήσει το σύστημα σε δεδομένη χρονική στιγμή. Η ικανότητα αποθήκευσης φορτίου αποτελεί πλεονέκτημα του συστήματος όταν η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας δεν είναι συνεχόμενη. Αν η εφαρμογή φορτίου από την πηγή είναι μεγαλύτερη από το κύριο φορτίο το πλεόνασμα ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορτίο αποθήκευσης.

Το θερμικό φορτίο μοντελοποιείται από το *Homer* με τον ίδιο τρόπο που μοντελοποιείται και το κύριο με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσής του.



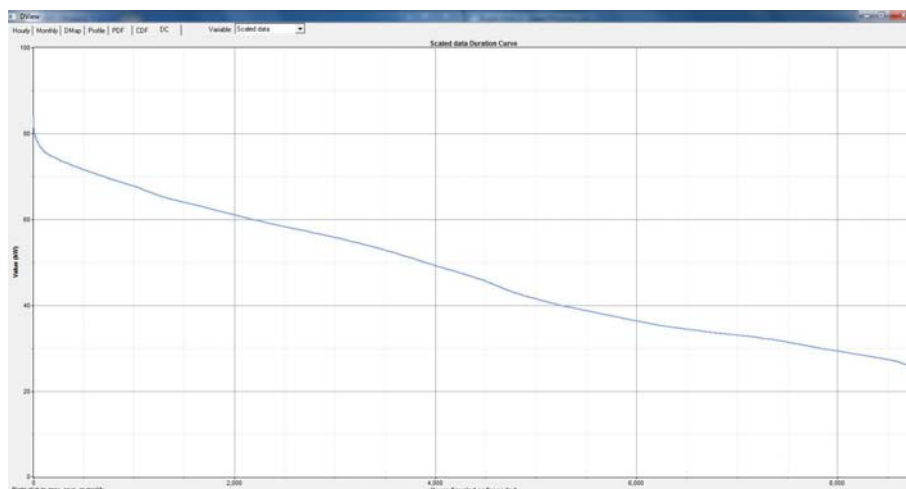
Εικόνα 6.5: Το *Homer* εμφανίζει το ημερήσιο προφίλ του φορτίου στον πίνακα και την γραφική παράσταση.

Στο λογισμικό *Homer* στην ανάλυση φορτίου ο χρήστης μπορεί να περάσει τις τιμές όπου κατανάλωσε το φορτίο κατά την διάρκεια της ημέρα για κάθε μήνα και τον τύπο της ημέρας, δηλαδή αν είναι καθημερινή ή σαββατοκύριακο. Επίσης μπορεί να ρυθμίσει την μεταβολή της κατανάλωσης από ημέρα σε ημέρα και από ώρα σε ώρα. Ακόμα με την βοήθεια του πίνακα όπου απεικονίζεται ο μέσος όρος κατανάλωσης ημερήσιος [KWh/d], ο μέσος όρος κατανάλωσης ανά ώρα [KW], το μέγιστο όπου έχει καταγραφεί κατά την διάρκεια του χρόνου και το συντελεστή φορτίου, έχει την δυνατότητα να ρυθμίσει την μεταβολή της κατανάλωσης.

Το λογισμικό χρησιμοποιεί τα δεδομένα κλίμακας (scaled data) για τους υπολογισμούς του. Για να δημιουργήσει τα δεδομένα κλίμακας το πρόγραμμα πολλαπλασιάζει κάθε μια από τις βασικές τιμές με ένα συντελεστή που προκύπτει από τη μέση ετήσια τιμή κλίμακας (*Scaled Annual Average*). Για να προσδιοριστεί αυτός ο συντελεστής το HOMER διαιρεί την τιμή της μέσης ετήσιας τιμής κλίμακας με τη μέση ετήσια τιμή βάσης (*baseline annual average*). Τα δεδομένα κλίμακας παρά το γεγονός πως διατηρούν το σχήμα και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των βασικών δεδομένων διαφέρουν ως προς το μέγεθος. Η χρήση των δεδομένων κλίμακας ενδύκνεται για τη μετατροπή μονάδων ή για την απόδοση ανάλυσης ευαισθησίας του μεγέθους του κύριου φορτίου.

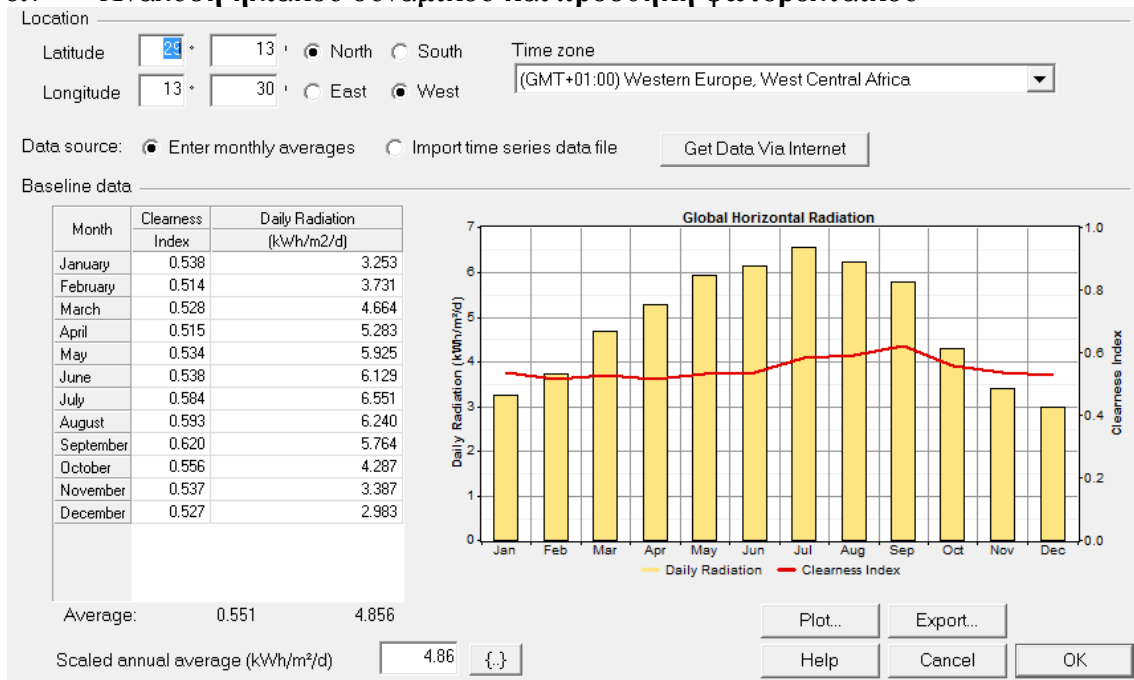
Τα αποτελέσματα του φορτίου καταγράφονται στις γραφικές (*Plot*), όπου στο πρώτο γράφημα ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την ροή φορτίου από ώρα σε ώρα ετησίως. Στην δεύτερη γραφική μπορεί να παρατηρήσει για κάθε μήνα την μέγιστη και ελάχιστη τιμή κατανάλωσης του μήνα και την μέγιστη και ελάχιστη ημέρα σε κατανάλωση του μήνα. Τέλος έχει την καμπύλη φορτίου όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει την κάθε τιμή κατανάλωσης πόσες ώρες διήρκεσε στο έτος.

Η παράμετρος *Random Variability* δείχνει τη μεταβολή της ζήτησης. Όσο μεγαλύτερα τα ποσοστά τόσο μεγαλύτερη η διακύμανση της ζήτησης από εποχή σε εποχή. Παρουσιάζεται ένα τυπικό ημερήσιο προφίλ και ένα *dmap* που δείχνει πως μεταβάλλεται η ζήτηση ανά εποχή και ανά τύπο ώρας. Απο κάτω ακολουθεί η καμπύλη διάρκειας φορτίου (*Duration curve*).



Εικόνα 6.6: Καμπύλη διάρκειας φορτίου

6.7 Ανάλυση ηλιακού δυναμικού και προσθήκη φωτοβολταϊκού

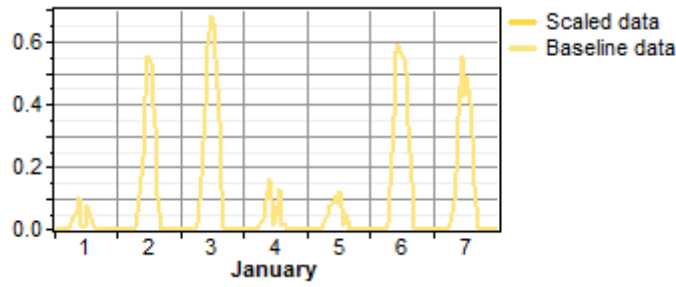


Εικόνα 6.8: Μενού προσθήκης ηλιακού δυναμικού

Για να μπορέσει να μοντελοποιήσει κανείς ένα σύστημα που περιέχει φωτοβολταϊκά θα πρέπει να εισάγει στο HOMER δεδομένα ηλιακού φορτίου της περιοχής εγκατάστασης. Τα δεδομένα ηλιακής πηγής δείχνουν το σύνολο της παγκόσμιας ακτινοβολίας που κτυπάει στη γη σε διάστημα ενός έτους. Ο συντελεστής καθαρότητας (*clearness index*) είναι ο λόγος της παγκόσμιας ακτινοβολίας που χτυπάει στην επιφάνεια της γης προς την παγκόσμια ακτινοβολία που κτυπάει στο ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας. Ο συντελεστής καθαρότητας παίρνει τιμές από 0 έως 1 και αποτελεί μέτρο καθαρότητας της ατμόσφαιρας.

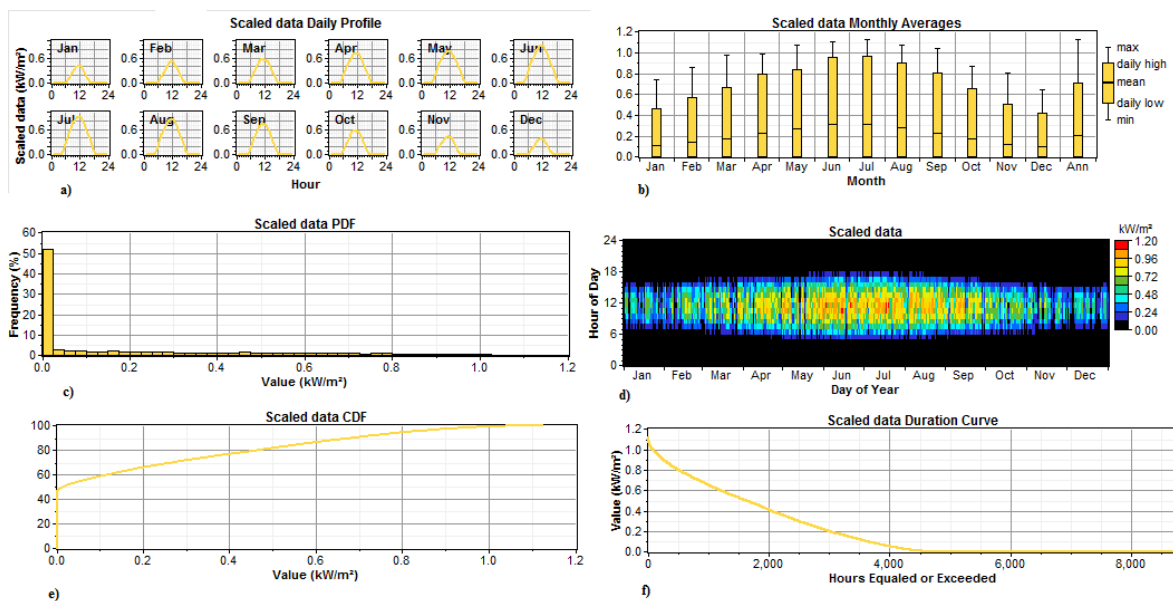
Τα δεδομένα μπορεί να τεθούν στο πρόγραμμα σε τρεις μορφές: μέση ωριαία ηλιακή ακτινοβολία στην οριζόντια επιφάνεια (kW/m²), μηνιαία μέση ηλιακή ακτινοβολία στην οριζόντια επιφάνεια (kW/m²day) ή ως μέσος μηνιαίος συντελεστής καθαρότητας. Στην περίπτωση που τα δεδομένα του ηλιακού δυναμικού έχουν τη μορφή μηνιαίας ηλιακής πηγής το HOMER τα αναλύει με τη βοήθεια ενός αλγόριθμου ο οποίος χρησιμοποιεί τη μέση ηλιακή ακτινοβολία και το γεωγραφικό μήκος της περιοχής εγκατάστασης. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της χρονικής ζώνης (Time Zone), του γεωγραφικού μήκους και πλάτους της περιοχής εγκατάστασης. Τα δεδομένα του ηλιακού δυναμικού μπορεί να ληφθούν είτε από μετεωρολογικούς σταθμούς είτε από το ίδιο το λογισμικό πατώντας το κουμπί «Get Data via Internet» για αμερικανικές περιοχές εγκατάστασης. Έχοντας καθορίσει τις γεωγραφικές συστημαγμένες της περιοχής εγκατάστασης το HOMER αναζητάει τις βάσεις δεδομένων του και εισάγει τα κατάλληλα δεδομένα. Άλλη πηγή αναζήτησης μετεωρολογικών δεδομένων είναι ο σταθμός μέτρησης της παγκόσμιας ηλιακής ενέργειας της NASA που περιέχει δεδομένα για τη μέση ηλιακή ακτινοβολία σε όλον τον κόσμο.

Τα αποτελέσματα του ηλιακού Δυναμικού καταγράφονται στις γραφικές (*Plot*), όπου στο πρώτο γράφημα ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την παραγωγή των φωτοβολταϊκών από ώρα σε ώρα ετησίως για κάθε μήνα.



Εικόνα 6.9: Plot για την ωριαία παραγωγή των φωτοβολταϊκών

Επιπλέον μπορεί κανείς να δει εκτός από τις ωριαίες χρονοσειρές μηνιαίες εκτιμήσεις για τη ζήτηση στην καρτέλα Monthly, το Dmap της ηλιακής ακτινοβολίας, το τυπικό προφίλ της ανά ημέρα και μήνα, την πιθανοτική καμπύλη PDF και την αθροιστική τυπική καμπύλη CDF όπως επίσης και την καμπύλη διαρκείας DC.

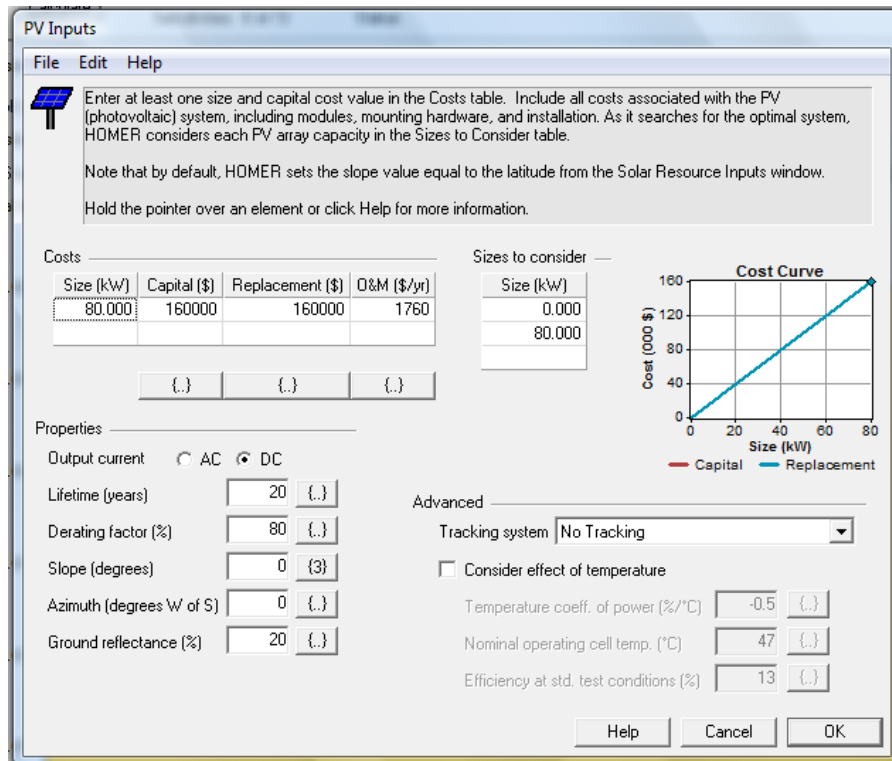


Εικόνα 6.10: Διαφορετικά Plots για τα αποτελέσματα του Ηλιακού Δυναμικού: a) μηνιαία ζήτηση, b) τυπικό προφίλ ανα ημέρα ανά μήνα, c) Καμπύλη PDF, d) Dmap ακτινοβολίας, e) αθροιστική καμπύλη CDF, f) Καμπύλη διαρκείας DC

Το χαρακτηριστικό των διαγραμμάτων που εμφανίζονται στο Plot είναι ότι τα δεδομένα τους μπορεί να αποθηκευτούν σε μορφή txt έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η κατάλληλη επεξεργασία τους από το χρήστη.

6.8 Προσθήκη Φ/Β

Οι είσοδοι περιγράφουν τις επιλογές τεχνολογίας, τη συνιστώσα κόστους, τα μεγέθη και τους αριθμούς του κάθε στοιχείου που το *Homer* θα χρησιμοποιήσει για τις προσομοιώσεις.



Εικόνα 6.11: Εισαγωγή Φ/Β στοιχείου

Στο λογισμικό *Homer* στην προσθήκη φωτοβολταϊκών ο χρήστης έχει την δυνατότητα να συμπληρώσει την συνολική ισχύ σε [KW] και τη διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών. Η συνήθης διάρκεια ζωής των φωτοβολταϊκών θεωρείται τα 20 χρόνια όμως το λογισμικό δίνει την δυνατότητα ανάλυσης ευαισθησίας σε αυτές τις τιμές. Ακόμα θέτει το αρχικό κεφάλαιο (Capital Cost), το κόστος αντικατάστασης (Replacement) και το κόστος συντήρησης (O&M) των φωτοβολταϊκών. Τις τιμές αυτές μπορεί κανείς να τις λάβει κανείς από τις κατασκευάστριες εταιρείες και εξαρτάται από το μέγεθος σε kW για το συγκεκριμένο σύστημα που μελετάται.

Στον πίνακα του κόστους εισάγεται το κόστος της καμπύλης των φωτοβολταϊκών δηλαδή η μεταβολή του κόστους με το μέγεθος των φωτοβολταϊκών. Με δεδομένο ότι το κόστος των φωτοβολταϊκών είναι ανάλογο προς το μέγεθος συμπληρώνεται συνήθως μια γραμμή στον πίνακα κόστους. Τα κόστη κεφαλαίου και αντικατάστασης συμπεριλαμβάνουν όλα τα κόστη που σχετίζονται με τα υποσυστήματα του φωτοβολταϊκού όπως για παράδειγμα τα πλαίσια, την τοποθέτηση, το σύστημα διεύθυνσης, το σύστημα ελέγχου, τα καλώδια και το κόστος εγκατάστασης. Το κόστος κεφαλαίου αναφέρεται στο κόστος αγοράς του συστήματος, το κόστος αντικατάστασης στο κόστος που έχει η αντικατάσταση του φωτοβολταϊκού στο τέλος του κύκλου ζωής του.

Η αντανάκλαση του εδάφους (ground reflectance) είναι ο λόγος της τυχαίας ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από το έδαφος. Μια τυπική τιμή για τις περιοχές που καλύπτονται από γκαζόν είναι 20% ενώ για χιονισμένες περιοχές η αντανάκλαση του εδάφους είναι 70%. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τυχαίας ακτινοβολίας στα φωτοβολταϊκά που τοποθετούνται υπό κλίση αλλά έχει μικρή επίδραση.

Επίσης, παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να αλλάξει την γωνία της κλίσης τοποθέτησης του φωτοβολταϊκού, το αζιμούθιο μεταξύ νότου και δύσης δηλαδή την οριζόντια συντεταγμένη του τόπου εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, την απόδοση αντανάκλασης στο έδαφος, το *Derating factor* και αν τα φωτοβολταϊκά είναι εγκατεστημένα με σύστημα μετακίνησης τους (*Tracking*). Η τιμή του αζιμούθιου δεν είναι σημαντική όταν τα φωτοβολταϊκά

τοποθετούνται με μηδενική κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Στην περίπτωση που επιλεγεί το φωτοβολταϊκό κάθετου άξονα ή το κινούμενο σε δύο άξονες το HOMER δεν επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει τιμή για το αζιμούθιο αλλά το υπολογίζει σε κάθε βήμα καθώς το σύστημα μετακίνησης κινεί το PV.

Η πιο απλή περίπτωση για μελέτη είναι τα σταθερά συστήματα δηλαδή τα συστήματα στα οποία το φωτοβολταϊκό τοποθετείται σε μια θέση εφάπαξ. Για τα σταθερά φωτοβολταϊκά η τιμή της κλίσης και του αζιμούθιου παραμένουν σταθερές. Όπως ήδη έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2 (ενότητα 2.9), άλλες δυνατές επιλογές είναι:

- η μηνιαία ρύθμιση οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis monthly adjustment) στην οποία η περιστροφή γίνεται σε έναν οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα. Η κλίση ρυθμίζεται την πρώτη μέρα κάθε μήνα έτσι ώστε η ηλιακή ακτινοβολία να είναι κάθετη στην επιφάνεια το μεσημέρι.
- Η εβδομαδιαία ρύθμιση οριζόντιου άξονα. Και σε αυτήν την περίπτωση η περιστροφή γίνεται σε έναν οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα (Horizontal Axis weekly adjustment) αλλά η κλίση ρυθμίζεται την πρώτη μέρα κάθε εβδομάδας.
- Η ημερήσια ρύθμιση οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis daily adjustment). Σε αυτήν την περίπτωση επιλέγεται η κλίση να ρυθμίζεται καθημερινά έτσι ώστε να είναι οι ηλιακές ακτίνες κάθετες στην επιφάνεια το μεσημέρι.
- Η συνεχής ρύθμιση του οριζόντιου άξονα (Horizontal Axis continuous adjustment). Με αυτήν την επιλογή θεωρείται ότι η κλίση ρυθμίζεται συνεχώς έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η γωνία επίπτωσης (angle on incidence).
- Συνεχής ρύθμιση κάθετου άξονα (Vertical Axis continuous adjustment). Σε αυτήν την περίπτωση θεωρείται πως η περιστροφή γίνεται σε έναν περίπου οριζόντιο ανατολικοδυτικό άξονα και η κλίση είναι σταθερή ενώ το αζιμούθιο ρυθμίζεται συνεχώς προκειμένου να ελαχιστοποιείται η γωνία επίπτωσης.
- Δύο άξονες (Two Axis): Τα φωτοβολταϊκά περιστρέφονται τόσο ως προς τον οριζόντιο όσο και ως προς τον κάθετο άξονα έτσι ώστε οι ακτίνες του ήλιου να είναι κάθετες συνεχώς στην επιφάνεια. Παρά το γεγονός πως το συγκεκριμένο σύστημα μεγιστοποιεί την παραγωγή ισχύος είναι ιδιαίτερα ακριβώς για αυτό και χρησιμοποιείται σπάνια.

Στην περίπτωση που επιλεγεί για προσομοίωση το σύστημα κάθετου άξονα ή το σύστημα δύο αξόνων το λογισμικό δεν επιτρέπει την εισαγωγή της τιμής του αζιμούθιου αλλά την υπολογίζει για κάθε χρονικό βήμα μετακίνησης του πάνελ των φωτοβολταϊκών.

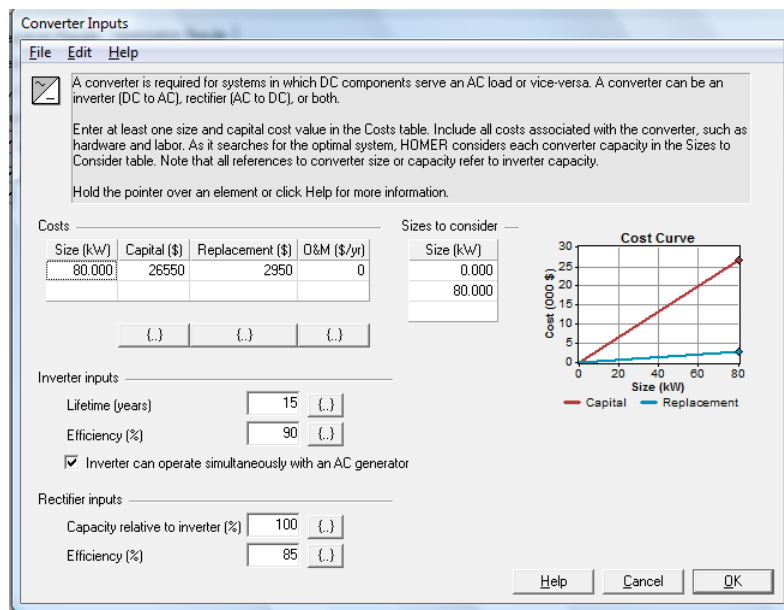
Το λογισμικό επιπλέον επιτρέπει να ληφθεί υπόψη η μεταβολή της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού στο σχεδιασμό. Η θερμοκρασία όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 2.5 μπορεί να επηρεάσει τις παραμέτρους λειτουργίας του φωτοβολταϊκού. Αν τσεκαριστεί η επιλογή *Consider effect of temperature* πρέπει να οριστούν οι ακόλουθες τιμές:

- Η θερμοκρασία του συντελεστή ισχύος που δείχνει αν η παραγόμενη ισχύς από το πάνελ εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η τιμή αυτή είναι αρνητική επειδή η παραγόμενη ισχύς μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Η τιμή αυτή λαμβάνεται από τον κατασκευαστή του φωτοβολταϊκού.
- Η ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας που είναι η θερμοκρασία που μπορεί να φτάσει το φωτοβολταϊκό αν εκτεθεί στα $0,8\text{kW/m}^2$ ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C με ταχύτητα ανέμου 1m/sec . Στην ουσία δείχνει τη μεταβολή της θερμοκρασίας του φωτοβολταϊκού με την θερμοκρασία περιβάλλοντος και την ηλιακή ακτινοβολία και δίνεται από τον κατασκευαστή.

- Η απόδοση σε πρότυπες συνθήκες δοκιμών που είναι η απόδοση με την οποία το φωτοβολταϊκό μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια στο μέγιστο σημείο ισχύος κάτω από πρότυπες συνθήκες δοκιμών. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται από το HOMER για να υπολογίσει την θερμοκρασία του φωτοβολταϊκού.

6.9 Στοιχεία Μετατροπέων (Converter)

Ο μετατροπέας όπως ήδη ειπώθηκε στην παράγραφο 2.10 είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται στις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών στοιχείων για τη μετατροπή συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο και αντίστροφα.



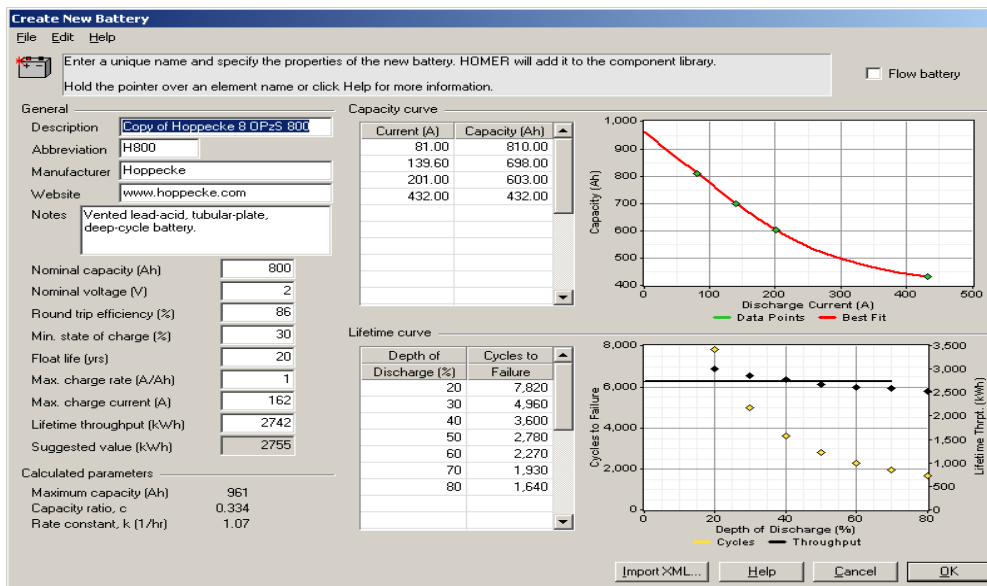
Εικόνα 6.12: Μενού προσθήκης στοιχείων για μετατροπέα

Στον πίνακα κόστους εισέρχεται το κόστος μετατροπής της καμύλης δηλαδή την μετατροπή του κόστους με το μέγεθος του μετατροπέα. Το κόστος κεφαλαίου (capital cost) είναι η αρχική τιμή αγοράς του μετατροπέα, το κόστος αντικατάστασης (Replacement Cost) είναι το κόστος για την αντικατάσταση του μετατροπέα στο τέλος της διάρκειας ζωής του και το κόστος συντήρησης και λειτουργίας είναι το ετήσιο κόστος για τη συντήρησή του.

Για τη χρήση του μετατροπέα για τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο (inverter) ορίζονται ως μεταβλητές ο χρόνος ζωής σε χρόνια και η απόδοση με την οποία ο μετατροπέας μετατρέπει το συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα σε % . Για τη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές (rectifier) ορίζεται η σχετική χωρητικότητα σε σχέση με τον inverter σε % και η απόδοση με την οποία μετατρέπεται το εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα. Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να οριστούν ως μεταβλητές ευαισθησίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε αντίθεση με το Sunny Design, δεν πραγματοποιείται διαφοροποίηση της λειτουργίας ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των Φ/Β πλαισίων στο μετατροπέα.

6.10 Αποθήκευση με την βοήθεια του Homer

Τα αυτόνομα συστήματα χρειάζονται συνήθως συστήματα αποθήκευσης που θα τους επιτρέπουν την απόδοση ηλεκτρικής ενέργειας όταν η άμεση παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά δεν είναι δυνατή. Στο Homer η δυνατότητα αποθήκευσης δίνεται μέσω της επιλογής της κατάλληλης μπαταρίας.



Εικόνα 6.13: Μενού προσθήκης νέας μπαταρίας

Πέραν από τις βασικές παραμέτρους οι οποίες είναι διαθέσιμες στο βασικό μενού των μπαταριών, αυτή η καρτέλα περιλαμβάνει πληροφορίες για τα παρακάτω:

- Τη συνολική απόδοση του κύκλου φόρτισης/εκφόρτισης (*Round Trip Efficiency*).
- Το ελάχιστο ποσοστό φόρτισης (*Min. State of charge*).
- *Float life (Yrs)* Ακόμη και αν τα βάθη εκφόρτισης είναι μικρά, δεν πρόκειται να διατηρηθεί η μπαταρία περισσότερα χρόνια από την τιμή που περιγράφεται στη συγκεκριμένη περίπτωση.
- *Max. Charge Rate (A/Ah)*: Αυτή η τιμή δείχνει πόσο μεγάλο μπορεί να είναι το ρεύμα φόρτισης όταν η μπαταρία είναι σε συγκεκριμένο επίπεδο φόρτισης και υπολείπεται για να φορτιστεί. Για παράδειγμα για κ Ah το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να δεχθεί είναι $k * \text{Max Charge Rate}$. Όσο πιο φορτισμένη είναι η μπαταρία τόσο πιο δύσκολη είναι η τελική φόρτισή της εξαιτίας αυτής της παραμέτρου. Επίσης αν μείνει μία μπαταρία στο φορτιστή συνεχίζει να καταναλώνει ισχύ.
- *Max. Charge current (A)*: Το μέγιστο ρεύμα το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη φόρτιση/ εκφόρτιση. Για αυτό το λόγο ο ρυθμιστής φόρτισης ο οποίος θα εφαρμοστεί σε συνδυασμό με την μπαταρία αυτή θα πρέπει να περιορίζει το συγκεκριμένο ρεύμα.
- *Maximum Capacity (Ah)*: Είναι η μέγιστη χωρητικότητα της μπαταρίας αν το ρεύμα φόρτισης είναι σημαντικά μικρότερο από το ονομαστικό.

Ο πίνακας *Capacity Curve* περιλαμβάνει στοιχεία για το πως μεταβάλλεται η χωρητικότητα της μπαταρίας με το εφαρμοζόμενο ρεύμα. Αν διαιρεθεί η στήλη *Capacity* με το ρεύμα *Current* έχουμε τις ώρες στις οποίες φορτίζεται/ εκφορτίζεται η συγκεκριμένη μπαταρία με σταθερό ρεύμα. Αν αυτό μεταβάλλεται με το χρόνο και είναι

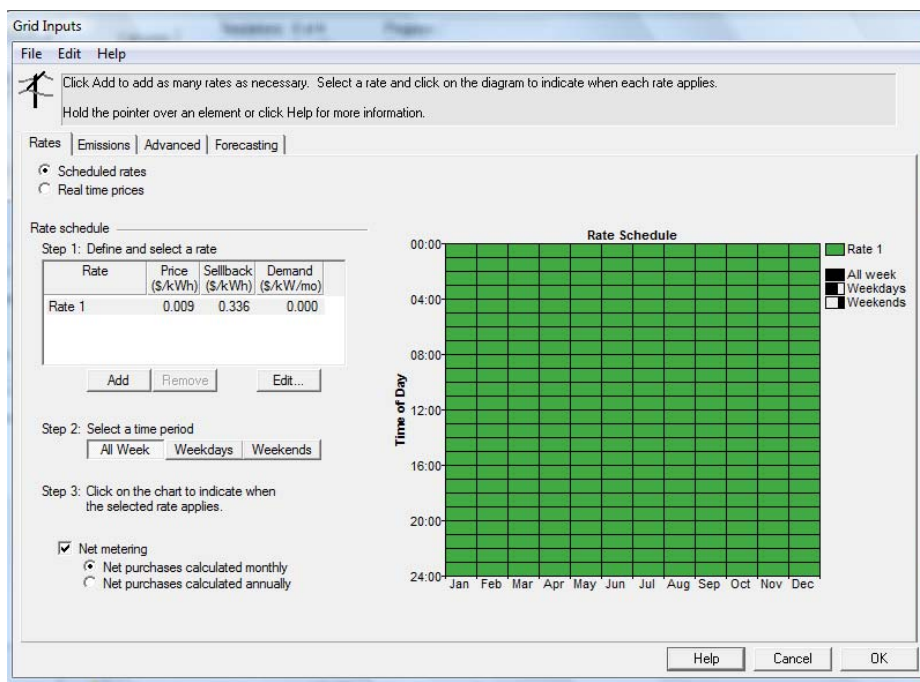
μεγαλύτερο του ονομαστικού η τελική χωρητικότητα είναι κάπως περίπλοκο να αποτιμηθεί.

Ο Δεύτερος πίνακας, *Lifetime Curve* μας δίνει τον αριθμό κύκλων φόρτισης εκφόρτισης που αντέχει μία μπαταρία ανάλογα με το βάθος εκφόρτισης του κύκλου. Αν λοιπόν εκφορτίσει μία μπαταρία στη μισή χωρητικότητά της και μετά επαναφορτιστεί, αυτό αποτελεί έναν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης με βάθος εκφόρτισης 50%. Αυτήν την διαδικασία μπορούμε να την επαναλάβουμε συνολικά 2.780 φορές(στο συγκεκριμένο παράδειγμα) πριν η μπαταρία αχρηστευθεί πλήρως και είμαστε αναγκασμένοι να την οδηγήσουμε σε ανακύκλωση.

6.11 Δίκτυο (Grid)

Η καρτέλα μοντελοποίησης του δικτύου περιέχει την εισαγωγή δεδομένων για τους ρυθμούς, τις απώλειες και τις προηγμένες ρυθμίσεις. Στην καρτέλα των ρυθμών καθορίζονται τα κόστη της ισχύος που λαμβάνεται από το δίκτυο, στις απώλειες καθορίζονται οι παράγοντες απωλειών για την ισχύ του δικτύου και στις προηγμένες ρυθμίσεις τίθενται προηγμένες μεταβλητές.

Σχετικά με την τιμολόγηση μπορούν να εισαχθούν στο *Homer* μέχρι και 16 τιμές οι οποίοι μπορεί να έχουν μεταξύ τους διαφορετικές τιμές ισχύος δηλαδή κόστους αγορά της ισχύος από το δίκτυο (\$/kWh), τιμής επαναπώλησης (Sellback rate) που είναι η τιμή που πληρώνεται ο χρήστης για την ισχύ που πουλάει στο δίκτυο και η οποία εξαρτάται από την πολιτική της χώρας στην οποία γίνεται η εγκατάσταση και ρυθμό ζήτησης που είναι ο μηνιαίος φόρος που αποδίδει ο χρήστης για την μέγιστη μηνιαία χρήση του δικτύου.

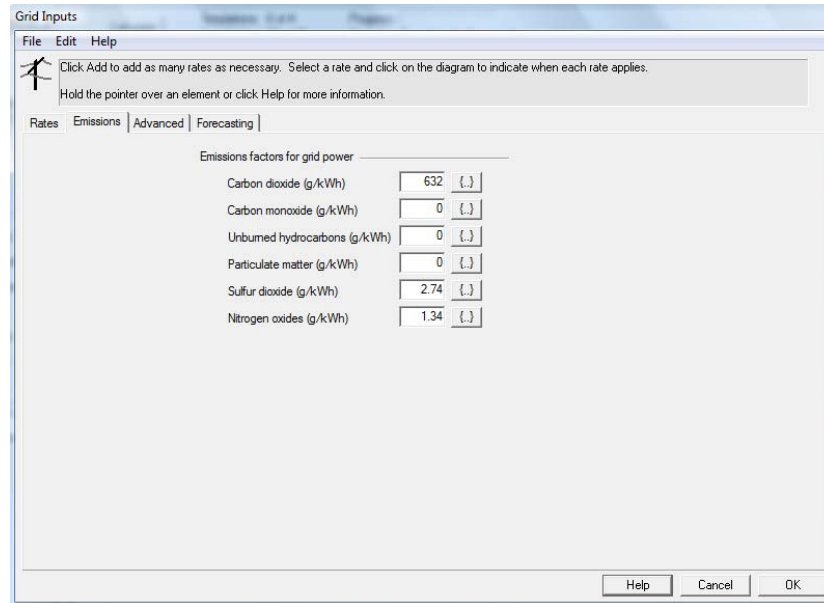


Εικόνα 6.14: Μενού προσθήκης παραμέτρων δικτύου

Στην περίπτωση που η τιμή της ισχύος, η τιμή επαναπώλησης και η τιμή αγοράς δεν μεταβάλλεται αρκεί ο ορισμός μιας απλής τιμής. Αν οριστούν πολλαπλά τιμολόγια το Rate Schedule χρησιμεύει για τον καθορισμό του πότε εφαρμόζεται καθένα από αυτά.

Το Net Metering αποτελεί ένα σχήμα λογαριασμού το οποίο επιτρέπει την πώληση της ισχύος στο δίκτυο σε λιανική τιμή. Στην ουσία με το Net Metering στο τέλος της περιόδου χρέωσης ο χρήστης χρεώνεται με το καθαρό ποσό πώλησης στο δίκτυο. Αν οι καθαρές πωλήσεις στο δίκτυο προκύπτει αρνητική τιμή σημαίνει ότι ο χρήστης πούλησε περισσότερη ενέργεια από αυτήν που αγόρασε από το δίκτυο και το κέρδος του εξαρτάται από την τιμή επαναπώλησης.

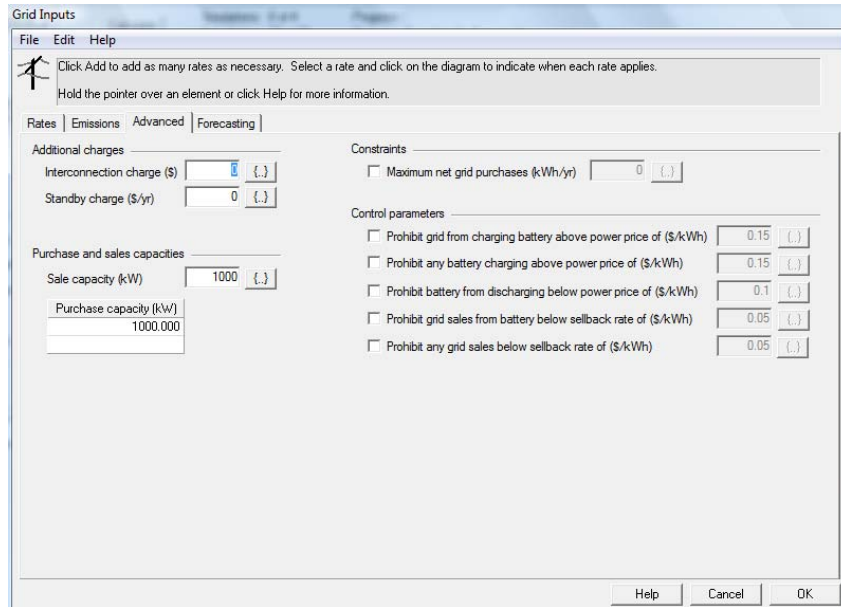
Στην καρτέλα των emissions εισάγονται οι παράγοντες ρύπων για το διαθέσιμο δίκτυο. Το Homer χρησιμοποιεί αυτές τις τιμές για τον υπολογισμό των ρύπων που προέρχονται την ισχύ του δικτύου και τη μείωση ρύπων εξαιτίας της τοπικής παραγωγής. Οι τιμές αυτών των συντελεστών εξαρτώνται από τον τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον θεωρούμενο τόπο εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών.



Εικόνα 6.15:Καρτέλα Emissions (ρύπων)

Στην καρτέλα των προηγμένων ρυθμίσεων (Advanced) περιέχονται επιπρόσθετα οικονομικά δεδομένα και δύο δεδομένα που σχετίζονται με το μέγιστο ποσό ισχύος που μπορεί να ληφθεί και να αποδοθεί στο δίκτυο. Τα επιπρόσθετα που εμφανίζονται σε αυτήν την καρτέλα αφορούν στο κόστος διασύνδεσης και στο κόστος κόστος αναμονής. Το κόστος διασύνδεσης είναι το εφάπαξ κόστος για τη σύνδεση του συστήματος στο δίκτυο ενώ το κόστος αναμονής είναι ετήσιο κόστος για την παροχή εφεδρικών συστημάτων ισχύος από το δίκτυο.

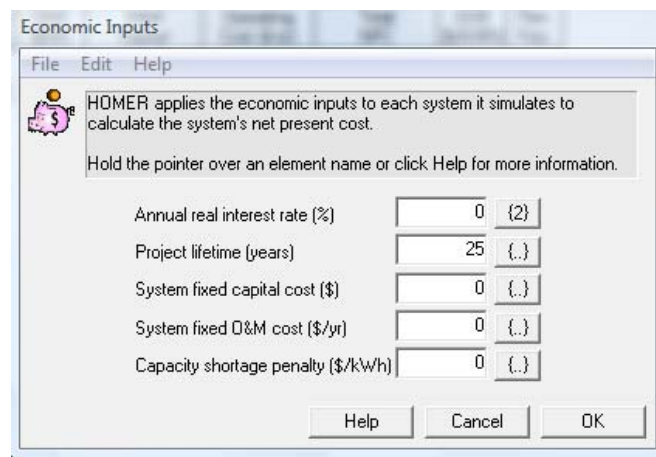
Η μέγιστη απαίτηση του δικτύου είναι το μέγιστο ποσό ισχύος που μπορεί να απαιτηθεί από το δίκτυο και αποτελεί μεταβλητή απόφασης που επιδρά στο κόστος ζήτησης. Τέλος καθορίζεται και η μέγιστη ισχύς πώλησης που είναι ο μέγιστος ρυθμός ισχύος που μπορεί να πωληθεί ξανά στο δίκτυο.



Σχήμα 6.16: Καρτέλα Advanced

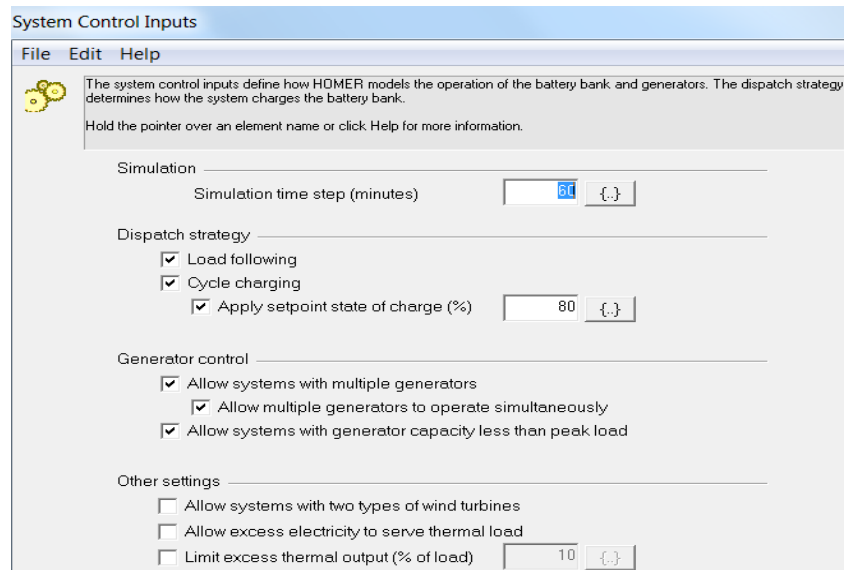
6.12 Οικονομικές Παράμετροι

Στο HOMER υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής των ακόλουθων οικονομικών παραμέτρων: Του ετήσιου επιτοκίου που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή ανάμεσα στα εφάπαξ κόστη και στα ετήσια, ο χρόνος ζωής του συστήματος που ισοδυναμεί με τον αριθμό των ετών πάνω από τα οποία μπορεί να υπολογιστεί το Net Present Cost, το σταθερό κεφάλαιο του συστήματος που είναι το σταθερό κεφάλαιο που υπάρχει ανεξάρτητα από το μέγεθος της αρχιτεκτονικής του συστήματος, το σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος που είναι το σταθερό ετήσιο κόστος που δεν εξαρτάται από την αρχιτεκτονική του συστήματος και την ποινή ανεπαρκούς χωρητικότητας που ορίζει την ποινή που εφαρμόζεται στο σύστημα όταν αυτό είναι ανεπαρκές.



Εικόνα 6.19: Οικονομικές παράμετροι

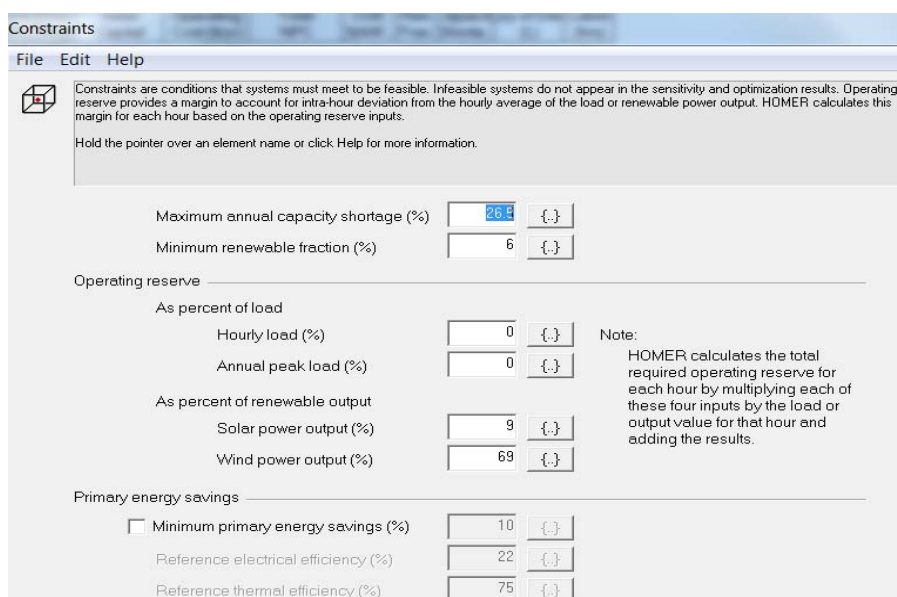
6.13 Στρατηγική ελέγχου



Εικόνα 6.17: Μενού ελέγχου του συστήματος

Το *Homer* δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να ελέγξει την μοντελοποίηση του συστήματος με το μενού (*system control inputs*). Πρώτα με το χρόνο (σε λεπτά) με τον οποίο θα εκτελεί τα βήματα του μοντέλου. Με την κατανομή της στρατηγικής (*Dispatch strategy*) έχει την δυνατότητα, το σύστημα να ακολουθεί το φορτίο (*Load following*), δηλαδή να παράγει ισχύ η γεννήτρια όταν την ζητάει το φορτίο. Επίσης μπορεί να ρυθμίζει την χρέωση (*Apply setpoint state of charge*), δηλαδή να καταναλώνει όσο καύσιμο χρειάζεται για να καλύψει το φορτίο.

6.14 Περιορισμοί



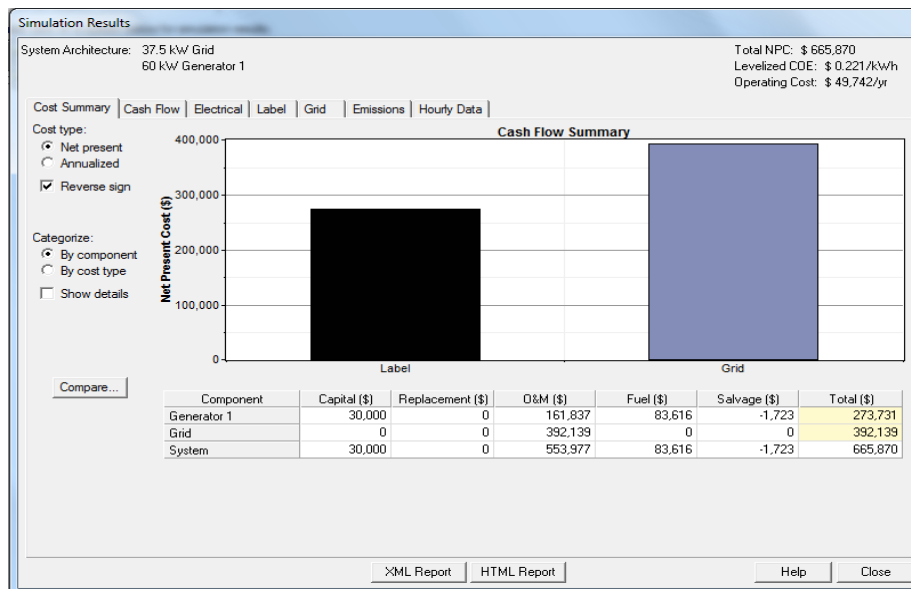
Εικόνα 6.18: Μενού περιορισμού

Σε αυτό το μενού ο χρήστης μπορεί να βάλει διάφορους περιορισμούς, όπως το μέγιστο ποσοστό ελλείψης ηλεκτροδοτήσης του φορτίου (*Maximum annual capacity shortage*) και το ελάχιστο ποσοστό του συντελεστή διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Με τη στρεφόμενη εφεδρεία (*Operating reserve*) μπορεί να περιορίσει για την εφεδρεία της ωριαίας αιχμής του φορτίου (*Hourly load*) και της ετήσιας αιχμής του φορτίου (*Annual peak load*). Επίσης έχει την δυνατότητα να περιορίσει το απόθεμα για την παραγωγή των ανανεώσεων πηγών ενέργειας των φωτοβολταϊκών (*Solar power output*) και των αιολικών (*Wind power output*).

6.15 Αποτελέσματα Προσομοίωσης

6.15.1 Cost Summary

Στο παράθυρο Προσομοίωση αποτελεσμάτων επιλέγοντας την καρτέλα *Cost Summary* ο χρήστης μπορεί να δει την περίληψη του κόστους.



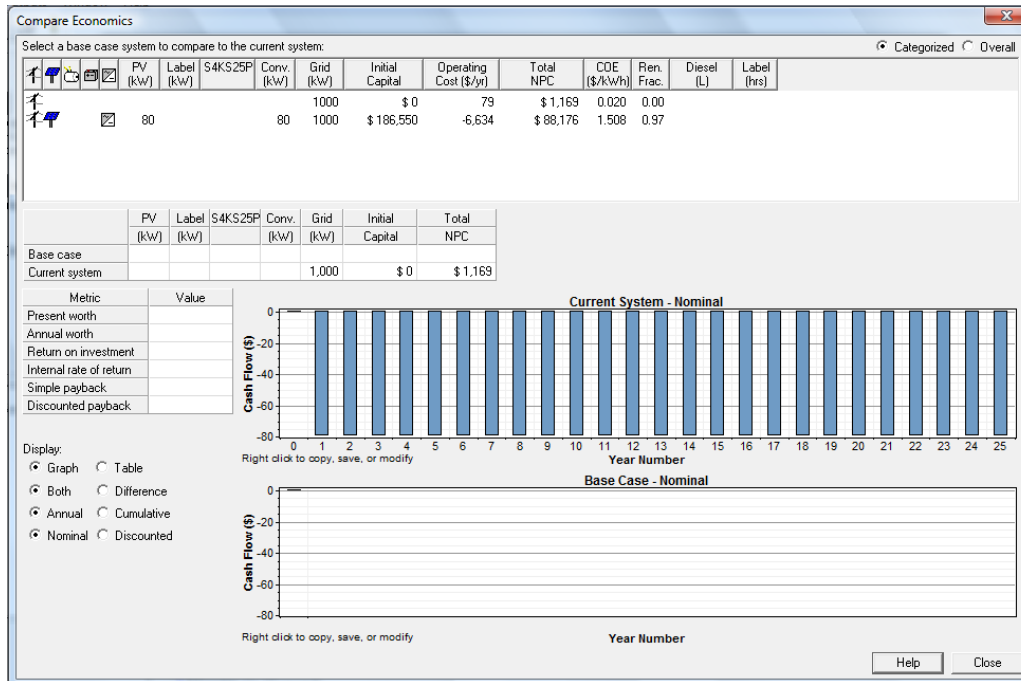
Εικόνα 6.20: Καρτέλα *Cost Summary*

Στην καρτέλα αυτή δίνονται τα αποτελέσματα από τρία κόστη: η συνολική καθαρή παρούσα αξία, το διαβαθμισμένο κόστος της ενέργειας και το λειτουργικό κόστος.

Η καθαρή παρούσα αξία (Net Present Cost) αντιπροσωπεύει την παρούσα αξία της ροής μετρητών που προεξοφλούνται στο χρόνο μηδέν χρησιμοποιώντας τον ετήσιο πραγματικού ρυθμού επιτοκίου. Το *Homer* υπολογίζει το NPC χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση: $NPC = C_{ann,tot} / CRF(I, R_{prof})$ όπου $C_{ann,tot}$ είναι το μέσο ετήσιο κόστος σε (\$/yr) που είναι το άθροισμα των ετήσιων κόστων κάθε στοιχείου που αποτελεί το σύστημα συν οποιοδήποτε άλλο ετήσιο κόστος, CRF είναι ο συντελεστής ανάκτησης του κεφαλαίου που εξαρτάται από το ετήσιο επιτόκιο και τη διάρκεια ζωής του έργου.

Στη συγκεκριμένη καρτέλα υπάρχει η επιλογή τα κόστη να εμφανίζονται σε ετήσια βάση και να κατηγοριοποιούνται

ανά στοιχείο. Επιπλέον μέσω του Compare υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης δύο συστημάτων από οικονομική πλευρά. Το παράθυρο σύγκρισης επιτρέπει την σύγκριση μεταξύ του εξεταζόμενου συστήματος και ενός πρότυπου που στην περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού πάρκου μπορεί να θεωρηθεί πως είναι το δίκτυο.



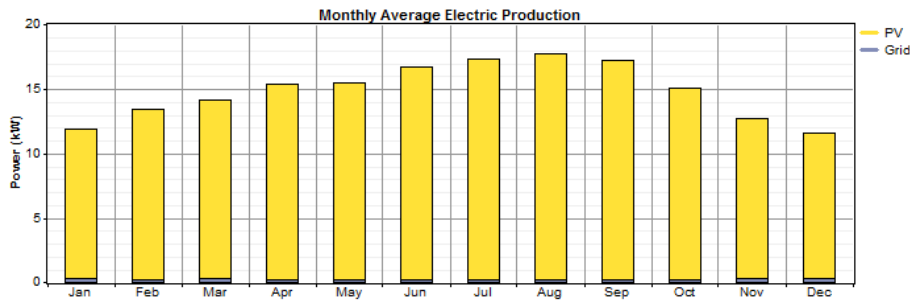
Εικόνα 6.21: Παράθυρο σύγκρισης αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Με την επιλογή της βασικής υπόθεσης στο παράθυρο εμφανίζονται οικονομικές μετρήσεις που αναπαριστούν τη διαφορά ανάμεσα στα δύο συστήματα.

- Η παρούσα αξία είναι η διαφορά ανάμεσα στις καθαρές παρούσες αξίες της βασικής υπόθεσης και του εξεταζόμενου συστήματος. Το πρόσημο της παρούσας αξίας δείχνει αν το εξεταζόμενο σύστημα συγκρίνεται θετικά ως επιλογή επένδυσης με τη βασική υπόθεση σύγκρισης. Το θετικό πρόσημο δείχνει ότι το εξεταζόμενο σύστημα αποταμιεύει χρήματα σε σχέση με το πρότυπο.
- Η ετήσια αξία είναι η παρούσα αξία πολλαπλασιασμένη με το συντελεστή ανάκτησης κεφαλαίου
- Ο εσωτερικός ρυθμός επιστροφής (Internal Rate of Return) είναι ο ρυθμός προεξόφλησης για τον οποίο η βασική περίπτωση και η εξεταζόμενη έχουν την ίδια καθαρή αξία.
- Το payback είναι ο αριθμός των χρόνων στον οποίο η σωρευτική ροή χρημάτων μεταξύ της βασικής υπόθεσης και του εξεταζόμενου συστήματος από αρνητική γίνεται θετική. Στην ουσία δίνει την περίοδο απόσβεσης του κόστους επένδυσης.

6.15.2 Electrical

Στην καρτέλα *Electrical* ο χρήστης μπορεί να δει την παραγωγή και την κατανάλωση από τις διάφορες συνιστώσες του δικτύου. Η παράμετρος *Excess Electricity* αναφέρεται σε περιπτώσεις που περισσεύει παραγωγή από ΑΠΕ. Σε αυτήν την οθόνη ο χρήστης λαμβάνει μία πρώτη εικόνα του μηνιαίου ενεργειακού ισοζυγίου.

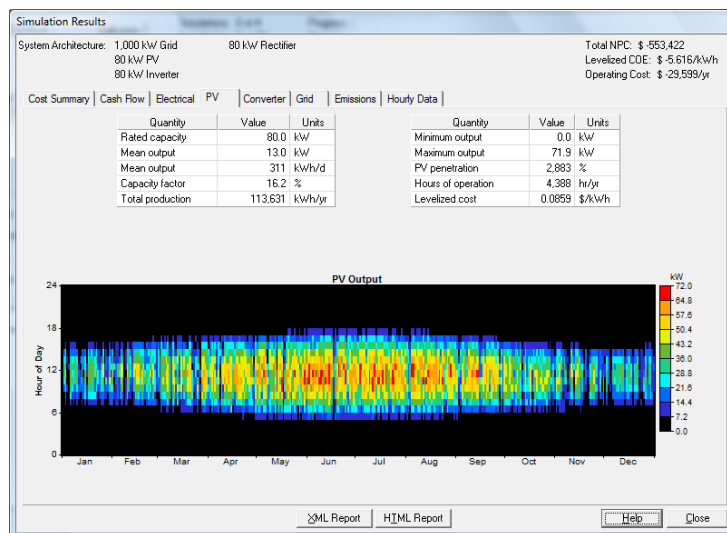


Εικόνα 6.22: Καρτέλα *Electrical*

Στην ετήσια παραγωγή ενέργειας αναφέρεται η ετήσια παραγωγή από κάθε στοιχείο του συστήματος. Ο Renewable factor είναι ο συντελεστής που δείχνει το ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές. Επιπλέον στην καρτέλα αυτή αναφέρονται τα ποσά της ενέργειας που τροφοδοτούνται για την εξυπηρέτηση εναλλασσόμενων και φορτίων συνεχούς ρεύματος.

6.15.3 PV

Επιλέγοντας την καρτέλα *PV*, ο χρήστης μπορεί να εξάγει πληροφορίες για την συμπεριφορά του φωτοβολταϊκού που έχει βάλει καθώς και αναλυτική παρουσίαση του ενεργειακού ισοζυγίου.

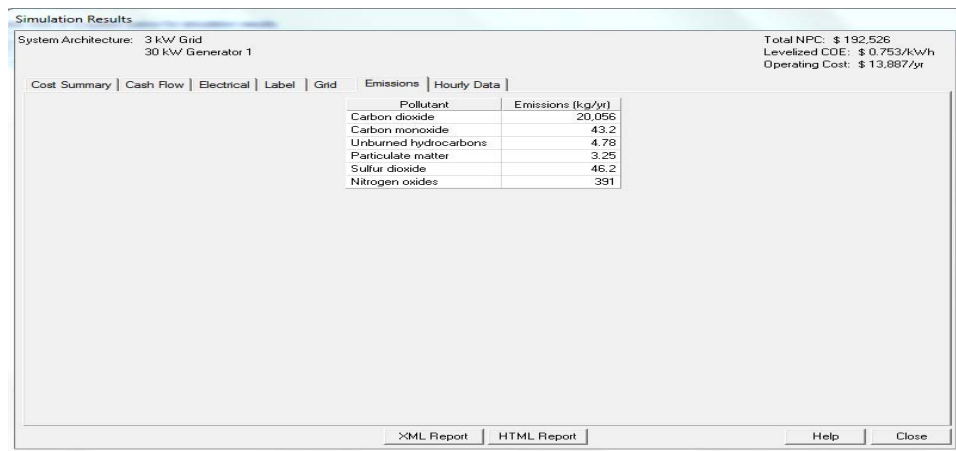


Εικόνα 6.23: Καρτέλα *PV*

Συγκεκριμένα λαμβάνει πληροφορίες για τη μέση ποσότητα παραγόμενης ισχύος σε kWh/day, την ελάχιστη παραγόμενη ισχύ του φωτοβολταϊκού ετησίως, όπως επίσης και για τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ του φωτοβολταϊκού ετησίως. Επιπλέον ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες για την ηλιακή διείσδυση δηλαδή τη μέση ισχύ εξόδου από το φωτοβολταϊκό διαιρεμένη με το μέσο κύριο φορτίο, το συντελεστή χωρητικότητας δηλαδή τη μέση παραγόμενη ισχύ από το φωτοβολταϊκό διαιρεμένη με την ονομαστική ισχύ και τις ώρες λειτουργίας δηλαδή τις ώρες σε έναν χρόνο που η παραγωγή από το φωτοβολταϊκό είναι θετική. Το levelized cost είναι το μέσο κόστος ανά kWh της χρήσιμης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το σύστημα. Το λογισμικό το υπολογίζει διαιρώντας το ετήσιο κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με την ετήσια παραγωγή χρήσιμης ηλεκτρικής ενέργειας.

6.15.4 Emissions

Επιλέγοντας την καρτέλα *Emissions* ο χρήστης μπορεί να έχει μία εικόνα για την εκπομπή ρύπων μετά το πέρας της προσομοίωσης.



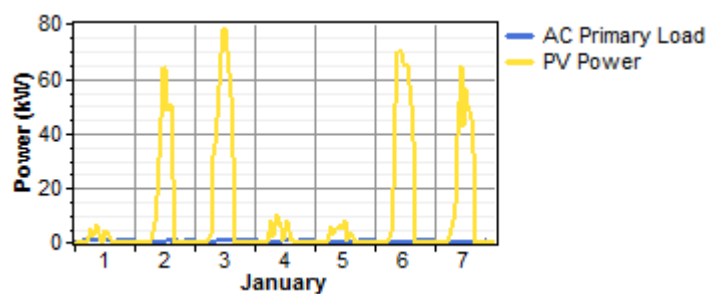
Εικόνα 6.24: Καρτέλα *Emissions*

Στην περίπτωση των φωτοβολταϊκών η καρτέλα αυτή δεν έχει και μεγάλη σημασία δεδομένου ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι «καθαρή τεχνολογία» και οι απώλειες στο τέλος της προσομοίωσης είναι απειροελάχιστες.

6.15.5 Hourly Data

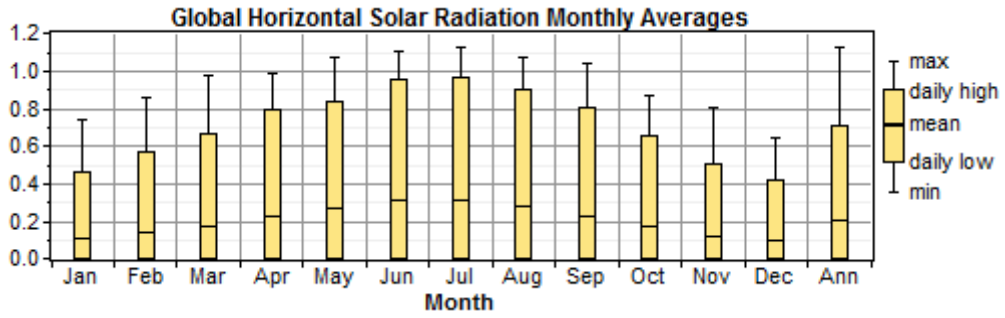
Τέλος από την καρτέλα *Hourly Data* μπορεί κανείς να λάβει χρήσιμες εικόνες και να αποθηκεύσετε αρχεία εξόδου σε μορφή *txt*. Οι τιμές μπορεί να είναι:

- ✓ Ωριαίες Χρονοσειρές



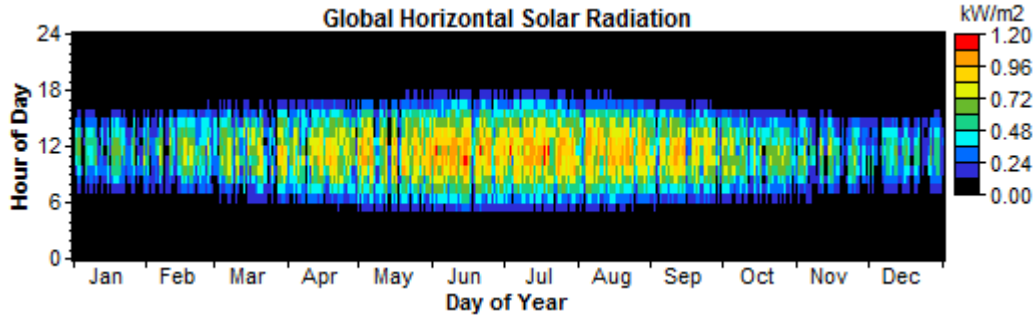
Εικόνα 6.25: Καρτέλα *Hourly Data*

- ✓ Μηνιαίες εκτιμήσεις για τη ζήτηση (*Monthly*)



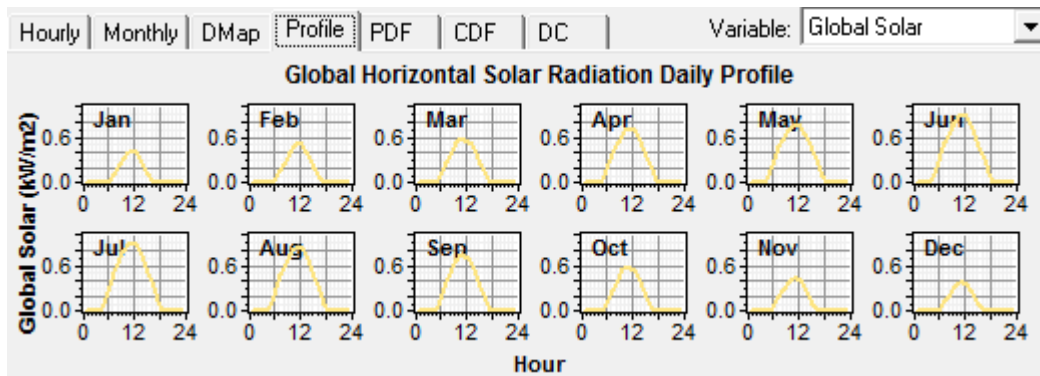
Εικόνα 6.26: Διάγραμμα για τη μηνιαία εκτίμηση σε ζήτηση

- ✓ *Dmap* (Για τυπική μορφή 365*24)



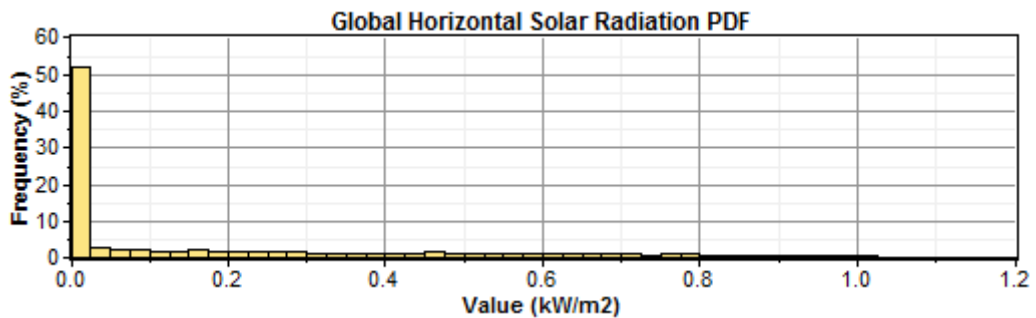
Εικόνα 6.27: Dmap για την οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία

- ✓ *Profile* (Τυπικό προφίλ ανά μέρα μήνα) για την ηλιακή ακτινοβολία, την τυχαία ακτινοβολία, την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τη θερμοκρασία του φ/β, του AC φορτίου, της παραγόμενης ισχύος, της αγοράς από το δίκτυο, των πωλήσεων στο δίκτυο, της ισχύος εισόδου του inverter και της ισχύος εξόδου του inverter.



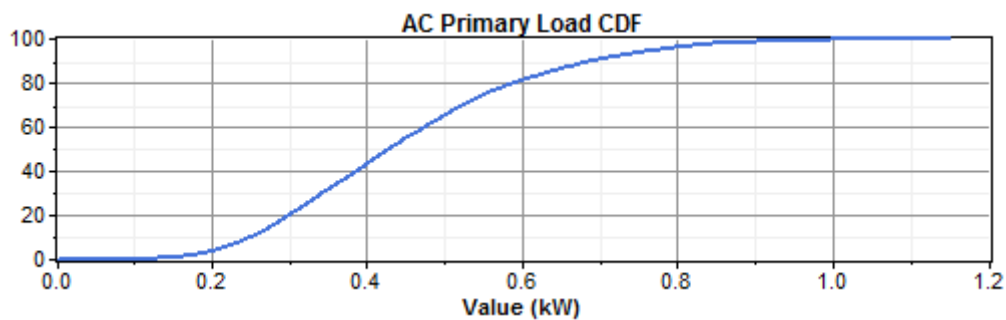
Εικόνα 6.28 Τυπικό προφίλ ανά ημέρα

- ✓ *PDF* (Πιθανοτική καμπύλη) για την ηλιακή ακτινοβολία, την τυχαία ακτινοβολία, την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τη θερμοκρασία του φ/β, του AC φορτίου, της παραγόμενης ισχύος, της αγοράς από το δίκτυο, των πωλήσεων στο δίκτυο, της ισχύος εισόδου του inverter και της ισχύος εξόδου του inverter.



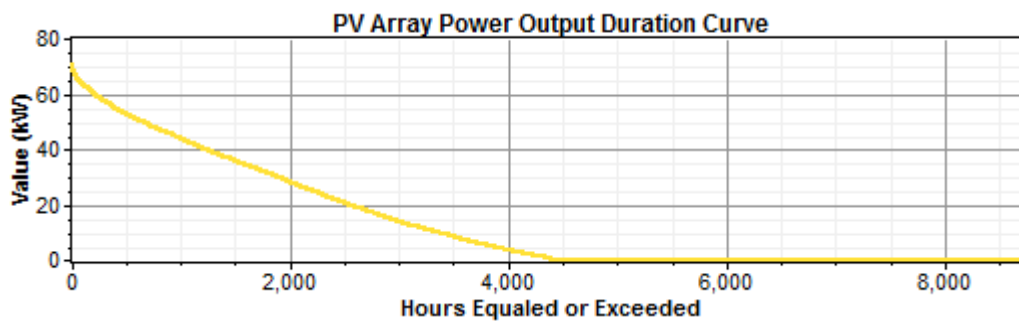
Εικόνα 6.29 Πιθανοτική Καμπύλη

- ✓ *CDF* (αθροιστική πιθανοτική καμπύλη) για την ηλιακή ακτινοβολία, την τυχαία ακτινοβολία, την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τη θερμοκρασία του φ/β, του AC φορτίου, της παραγόμενης ισχύος, της αγοράς από το δίκτυο, των πωλήσεων στο δίκτυο, της ισχύος εισόδου του inverter και της ισχύος εξόδου του inverter.



Εικόνα 6.30 Αθροιστική Πιθανοτική Καμπύλη για το AC φορτίο

- ✓ *DC* (καμπύλη διάρκειας) για την ηλιακή ακτινοβολία, την τυχαία ακτινοβολία, την θερμοκρασία περιβάλλοντος, τη θερμοκρασία του φ/β, του AC φορτίου, της παραγόμενης ισχύος, της αγοράς από το δίκτυο, των πωλήσεων στο δίκτυο, της ισχύος εισόδου του inverter και της ισχύος εξόδου του inverter.



Εικόνα 6.31 Καμπύλη Διάρκειας για την παραγόμενη ισχύ

6.16 Σύνοψη του προγράμματος

Συνοπτικά το HOMER παρέχει στους χρήστες τις παρακάτω δυνατότητες

1. Να ορίζει την τοποθεσία της προγραμματισμένης εγκατάστασης σε επίπεδο συντεταγμένων. Σε αντίθεση με το SunnyDesign ορίζονται οι συντεταγμένες του χώρου εγκατάστασης και όχι μια ορισμένη πόλη.
2. Να βάζει δεδομένα από μετεωρολογικό σταθμό είτε χειροκίνητα είτε με απευθείας εισαγωγή από το λογισμικό μέσω διαδικτύου.
3. Να εισάγει μέσες μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας.
4. Να θέτει στοιχεία για το συντελεστή αιθριότητας
5. Να ελέγχει τη μείωση της απόδοσης προσθέτοντας παραμέτρους θερμοκρασίας αν θέλει χωρίς όμως να υποχρεούται να έχει τα στοιχεία αυτά για να κάνει την προσομοίωση.
6. Να μελετάει οποιοδήποτε φωτοβολταϊκό σύστημα ανεξαρτήτων υλικών και κατασκευαστή χωρίς όμως να δίνεται η δυνατότητα για απευθείας εισαγωγή από το χρήστη δεδομένων τάσης ανοικτού κυκλώματος και ρεύματος βραχυκύκλωσης.
7. Να καθορίζει τις γωνίες εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών τόσο ως προς το οριζόντιο επίπεδο όσο και ως προς το αζιμούθιο
8. Να μελετάει και σταθερά και κινητά συστήματα καθορίζοντας το σύστημα διεύθυνσης τους καθώς και τον άξονα στον οποίο γίνεται η περιστροφή.
9. Να ορίζει τα χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων μετατροπέων που αφορούν στη διάρκεια ζωής, και το κόστος του όχι όμως και την ονομαστική τάση ανοικτού κυκλώματος στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ή τον αριθμό των μετατροπέων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν.
10. Να έχει εικόνα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ωριαία, ημερήσια, μηνιαία και ετήσια βάση
11. Να μελετάει με την ίδια αποτελεσματικότητα ή σε σύγκριση μεταξύ τους αυτόνομα και διασυνδεδεμένα συστήματα
12. Να έχει μια ικανοποιητική οικονομική ανάλυση χωρίς επιπλέον προσθήκη δεδομένων που δείχνει κατά πόσο είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση του συστήματος που εξετάζεται σε διάφορες παραμέτρους και σε σύγκριση με το δίκτυο αλλά και μεταξύ συστημάτων με διαφορετικές παραμέτρους.
13. Να συμπεριλαμβάνει στην οικονομική ανάλυση τα οποιαδήποτε έξοδα εγκατάστασης και λειτουργίας.
14. Να εξετάζει την οικονομική απόδοση της λύσης συναρτήσει των ισχύοντων φορολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης (Net Metering κλπ)
15. Να συμπεριλαμβάνει τυχόν αποκλίσεις της διάρκειας ζωής των στοιχείων που αποτελούν το σύστημα
16. Να αποθηκεύει τα διαγράμματα και τα αποτελέσματα σε αρχεία bitmap και .txt ή σε αρχεία .hmr.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 RETSScreen

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιαστεί ένα λογισμικό για την αξιολόγηση επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β σταθμούς. Το όνομα του λογισμικού αυτού είναι RETScreen και διακινείται ελεύθερα μέσω του διαδικτύου μέσω της ιστοσελίδας *Natural Resources of Canada* (www.retscreen.net³¹). Στην συνέχεια θα γίνει μια σύντομη παρουσίαση του λογισμικού αυτού, καθώς και η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο ο ενδιαφερόμενος χρήστης εισάγει τα απαραίτητα στοιχεία στο λογισμικό.

7.1 Γενική παρουσίαση του RETScreen

Η φωτοβολταϊκή εφαρμογή RETScreen, είναι ένα λογισμικό το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού ανα τον κόσμο. Τα αποτελέσματα που παράγει είναι εύκολα προσιτά στο χρήστη και σχετίζονται με την αποτίμηση της παραγωγής ενέργειας, του κόστους των απαιτούμενων εγκαταστάσεων και την μείωση των εκπομπών αερίων που συμβάλουν στην εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Όλα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν για τρεις βασικές κατηγορίες Φ/Β συστημάτων: συνδεδεμένων στο κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού, μη συνδεδεμένων με το κεντρικό δίκτυο παροχής ηλεκτρισμού και συστήματα άντλησης νερού. Ειδικότερα, για τα συνδεδεμένα συστήματα, το λογισμικό μπορεί να εμφανιστεί και για τα κεντροποιημένα και τα απομονωμένα συστήματα, ενώ για τα μη συνδεδεμένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση τόσο των αυτόνομων (με χρήση μπαταριών) συστημάτων, όσο και για τα υβριδικά συστήματα (διαθέτουν και άλλη γεννήτρια εκτός από την ηλιακή).

Το RetScreen μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμήσει βιομηχανικές, εμπορικές εφαρμογές όπως επίσης και εφαρμογές σε κατοικίες ή οργανισμούς. Μερικά από τα μοντέλα καθαρών τεχνολογιών που μπορεί να μελετήσει κανείς με το RetScreen είναι:

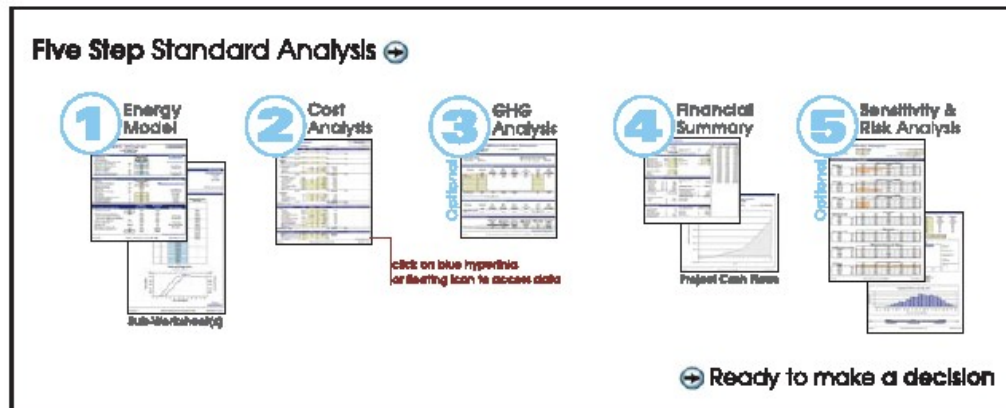
- Το μοντέλο ανεμογεννητριών που αφορά σε ανεμογεννήτριες είτε διασυνδεδεμένες στο δίκτυο είτε αυτόνομες, διαφόρων μεγεθών από μεγάλες ανεμογεννήτριες μέχρι μικρές ανεμογεννήτριες σε υβριδικά συστήματα
- Το μοντέλο μικρών υδροηλεκτρικών είτε διασυνδεδεμένο στο δίκτυο είτε αυτόνομα
- Το μοντέλο παραγωγής ενέργειας από φωτοβολταϊκά είτε διασυνδεδεμένα στο δίκτυο είτε αυτόνομα, υβριδικά τους συστήματα και εφαρμογές άντλησης νερού.
- Το μοντέλο θέρμανσης από βιομάζα που αφορά εφαρμογές ανάκτησης θερμότητας από βιομάζα ή απόβλητα
- Το μοντέλο ηλιακής θέρμανσης του αέρα
- Το μοντέλο ηλιακής θέρμανσης του νερού
- Το μοντέλο παθητικών συστημάτων θέρμανσης και
- Το μοντέλο συμπαραγωγής θερμότητας ισχύος

Η αρχική σελίδα του λογισμικού, αποτελεί εισαγωγή στο περιβάλλον του, αποτελεί μια εισαγωγή στο περιβάλλον του, όπου περιγράφονται σύντομα οι δυνατότητες και οι λειτουργίες που αυτό παρέχει. Ακόμα, υπάρχουν παραπομπές σε διάφορες διαδικτυακές τοποθεσίες για τη λήψη περισσότερων πληροφοριών. Στην ίδια σελίδα υπάρχουν και οι

διασυνδέσεις με τα υπόλοιπα μέρη του λογισμικού, τα οποία στην ουσία αποτελούνται από ειδικά μορφοποιημένα φύλλα του πακέτου Excel της Microsoft.

Το κύριο μέρος του λογισμικού αποτελείται από πέντε λογισμικά φύλλα. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Ενεργειακό μοντέλο
2. Ανάλυση κόστους
3. Ανάλυση κόστους μείωσης των Εκπομπών Αερίων του θερμοκηπίου
4. Χρηματοοικονομική ανάλυση



Εικόνα 7.1: Πέντε λογισμικά φύλλα του RetScreen

7.2 Ενεργειακό Μοντέλο

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το ενεργειακό μοντέλο και ο τρόπος συμπλήρωσής του. Μόλις ο χρήστης εισέλθει στο φύλλο αυτό του ζητείται να συμπληρώσει κάποια στοιχεία σχετικά με την εξεταζόμενη εφαρμογή. Αυτά είναι η ονομασία και τοποθεσία εφαρμογής, ο πλησιέστερος σταθμός καιρικών δεδομένων της περιοχής, το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας (από -90° έως 90°), η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για κεκλιμένη επιφάνεια (σε MWh/m^2), η ετήσια μέση θερμοκρασία της περιοχής (σε $^{\circ}C$, από -20 έως 30). Το λογισμικό στο σημείο εκείνο υπολογίζει την απαιτούμενη ενέργεια για τις εφαρμογές DC και AC ρεύματος για τους εξεταζόμενους μήνες (σε MWh). Εάν πρόκειται για σύστημα άντλησης νερού, υπολογίζεται επιπλέον η απαίτηση νερού για την χρονική περίοδο που εξετάζεται. Οι εξεταζόμενοι μήνες καθορίζονται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος (Βλ. παρακάτω). Η απαίτηση σε ενέργεια για εφαρμογές συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος καθορίζεται από την χρήση του συγκεκριμένου συστήματος και το εκάστοτε απαιτούμενο φορτίο και υπολογίζεται στο φύλλο Solar Resource and System Load, (RS & SL).

7.2.1 Χαρακτηριστικά του συστήματος και της πηγής ισχύος

Στο ίδιο λογισμικό φύλλο, ζητείται η περιγραφή των χαρακτηριστικών του υπό εγκατάσταση συστήματος. Αρχικά

καθορίζεται ο τύπος του συστήματος, δηλαδή εάν είναι συνδεδεμένο με το κεντρικό σύστημα παροχής ηλεκτρισμού (on-grid), μη συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο (off-grid) ή σύστημα άντλησης νερού (water pumping). Ο τύπος καθορίζεται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος και από εκεί περνάει αυτόματα στο φύλλο του ενεργειακού μοντέλου. Υπάρχουν τρεις τύποι συστήματος:

- ✓ Συνδεδεμένο στο δίκτυο όπου το σύστημα λειτουργεί χωρίς μπαταρίες και είναι συνδεδεμένο απευθείας στο δίκτυο (σαν αυτό που εξετάσαμε)
- ✓ Μη συνδεδεμένο στο δίκτυο όπου το σύστημα λειτουργεί με μπαταρίες και γεννήτριες και
- ✓ Το σύστημα άντλησης νερού που λειτουργεί χωρίς μπαταρίες

Ο χρήστης επιπλέον επιλέγει το είδος του δικτύου που μπορεί να είναι «κεντρικό δίκτυο» και «μονωμένο δίκτυο». Το κεντρικό δίκτυο απαιτείται για τα συστήματα όπου η εφαρμογή είναι μεγάλη και φτάνει στο μέγεθος του δικτύου το οποίο θα χρησιμοποιεί όλη την παραγόμενη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά. Για μικρότερες εφαρμογές και τοπικά δίκτυα επιλέγεται το μονωμένο δίκτυο. Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει απώλεια από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και για αυτό σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται να καθοριστεί και ο ρυθμός απορρόφησης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό (PV energy absorption rate).

Ο ρυθμός απορρόφησης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό εισάγεται σε % ποσοστό και είναι ο ρυθμός της ενέργειας που παράγεται από το σύστημα του φωτοβολταϊκού και θα χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή. Η εναπομείνουσα ενέργεια είναι διαθέσιμη για άλλες δυνατές χρήσεις. Στην περίπτωση του κεντρικού δικτύου ο ρυθμός απορρόφησης ενέργειας είναι 100% χωρίς να αποκλείεται η εισαγωγή μικρότερου ρυθμού απορρόφησης για την περίπτωση προσομοίωσης αντίστροφης ή εφαρμογής net metering. Στην περίπτωση του net metering η ενέργεια που δεν απορροφάται θεωρείται ότι πωλείται με διαφορετική τιμή από το διαφυγόν κόστος ενέργειας. Στις περιπτώσεις που δεν επιτρέπεται η πώληση της εναπομείνουσας ενέργειας πίσω στο δίκτυο ο χρήστης θα καθορίσει ένα μη διασυνδεδεμένο σύστημα και ο ρυθμός απορρόφησης θα μειωθεί έτσι ώστε να αντανακλά τη χαμένη ενέργεια.

Για τα μεμονωμένα δίκτυα μελέτες έχουν αποδείξει πως λιγότερο από 5% της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά χάνεται εξαιτίας αναντιστοιχιών ανάμεσα στην έξοδο του φωτοβολταϊκού και της ενεργειακής ζήτησης. Για αυτό ο ρυθμός απορρόφησης θα είναι μεγαλύτερος από 95% και θα φτάνει το 100% όταν το μέγεθος του φωτοβολταϊκού είναι μικρό συγκρινόμενο με το φορτίο του δικτύου.

Η πηγή ισχύος επιλέγεται από το χρήστη από τις επιλογές που δίνει το πρόγραμμα. Από το λογισμικό προτείνεται η αντικατάσταση των συμβατικών ηλεκτρικών πηγών (γεννήτριες, θερμοηλεκτρικές γεννήτριες, μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες), των φωτεινών πηγών και των μηχανικών πηγών με ένα φωτοβολταϊκό σύστημα. Αν πρόκειται για άλλη εφαρμογή υπάρχει η δυνατότητα της επιλογής «Άλλο» (Other).

RETScreen Tools - Power project

Settings

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> As fired fuel | <input type="checkbox"/> Ground heat exchanger | <input type="checkbox"/> User-defined fuel - gas |
| <input type="checkbox"/> Biogas | <input type="checkbox"/> Heat rate | <input type="checkbox"/> User-defined fuel - solid |
| <input type="checkbox"/> Building envelope properties | <input type="checkbox"/> Heating value & fuel rate | <input type="checkbox"/> Water & steam |
| <input type="checkbox"/> Appliances & equipment | <input type="checkbox"/> Hydro formula costing method | <input type="checkbox"/> Water pumping |
| <input type="checkbox"/> Electricity rate - monthly | <input type="checkbox"/> Landfill gas | <input type="checkbox"/> Window properties |
| <input type="checkbox"/> Electricity rate - time of use | <input type="checkbox"/> Unit conversion | <input type="checkbox"/> Custom 1 |
| <input type="checkbox"/> GHG equivalence | <input type="checkbox"/> User-defined fuel | <input type="checkbox"/> Custom 2 |

Σχήμα 7.2: Επιλογή πηγής ισχύος

Ο χρήστης έχει επίσης τη δυνατότητα να επιλέξει το είδος του καυσίμου δηλαδή την αντικατάσταση συμβατικών γεννητριών και μηχανοκίνητων αντλιών με φωτοβολταϊκά συστήματα. Τα καύσιμα που επιλέγονται καθορίζουν την αντικατάσταση των γεννητριών συμβατικών καυσίμων και των μηχανοκίνητων αντλιών με φωτοβολταϊκά συστήματα.

Ανάλογα με το «Είδος της Εφαρμογής» που έχει επιλεγεί ο χρήστης καθορίζει την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται στην βασική περίπτωση είτε δίνοντας μια δεδομένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) είτε για την παραγωγή δεδομένης ποσότητας ηλεκτρισμού σε μια δεδομένη χρονική περίοδο.

7.2.2 Επιμέρους χαρακτηριστικά

Στην συνέχεια εκτιμάται και προτείνεται η ισχύς σε kW, του μετατροπέα από DC σε AC. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας την υπολογιζόμενη αιχμή του φορτίου, η οποία πραγματοποιείται στο φύλλο Ηλιακής Παραγωγής και Φορτίου του Συστήματος. Αιχμή φορτίου θεωρείται το άθροισμα όλων των φορτίων του ίδιου τύπου (π.χ. AC). Έπειτα, ο χρήστης καλείται να εισάγει τη χωρητικότητα του μετατροπέα, την απόδοση του και τις απώλειες ενέργειας. Στην περίπτωση που περιγράφεται Φ/Β σύστημα άντλησης νερού, τα χαρακτηριστικά που ζητούνται επιπλέον είναι ο τύπος της χρησιμοποιούμενης ενέργειας, οι αντίστοιχες πληροφορίες παραλείπονται.

7.2.3 Χαρακτηριστικά του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας

Ακολουθεί η περιγραφή των χαρακτηριστικών των μπαταριών που θα χρησιμοποιηθούν στο σύστημα. Ο χρήστης θα περιγράψει τις απαιτήσεις του επιλέγοντας μια από τις επιλογές που του παρέχει το λογισμικό. Έτσι, δίδονται οι ημέρες αυτονομίας που επιθυμεί ο χρήστης για τις μπαταρίες (από 2 έως 10 ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες), η ονομαστική τάση λειτουργίας της μπαταρίας (σε V), η απόδοση της μπαταρίας, η μέγιστη στάθμη αποφόρτισης, ο έλεγχος της θερμοκρασίας της μπαταρίας (εδώ παρέχονται τρεις επιλογές. Περιβάλλοντος, σταθερή, και ελάχιστη) και η ελάχιστη θερμοκρασία της μπαταρίας (σε C) και η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας (σε Ah). Το λογισμικό εκτιμά εδώ τη μέση υποβάθμιση της μπαταρίας λόγω θερμοκρασίας και την προτεινόμενη ονομαστική χωρητικότητα των μπαταριών (σε Ah). Ο μέσος χρόνος αποφόρτισης των μπαταριών εισάγεται ως το ποσοστό του ρυθμού χωρητικότητας των μπαταριών με τον οποίο λειτουργούν συνεχώς χωρίς απώλειες. Ο μέσος χρόνος αποφόρτισης εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος της μπαταρίας. Αν δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες ο χρήστης μπορεί να ακολουθεί τις πληροφορίες που φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

Είδος Μπαταρίας	Μέγιστος χρόνος αποφόρτισης
Lead-acid (car)	20%
Lead-acid (gel)	20%
Lead-acid (PV, vented)	60%
Nickel-Cadmium	85%

Εικόνα 7.3: Μέγιστος χρόνος αποφόρτισης μπαταρίας ανάλογα με το είδος

Στην περίπτωση ενός Φ/Β άντλησης νερού, οι πληροφορίες που αφορούν το σύστημα συσσώρευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, παραλείπονται.

7.2.4 Χαρακτηριστικά του Φ/Β πλαισίου

Στο επόμενο τμήμα του λογισμικού ακολουθεί η περιγραφή του Φ/Β πλαισίου για το σύστημα που μελετάται. Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο των ηλιακών κυττάρων (μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, άμορφο πυρίτιο, CdTe, CIS ή άλλος τύπος). Ο τύπος των φωτοβολταϊκών που θα επιλεγεί εξαρτάται από έναν αριθμό παραγόντων όπως το κόστος αγοράς τους από τους προμηθευτές, τη διαθεσιμότητα του προϊόντος τις αποδόσεις, τις εγγυήσεις λειτουργίας τους κτλ. Εάν δεν καθορίζεται από την εφαρμογή διαφορετικά επιλέγεται είτε «mono-Si» είτε το «poly-Si» που έχουν σχεδόν την ίδια τιμή και είναι οι συνηθέστεροι τύποι που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές.

Συμπληρώνεται και η κατασκευάστρια εταιρεία του Φ/Β πλαισίου, χωρίς καμία επίπτωση στους υπολογισμούς. Ακολούθως, δίνεται η ονομαστική απόδοση του πλαισίου. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα για αυτήν την παράμετρο να χρησιμοποιήσει τη βάση δεδομένων του λογισμικού (Product Database). Η απόδοση εξαρτάται από τον τύπο του θεωρούμενου φωτοβολταϊκού όμως διαφέρει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Στην περίπτωση που δεν είναι γνωστά τα στοιχεία κατασκευαστή και δεν υπάρχουν πληροφορίες για την ονομαστική απόδοση του στοιχείου χρησιμοποιούνται οι τιμές του ακόλουθου σχήματος.

Είδος κελιού	Ονομαστική Απόδοση (%)	Ονομαστικός συντελεστής θερμοκρασίας (1/°C)
mono-Si	13	0.004
poly-Si	11	0.004
a-Si	5	0.0011
CdTe	7	0.0024
CIS	7.5	0.0046

Εικόνα 7.4: Τυπές ονομαστικής απόδοσης στοιχείων όταν δεν είναι γνωστά τα κατασκευαστικά στοιχεία του

Στη συνέχεια ορίζεται η ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας των ηλιακών κυττάρων (Nominal Operating Cell Temperature, NOCT) (σε C). Η θερμοκρασία αυτή είναι η θερμοκρασία που αποκτά το στοιχείο όταν το φωτοβολταϊκό εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία της τάξης των 800W/m² με ταχύτητα ανέμου 1m/s και θερμοκρασία περιβάλλοντος 20° C χωρίς φορτίο. Η θερμοκρασία αυτή δίνεται από τον κατασκευαστή.

Το λογισμικό υπολογίζει το θερμοκρασιακό συντελεστή του πλαισίου (σε %/°C) αλλά υπάρχει η δυνατότητα να το ορίσει και ο χρήστης. Η τιμή του συγκεκριμένου συντελεστή εξαρτάται από το είδος του στοιχείου που χρησιμοποιείται και επειδή συνήθως δεν είναι εύκολο να βρεθεί από τον κατασκευαστή προτιμάται ο υπολογισμός του από τη βάση δεδομένων του λογισμικού.

Στη συνέχεια υπολογίζεται ο ελεγκτής του πλαισίου που συνδέει το φωτοβολταϊκό με το υπόλοιπο σύστημα. Υπάρχουν δύο επιλογές: ανιχνευτές μέγιστου σημείου λειτουργίας και αναρρίχησης. Οι ανιχνευτές μέγιστου σημείου λειτουργίας (Maximum Power Point Tracker (MPPT) είναι ηλεκτρονικές συσκευές που διατηρούν το δυναμικό των πλαισίων σε τέτοια τιμή ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση ανεξάρτητα από μεταβολές στις συνθήκες λειτουργίας ενώ ο ελεγκτής αναρίχησης (Clamped) συνδέεται απευθείας με το πλαίσιο και τις μπαταρίες και το πλαίσιο λειτουργεί στο δυναμικό που ορίζεται από τις μπαταρίες με αποτέλεσμα αν δεν είναι το βέλτιστο για το πλαίσιο να είναι μικρότερη η απόδοση.

Ακόμη, συμπληρώνονται οι τυχόν ενεργειακές απώλειες του Φ/Β πλαισίου οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη αλλού στο λογισμικό όπως για παράδειγμα απώλειες από τη σκόνη ή το χιόνι στο στοιχείο. Η τιμή αυτών των απωλειών είναι από 0 έως ένα μικρό ποσοστό και σπάνια φτάνει σε τιμές της τάξης του 20%. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα του Retscreen έναντι των άλλων δύο λογισμικών που εξετάστηκαν του Sunny Design και του HOMER.

Στο σημείο αυτό το λογισμικό εκτιμά την προτεινόμενη ονομαστική ισχύ του πλαισίου (σε kWp). Η ονομαστική ισχύς του πλαισίου εκφράζεται κάτω από συνθήκες ακτινοβολίας 1000W/m^2 σε θερμοκρασία 25°C και μάζα αέρα 1.5. Η τιμή που υπολογίζεται από το λογισμικό είναι ικανοποιητική προσέγγιση μιας προκαταρκτικής μελέτης ανάλυσης σκοπιμότητας.

Photovoltaic			
Type		mono-Si	
Power capacity	kW	0.15	
Manufacturer		Apin Solar	
Model		mono-Si - SP150	1 unit(s)
Efficiency	%	11.7%	
Nominal operating cell temperature	$^\circ\text{C}$	45	
Temperature coefficient	$\% / ^\circ\text{C}$	0.40%	
Solar collector area	m^2	1	
Miscellaneous losses	%	1.0%	

[See product database](#)

Εικόνα 7.5: Χαρακτηριστικά PV

Επίσης, συμπληρώνεται η ονομαστική ισχύς του πλαισίου (σε kWp). Για την περίπτωση των μη συνδεδεμένων στο δίκτυο αρχικά ο χρήστης επιλέγει την «Προτεινόμενη ονομαστική ισχύ του πλαισίου» (Suggested nominal PV array power) και στη συνέχεια εισάγει μικρότερες και μεγαλύτερες τιμές για να πραγματοποιήσει ανάλυση ευαισθησίας.

Το λογισμικό υπολογίζει την επιφάνεια που θα καλύπτει το πλαίσιο των φωτοβολταϊκών διαιρώντας την ονομαστική ισχύ με την ονομαστική απόδοση. Ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να εκτιμήσει την ακρίβεια του υπολογισμού του λογισμικού. Στην περίπτωση που το λογισμικό δίνει μεγαλύτερη επιφάνεια από το διαθέσιμο χώρο θα πρέπει να εξεταστεί ένα σύστημα μικρότερου μεγέθους.

7.2.5 Συνθήκες Ισχύος

Στο φύλο Solar Resource and System Load Calculation εισάγονται τα χαρακτηριστικά του φορτίου τα οποία χρησιμοποιεί το λογισμικό για να υπολογίσει την ενεργειακή απαίτηση σε συνεχές ρεύμα σε MWh για την εποχή που θεωρείται πως θα πραγματοποιηθεί η χρήση. Το μοντέλο υπολογίζει την προτεινόμενη ισχύ του inverter σε kW AC

και η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο AC. Αυτή η ισχύς αν χρησιμοποιηθεί ως προτεινόμενη ισχύς του inverter οδηγεί σε υπερεκτίμηση του μέγιστου φορτίου AC επειδή το λογισμικό θεωρεί πως όλα τα AC φορτία μπορούν να υπάρχουν ταυτόχρονα. Στην πράξη κάποιες από τις εφαρμογές μπορεί να πραγματοποιούνται σε διαφορετικούς χρόνους με αποτέλεσμα να απαιτείται μικρότερη ισχύς από τον μετατροπέα οπότε ο χρήστης να εισάγει μικρότερη τιμή. Αν δεν εφαρμόζονται AC φορτία στο φωτοβολταϊκό τίθεται μηδενική τιμή. Στην περίπτωση του μονομένου συστήματος ισχύει ό,τι και στο διασυνδεδεμένο. Το μειονέκτημα του προγράμματος είναι πως το διασυνδεδεμένο σύστημα πρέπει να συνοδεύεται πάντα από την ενεργειακή απαίτηση.

7.2.5.1 Μέση απόδοση inverter

Ο χρήστης εισάγει στο λογισμικό την συνδυαστική ισχύ (%) των ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του πλαισίου και τη μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Τυπικές τιμές απόδοσης είναι 85-90% ενώ η τιμή 90% προτείνεται ως αρχική τιμή. Αν το φωτοβολταϊκό δεν έχει εναλλασσόμενα φορτία τότε εισάγεται μηδενική τιμή. Στο RetScreen σε αντίθεση με το Sunny Design δεν εισάγονται τα στοιχεία συγκεκριμένου Inverter όπως το μοντέλο, η τάση ανοικτού κυκλώματος κλπ.

7.2.6 Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο

Στο ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο επαναλαμβάνονται πληροφορίες από το πρώτο φύλλο (δηλαδή το ενεργειακό μοντέλο), και αφορούν την τοποθεσία όπου γίνεται η εφαρμογή και το είδος της εφαρμογής (on-grid ή off-grid), την ποσότητα της αποδιδόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (σε MWh), την χωρητικότητα της επιπλέον γεννήτριας (σε KW), την ονομαστική ισχύ της φ/β συστοιχίας (σε kWp), την ισοδύναμη ενεργειακή DC απαίτηση (σε MWh), την επιθυμία ή μη του χρήστη για ανάλυση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου και το είδος του καυσίμου που υποκαθίσταται. Εάν ο χρήστης στο φύλλο ανάλυσης κόστους μείωσης εκπομπής αερίων έδωσε καταφατική απάντηση για την χρήση αυτού του φύλλου, τότε στην υποενότητα αυτή εμφανίζονται επιπλέον η καθαρή μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και η καθαρή μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για διάρκεια ίση με τη χρονική διάρκεια πίστωσης για τη μείωση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου.

7.2.7 Ανάλυση εκπομπών

Το φύλλο αυτό προσφέρει την ανάλυση κόστους που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό του έργου από την προσπάθεια μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η ανάλυση αυτή είναι προαιρετική. Ο χρήστης αποφασίζει με ένα «ναι» ή «όχι» αν οι υπολογισμοί αυτοί θα πραγματοποιηθούν.

Η ανάλυση εκπομπής αερίων θερμοκηπίου αποσκοπεί στον καθορισμό μιας ισοδύναμης ποσότητας εκπομπής αερίου CO₂, με βάση τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κάθε τύπος καυσίμου έχει το δικό του συντελεστή εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (ως αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εδώ θεωρούνται τα CO₂, N₂O και CH₄). Ο καθορισμός της παραγωγής αερίων θερμοκηπίου από κάθε καύσιμο, πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τη συμμετοχή του κάθε τύπου καυσίμου στην

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας(όσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει ένα καύσιμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο μεγαλύτερη συμμετοχή έχει και στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου).

Η ανάλυση πραγματοποιείται ξεχωριστά για κάθε τύπο εφαρμογής του Φ/Β συστήματος(συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, μη συνδεδεμένο με το κεντρικό δίκτυο, αντλητικό σύστημα). Αυτό γίνεται γιατί σε κάθε τύπο συστήματος η ίδια συμμετοχή από ένα καύσιμο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορετική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και άρα διαφορετική τιμή εκπομπής για κάθε αέριο θερμοκηπίου.

Emission Analysis				
Base case electricity system (Baseline)		GHG emission factor (excl. T&D)	T&D losses	GHG emission factor
Country - region	Fuel type	tCO ₂ /MWh	%	tCO ₂ /MWh
Greece	All types	0,664	5,0%	0,699
Electricity exported to grid	MWh	167	T&D losses	2,0%
GHG emission				
Base case	tCO ₂	116,7		
Proposed case	tCO ₂	2,3		
Gross annual GHG emission reduction	tCO ₂	114,4		
GHG credits transaction fee	%			
Net annual GHG emission reduction	tCO ₂	114,4	is equivalent to	21,0
GHG reduction income				
GHG reduction credit rate	\$/tCO ₂			1,400,000
				1,200,000

Cars & light trucks not used

tCO₂

Gasoline, light trucks not used

Litres of gasoline not consumed

Barrels of crude oil not consumed

People reducing energy use by 20%

Acres of forest absorbing carbon

Hectares of forest absorbing carbon

Σχήμα 7.6: Παράμετροι για την ανάλυση εκπομπών

7.3 Οικονομική ανάλυση

Στο φύλλο αυτό συνοψίζονται όλοι οι προηγούμενοι υπολογισμοί (του ενεργειακού μοντέλου, της ηλιακής παραγωγής και του φορτίου του συστήματος, της ανάλυσης του κόστους μείωσης εκπομπής αερίων θερμοκηπίου), ενώ πραγματοποιούνται και μερικοί νέοι υπολογισμοί, όπως π.χ εάν το έργο συμφέρει από οικονομικής πλευράς. Το φύλλο της χρηματοοικονομικής ανάλυσης χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες:

- 1 Ετήσιο ενεργειακό ισοζύγιο
- 2 Χρηματοοικονομικοί παράμετροι
- 3 Κόστη επενδύσεων
- 4 Χρηματοοικονομική αξιολόγηση

7.3.1 Ανάλυση κόστους

Σε αυτό το φύλλο εργασίας, γίνεται εισαγωγή των δεδομένων για τα στοιχεία κόστους. Συγκεκριμένα γίνεται η διάκριση του κόστους σε αρχικό, ετήσιο και περιοδικό.

Συγκεκριμένα το αρχικό κόστος περιλαμβάνει:

- Το κόστος μελέτης σκοπιμότητας (κόστος εύρεσης κατάλληλης περιοχής, αποτίμησης φωτοβολταϊκού δυναμικού, ταξιδιών, προετοιμασία αναφοράς, αποτίμηση, μελέτες μείωσης εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου)
- Το κόστος ανάπτυξης (άδειες, εγκρίσεις, δικαιώματα γης, καταγραφή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, διαπραγμάτευση αγοράς ενέργειας).

- Το κόστος του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (εγκατάσταση ανεμογεννητριών, κατασκευή δρόμων, κατασκευή γραμμών μεταφοράς ηλεκτρισμού).
- Τα υπόλοιπα κόστη που δεν κατατάσσονται σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες(μεταφορά, ανταλλακτικά).

Στα ετήσια κόστη περιλαμβάνονται:

- Το κόστος ενοικίου της γης.
- Το κόστος της ασφάλισης
- Το κόστος των φόρων ιδιοκτησίας
- Το κόστος της συντήρησης των γραμμών μεταφοράς
- Το κόστος της παρακολούθησης των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου
- Το κόστος των ταξιδιών
- Γενικά και διοικητικά κόστη
- Το κόστος της μισθοδοσίας των εργαζομένων και ασφαλιστικές εργοδοτικές εισφορές.

Στα περιοδικά κόστη περιλαμβάνονται κόστη Μηχανολογικού εξοπλισμού και πτερυγίων ανεμογεννητριών.

7.3.2 Χρηματοοικονομικοί παράμετροι

Στην υποενότητα αυτή, εξετάζονται διάφορες χρηματοοικονομικές παράμετροι που υπεισέρχονται στο πρόβλημα. Τέτοια παράμετρος είναι τα έξοδα που αποφεύγονται εξαιτίας της ελάττωσης χρήσης υγρών ή αερίων καυσίμων. Η παράμετρος αυτή μετράται σε πίστωση χρηματικών μονάδων ανα λίτρο καυσίμου εξαιτίας της ελάττωσης χρήσης υγρών ή αερίων καυσίμων. Η παράμετρος αυτή μετράται σε πιστώση χρηματικών μονάδων ανα λίτρο καυσίμου που εξοικονομείται (π.χ σε \$/lt). Ακόμα, ο χρήστης εισάγει το κέρδος (σε \$ Kwh) για κάθε Kwh που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης εισάγονται και πληροφορίες όπως ο ρυθμός αύξησης του ενεργειακού κόστους (σε %), ο πληθωρισμός (σε %), το επιτόκιο προεξόφλησης (σε %) και ο κύκλος ζωής του επενδυτικού έργου (σε έτη).

Εάν υπάρχει κάποιο κέρδος ή πιστώσεις από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τότε απαιτούνται και νέα στοιχεία. Αυτά είναι ο χρόνος παραγωγής (σε έτη) ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ο ρυθμός αύξησης (σε %) των κερδών από την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, το κέρδος σε χρηματικές μονάδες ανά τόνο CO₂ που δεν εκπέμπεται από την εγκατάσταση, η διάρκεια (σε έτη) εφαρμογής της πολιτικής μείωσης των αερίων θερμοκηπίου και ο ρυθμός αύξησης των κερδών από την εφαρμογή πολιτικής μείωσης των αερίων θερμοκηπίου. Ακόμα, ο χρήστης καλείται να εισάγει (εάν υπάρχουν) το μοναδιαίο κόστος (σε \$/ Kwh) που αποφεύχθηκε για την υπερπαραγωγή ενέργειας. Επίσης δίνεται (εάν υπάρχει) και το ετήσιο μοναδιαίο κόστος (σε \$/ Kwh-yr) για κάθε μονάδα χωρητικότητας του συστήματος που συνεισφέρει στην εξυπηρέτηση αιχμής του φορτίου στην περιοχή όπου εγκαθίσταται το Φ/Β σύστημα (ισχύει για διασυνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας Φ/Β συστήματα).

Ας σημειωθεί πως σε αυτή την υποενότητα ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει (εάν υπάρχει) η αναλογία δανεισμού ως προς τα συνολικά αρχικά κόστη (debt ratio), σε %, και, εάν το επιθυμεί, να πραγματοποιηθεί η ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων. Εάν υπάρχει επιτόκιο υπερημερίας, τότε ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει και το επιτόκιο ανατοκισμού των οφειλών (σε %) και τον ορίζοντα εξόφλησης των οφειλών (σε έτη). Εάν ο χρήστης επιλέξει να υπάρξει ανάλυση της φορολόγησης των εσόδων, τότε καλείται να δώσει επιπλέον στοιχεία, τα οποία είναι το ποσοστό % της φορολόγησης επί των εισοδημάτων, εάν υπάρχουν απώλειες κατά την πρόοδο του έργου, η μέθοδος λογιστικής απόσβεσης που θα ακολουθηθεί, το ποσοστό % της φορολογικής βάσης και το ποσοστό (%) απόσβεσης. Ανάλογα με τα στοιχεία που θα δώσει ο χρήστης, υπολογίζεται και τυπώνεται η περίοδος, σε έτη, για την λογιστική απόσβεση.

Τέλος, ο χρήστης ενημερώνει με ένα «ναι» ή «όχι» για το αν υπάρχει περίοδος χάριτος για τη φορολόγηση των εσόδων από το έργο. Ανάλογα με την απάντηση, συμπληρώνεται η διάρκεια της περιόδου, σε έτη.

Financial viability		
Pre-tax IRR - equity	%	10,8%
Pre-tax IRR - assets	%	3,5%
After-tax IRR - equity	%	10,8%
After-tax IRR - assets	%	3,5%
Simple payback	yr	11,4
Equity payback	yr	12,8
Net Present Value (NPV)	€	47
Annual life cycle savings	€/yr	5
Benefit-Cost (B-C) ratio		1,13
Debt service coverage		0,90
Energy production cost	€/MWh	402,77
GHG reduction cost	€/CO ₂	(30)

Εικόνα 7.7: Χρηματοοικονομικές παράμετροι

7.3.3 Κόστη Επενδύσεων

Σε αυτή την ενότητα συνοψίζονται μερικές πληροφορίες που αφορούν το έργο και υπολογίζονται μερικές καινούριες. Έτσι, παρουσιάζονται περιληπτικά τα αρχικά κόστη του έργου που είχαν υπολογιστεί στο φύλλο Ανάλυσης Κόστους. Στο σημείο αυτό ο χρήστης εισάγει το ποσό (εάν υπάρχει) για δωρεές ή κίνητρα, σε χρηματικές μονάδες.

Στην συνέχεια συνοψίζονται τα υπολογισθέντα περιοδικά κόστη του έργου, όπως αυτά υπολογίστηκαν στο φύλλο Ανάλυσης Κόστους. Το καινούριο εδώ είναι πως προτείνονται τα χρονοδιαγράμματα για το πότε, μέσα στο χρόνο ζωής του επενδυτικού έργου πρέπει να λαμβάνουν χώρα οι δραστηριότητες που επιφέρουν τα περιοδικά αυτά κόστη. Για παράδειγμα, η αλλαγή μπαταριών στην εγκατάσταση πρέπει π.χ. να γίνεται κάθε δέκα χρόνια, δηλαδή στις χρονιές 10 και 20 από το ξεκίνημα λειτουργίας του έργου, όταν ο χρόνος ζωής του έργου είναι είκοσι χρόνια. Τέτοιο χρονοδιάγραμμα προτείνεται και για την επιθεώρηση της επιπλέον γεννήτριας, όπου είναι δυνατόν να έχουμε και κέρδη από την πρόληψη ζημιών (οπότε το χρονοδιάγραμμα αναφέρεται στο κάθε πότε θα έχουμε εξοικονόμηση

χρημάτων από τη δραστηριότητα αυτή). Επίσης, συνοψίζονται και τα ετήσια κόστη, όπως έχουν υπολογιστεί. Ακολουθούν τα ετήσια έσοδα και η τυχόν εξοικονόμηση χρημάτων από διάφορες δραστηριότητες. Εδώ συνοψίζονται τα ποσά που εξοικονομούνται από τη χρησιμοποίηση ενέργειας από ΑΠΕ, από την εξοικονόμηση εγκατεστημένης ισχύος του συστήματος, τα έσοδα από την παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ και τα έσοδα από τη μείωση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

7.3.4 Χρηματοοικονομική αξιολόγηση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται κάποιες παράμετροι, οι οποίες σχετίζονται με χρηματοοικονομικούς υπολογισμούς, καταδεικνύοντας κάποια χαρακτηριστικά για τη βιωσιμότητα του έργου. αρχικά, εφευρόζεται η μέθοδος του εσωτερικού βαθμού απόδοσης στα δεδομένα χωρίς πρώτα να έχει εφαρμοστεί φορολόγηση των οικονομικών στοιχείων του έργου. Η μέθοδος IRR εφαρμόζεται στη συνέχεια και στα οικονομικά στοιχεία μετά τη φορολόγησή τους.

Ακολούθως, εφαρμόζεται η μέθοδος της απλής επανείσπραξης για το επενδυτικό έργο, κατά την οποία υπολογίζεται σε πόσα έτη ο επενδυτής θα εισπράξει πίσω το ποσό της επένδυσής του για το έργο. Επειτα υπολογίζεται η πιθανή χρονιά, μετά την έναρξη λειτουργίας του έργου, οπότε ο επενδυτής θα λάβει θετική ταμειακή ροή (Κέρδος). Ακόμη, εφαρμόζεται το κριτήριο Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), σύμφωνα με το οποίο συγκρίνεται η παρούσα αξία των προβλεπόμενων καθαρών ροών προερχόμενες από το επενδυτικό έργο με την αρχική του δαπάνη, με τη σύγκριση να πραγματοποιείται στο χρόνο μηδέν (δηλαδή τη στιγμή που ο επενδυτής πραγματοποιεί τη σύγκριση). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ετήσιες εξοικονομήσεις που επιτυγχάνονται για τη διάρκεια ζωής του έργου, δηλαδή ποιο ποσό θα εξοικονομείται κάθε έτος λειτουργίας του έργου. Εδώ υπολογίζεται ο δείκτης αποδοτικότητας, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ΚΠΑ του έργου προς τα συνολικά αρχικά κόστη.

Ο χρήστης έπειτα καλείται να απαντήσει εάν επιθυμεί τον υπολογισμό του κόστους για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμη πηγή και του κόστους που συνεπάγεται η δραστηριότητα μείωσης εκπομπής των αερίων θερμοκηπίου. Ανάλογα με την απάντηση που θα δώσει ο χρήστης, αλλά και σε συνάρτηση με την απάντηση που έδωσε ο ίδιος στο φύλλο Ανάλυσης Εκπομπής Αερίων Θερμοκηπίου, υπολογίζεται το κόστος για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου. Στη συνέχεια υπολογίζεται το χρέος που προκύπτει για το έργο, ως ακολούθως:

$$(\text{αρχικά κόστη}) - (\text{αρχικά κόστη } \chi \text{ προεξοφλητικό επιτόκιο})$$

Στο σημείο αυτό υπολογίζονται οι ετήσιες δόσεις αποπληρωμής του χρέους αυτού, για την διάρκεια αποπληρωμής του χρέους. Τέλος, υπολογίζεται το κόστος παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ, σε χρηματικές ανα χρησιμοποιούμενη μονάδα καυσίμου. Ας σημειωθεί πως στο φύλλο αυτό, εμφανίζεται ένας πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις ετήσιες ταμειακές ροές για το έργο, για όλη τη διάρκεια ζωής του. Επιπλέον, στο τέλος του φύλλου, εμφανίζεται ένα γράφημα στο οποίο απεικονίζονται οι ταμειακές ροές του έργου ανα έτος.

1. Κριτήριο Απλής Επανείσπραξης

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει τον αριθμό ετών μετά το πέρας των οποίων οι συσσωρευμένες καθαρές ταμειακές ροές ξεπερνούν το μηδέν. Βασίζεται στη ιδέα ότι το έργο για το οποίο τα επενδυμένα κεφάλαια επανεισπράττονται γρηγορότερα αποτελεί την προτιμώμενη επένδυση, εφόσον τίθεται θέμα επιλογής. Το σκεπτικό πίσω από την ιδέα αυτή είναι ότι όσο συντομότερη είναι η περίοδος επανείσπραξης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ρευστότητα και τόσο χαμηλότερου κινδύνου είναι το έργο.

2. Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

Η καθαρή παρούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Που προκύπτει ως διαφορά μεταξύ του λειτουργικού οφέλους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία, ανοιγμένη συνήθως στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος.

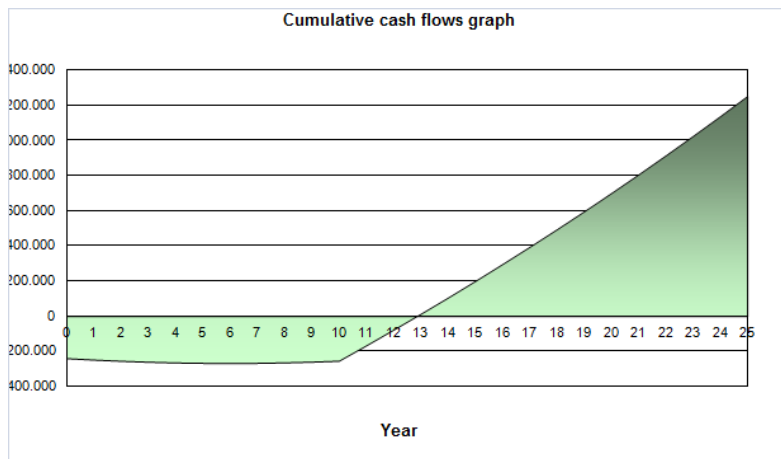
- Αν $NPV > 0$ η επένδυση είναι βιώσιμη κάτω από τις δεδομένες συνθήκες
- Αν $NPV = 0$ η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με την επιθυμητή απόδοση κεφαλαίου.
- Αν $NPV < 0$ η επένδυση είναι αντιοικονομική.

3. Ταμειακές ροές

Είναι γενικά οι εκροές και εισροές σε ένα επενδυτικό έργο. Οι εκροές αποτελούν τα ποσά που προορίζονται για την εξόφληση των οφειλών της επένδυσης, σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ οι εισροές αποτελούν τα έσοδα από την αξιοποίηση της εν λόγω επένδυσης.

4. Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης IRR

Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο είναι το επιτόκιο εκείνο που εξισώνει την καθαρή παρούσα αξία των ταμειακών του ροών με το μηδέν. Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι μεγαλύτερος από το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης του επενδυτή τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι θετική και η απόφαση για επένδυση γίνεται αποδεκτή. Όταν ο εσωτερικός συντελεστής απόδοσης είναι μικρότερος από το επιλεγμένο επιτόκιο προεξόφλησης του επενδυτή τότε η καθαρή παρούσα αξία του έργου είναι αρνητική και η απόφαση για επένδυση δεν γίνεται αποδεκτή. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης για ένα επενδυτικό έργο από μόνος του δεν μπορεί να δώσει μια εικόνα για το εάν αυτό είναι συμφέρον ή όχι. Αντίθετα πρέπει να υπάρχει ένα επιτόκιο με το οποίο πρέπει να συγκριθεί και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα για την αποδοτικότητα του έργου. Το επιτόκιο προεξόφλησης (εξωτερικός κανόνας) το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της καθαρής παρούσας αξίας.



Σχήμα 7.8: Διάγραμμα ετήσιου γραφήματος αποπληρωμής

7.4 Σύνοψη του προγράμματος

Συνοπτικά το RetScreen έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να ορίζει τα χαρακτηριστικά της προγραμματισμένης εγκατάστασης σε επίπεδο συντεταγμένων.
- Το RetScreen δίνει τη δυνατότητα εισόδου δεδομένων από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό στην υπο μελέτη εγκατάσταση αυτόματα.
- Μπορεί να εισάγει μέσες μηνιαίες τιμές ηλιοφάνειας
- Σε αντίθεση με τα άλλα δύο λογισμικά που αναφέρθηκαν λαμβάνει γενικές τιμές έτοιμες όσον αφορά στα κόστη και στα χαρακτηριστικά απόδοσης όπως επίσης και για τα κλιματολογικά δεδομένα της εξεταζόμενης περιοχής εγκατάστασης.
- Να χρησιμοποιεί τα δεδομένα θερμοκρασίας για τον υπολογισμό της απόδοσης για την απόδοση του φωτοβολταϊκού και την απόδοση της μπαταρίας
- Να μελετάται οποιοδήποτε φωτοβολταϊκό σύστημα και να εισάγεται ο κατασκευαστής και το μοντέλο του φωτοβολταϊκού έτσι ώστε να ανακαλούνται από τη βάση δεδομένων του πληροφορίες σχετικά με αυτό.
- Σε αντίθεση με το Sunny Design δεν μπορεί να ορίσει τη συνδεσμολογία των πλαισίων αν είναι παράλληλα ή σε σειρά.
- Να ορίζει τη γωνία εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού ως προς το οριζόντιο επίπεδο, τη γωνία του αζιμούθιου καθώς και να μελετάει κινούμενα συστήματα ενός ή δύο αξόνων.
- Να έχει μια ικανοποιητική οικονομική ανάλυση χωρίς επιπλέον προσθήκη δεδομένων που δείχνει κατά πόσο είναι συμφέρουσα η εγκατάσταση του συστήματος που εξετάζεται. Η ανάλυση που προσφέρει είναι πιο αναλυτική από τα δύο προηγούμενα προγράμματα.
- Να συμπεριλαμβάνει στην οικονομική ανάλυση τα οποιαδήποτε έξοδα εγκατάστασης και λειτουργίας.
- Να εξετάζει την οικονομική απόδοση της λύσης συναρτήσει των ισχύοντων φορολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης (Net Metering κλπ)
- Να αποθηκεύει τα αποτελέσματα σε αρχεία excel

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Σύνοψη-Συγκριση –Συμπεράσματα

Τα τρία προγράμματα ελεύθερης χρήσης συγκεντρώνουν κοινά χαρακτηριστικά ως προς την εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς επίσης δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης αυτόνομων συστημάτων αλλά και διαφορές. Συνοπτικά για τα τρία προγράμματα:

8.1 Γενικά επίπεδα σύγκρισης

Το *Homer* και το *RetScreen* ορίζουν τα χαρακτηριστικά μιας εγκατάστασης σε επίπεδο συντεταγμένων σε αντίθεση με το *Sunny Design* που την ορίζει σε επίπεδο πόλης.

8.1.1 Ηλιακή ακτινοβολία

Στο *Homer* και στο *RetScreen* τα δεδομένα εισάγονται αυτόματα από μετεωρολογικό σταθμό και στο *Homer* μπορούν να εισαχθούν και χειροκίνητα ενώ στο *Sunny Design* δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα.

Το *Homer* και το *RetScreen* δίνουν τη δυνατότητα για την εισαγωγή μέσω τιμών σε αντίθεση με το *Sunny Design* στο οποίο δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα.

Από τα τρία λογισμικά γενικές έτοιμες τιμές παραμέτρων μπορεί να εισαχθούν μόνο στο *RetScreen* ενώ μόνο στο *Homer* ορίζεται ο συντελεστής αιθριότητας.

Μόνο στο *Homer* από τα τρία λογισμικά εισάγεται η ανακλαστικότητα του εδάφους ως παράμετρος.

8.1.2 Συντελεστές μείωσης απόδοσης και χαρακτηριστικά φ/β κυψέλης

Και στα τρία λογισμικά μπορούν να προστεθούν αρχεία θερμοκρασίας ενώ δεν απαιτείται σε κανένα η εισαγωγή στοιχείων για τη σκόνη.

Όσον αφορά στις ιδιότητες του φωτοβολταϊκού και στα τρία λογισμικά προσομοιώνονται όλες οι κατηγορίες υλικών ενώ στο *Sunny Design* και στο *RetScreen* εξετάζονται πλαίσια οποιουδήποτε κατασκευαστή και ορίζονται οι ιδιότητες του πλαισίου. Η δυνατότητα εξέτασης σύνδεσης των φ.β σε σειρά ή παράλληλα εξετάζεται μόνο στο *Sunny Design* ενώ σε κανένα από τα τρία λογισμικά δεν ορίζεται η καμπύλη I-V του πλαισίου. Στο *Sunny Design* υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής χαρακτηριστικών σημείων της καμπύλης, όπως παράδειγμα η τάση ανοιχτού κυκλώματος από τον χρήστη.

Και στα τρία λογισμικά ορίζονται οι παράμετροι τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών όπως το οριζόντιο επίπεδο, το αζιμούθιο και το *tracking* ενός άξονα ενώ στο *Sunny Design* δεν δίνεται η δυνατότητα εξέτασης του *tracking* σε δυο άξονες. Στο *RetScreen* από την άλλη υπάρχει η δυνατότητα εξέτασης του *tracking* σε σχέση με το αζιμούθιο και μπορεί να επιλεγεί η βέλτιστη γωνία κλίσης.

8.1.3 Μετατροπέας

Σχετικά με το μετατροπέα το *RetScreen* και το *Homer* είναι πιο περιορισμένα από το *Sunny Design*. Έτσι ενώ η ισχύς [P] και η απόδοση [η] ορίζονται και στα τρία λογισμικά, η επιλογή του μοντέλου του μετατροπέα, το είδος του ο

αριθμός των απαιτούμενων μετατροπών και οι υπερβάσεις της τάσης ανοικτού κυκλώματος [Voc] και του ρεύματος βραχυκύκλωσης [Isc] ορίζονται μόνο στο *Sunny Design*.

Επίσης, στο *Sunny Design* είναι το μόνο από τα τρία προγράμματα που ορίζεται ο υπολογισμός των καλωδιώσεων. Συγκεκριμένα στο *Sunny Design* δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει την καλύτερη διατομή των καλωδίων DC και AC.

Το *RetScreen* παρουσιάζει ανάλυση της τελικής παραγωγής εκτός από την μηνιαία παραγωγή από τη διάταξη. Το *Sunny Design* δίνει την ετήσια παραγωγή ενώ, το *Homer* δίνει την ωριαία, την μηνιαία και την ετήσια παραγωγή από τη διάταξη.

8.1.4 Οικονομική ανάλυση

Το *Homer* και το *RetScreen* δίνουν στα τελικά αποτελέσματα στοιχεία που επιτρέπουν να θεωρηθεί η αποπληρωμή του δανείου από τα δεδομένα θέσης και χαρακτηριστικών των φ/β καθώς και τα δεδομένα κόστους. Προσδιορίζουν επίσης προσομοιώσεις περιπτώσεων πληθωρισμού και να προσδιορίσουν διαφορετικό χρόνο ζωής ανά συνιστώσα και χρησιμοποιεί τα δεδομένα της φορολογίας. Επίσης, μπορεί να εκτιμηθούν και οι παραγόμενοι ρύποι από την εξεταζόμενη εφαρμογή.

Το βασικό μειονέκτημα του *Sunny Design* είναι πως δεν δίνει κανενός είδους οικονομική ανάλυση.

8.2 Συγκεντρωτικός Πίνακας Σύγκρισης προγραμμάτων.

Σύνοψη και συγκριτική παρουσίαση των προγραμμάτων που αναλύθηκαν παρουσιάζεται στον Πίνακα 8-1.

Πίνακας 8-1 Συγκεντρωτικός πίνακας προγραμμάτων.

	Sunny Design	Homer	RetScreen
Γενικά..			
Τύπος λογισμικού.	Freeware	Shareware	Freeware
Τι μπορώ να ορίσω για τον τόπο που εξετάζω;	Επίπεδο πολης	Συντεταγμένες	Συντεταγμένες
Ηλιακή ακτινοβολία			
Μπορώ να βάλω μετρήσεις από μετεωρολογικό σταθμό;	OXI	NAI	NAI
Μπορώ να βάλω μέσες μηνιαίες τιμές	OXI	NAI	NAI
Λαμβάνει έτοιμες γενικές τιμές;	OXI	OXI	NAI
Μπορώ να βάλω στοιχεία για το συντελεστή αιθριότητας;	OXI	NAI	OXI
Ground reflectance(ανακλαστικότητα εδάφους;)	OXI	OXI	OXI
Συντελεστές Μείωσης απόδοσης			
Χρειάζομαι ή μπορώ να προσθέσω αρχεία θερμοκρασίας;	NAI	NAI	NAI
Μπορώ να βάλω στοιχεία για την σκόνη	OXI	OXI	OXI
Φ/Β κυψέλη			
Τι υλικά μπορεί να προσομοιώσει το πρόγραμμα (άμορφο,οργανικά, κλπ;)	ΟΛΕΣ	ΟΛΕΣ	ΟΛΕΣ
Μπορώ να βάλω πλαίσια οποιουδήποτε κατασκευαστή;	NAI	OXI	NAI
Μπορώ να ορίσω ιδιότητες πλαισίου;	NAI	OXI	NAI
Μπορώ να ορίσω την Καμπύλη I-V του πλαισίου	OXI	OXI	OXI
Τι συντελεστές μπορώ να προσδιορίσω ακόμη;			
Συνδεσμολογία Φ/Β -σειρά/παράλληλα;	NAI	OXI	OXI
Στήριξη			
Γνωία ως προς το οριζόντιο επίπεδο;	NAI	NAI	NAI
Γωνία ως προς το αζιμούθιο;	NAI	NAI	NAI
Tracking ενός άξονα	NAI	NAI	NAI
Tracking δύο αξόνων	OXI	NAI	NAI
Μετατροπείς			
Ισχύς;	NAI	NAI	NAI
Απόδοση (σταθερή ή μεταβλητή)	NAI	NAI	NAI
Επιλογή μοντέλου;	NAI	OXI	OXI
Τριφασικός ή μονοφασικός;	NAI	OXI	OXI
Αριθμός απαιτούμενων μετατροπέων;	NAI	OXI	OXI
Υπέρβαση τάση ανοικτού κυκλώματος;	NAI	OXI	OXI
Υπέρβαση ρεύματος βραχυκύκλωσης;	NAI	OXI	OXI
Καλωδίωση			
Υπολογισμός καλωδίων DC (διατομή);	NAI	OXI	OXI
Υπολογισμός καλωδίων AC (διατομή);	NAI	OXI	OXI
Επίπεδο ανάλυσης τελικής παραγωγής			
Παρουσιάζεται ωριαία παραγωγή από τη διάταξη;	OXI	NAI	OXI
Παρουσιάζεται μηνιαία παραγωγή από τη διάταξη;	OXI	NAI	OXI
Παρουσιάζεται ετήσια παραγωγή από τη διάταξη;	NAI	NAI	OXI
Υποστηρίζει αυτόνομα συστήματα;	NAI	NAI	NAI
Οικονομική ανάλυση			
Μπορεί να σου εξηγήσει πότε θα αποπληρώσεις το δάνειο;	OXI	NAI	NAI
Μπορεί να προσομοιώσει περιπτώσεις πληθωρισμού;	OXI	NAI	NAI
Παρουσιάζει αναλυτικά τις χρηματοροοές;	OXI	NAI	NAI

Μπορείς να προσθέσεις λοιπά έξοδα λειτουργίας του πάρκου;	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Μπορεί να προσδιορίσει διαφορετικό χρόνο ζωής ανά συνιστώσα;	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ
Μπορεί να χρησιμοποιήσει φορολογία;	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Εκτυπώσιμα αρχεία και αποθήκευση			
Τι εκτυπώσιμα αρχεία παράγονται;	PDF	TXT BITMAP	EXCELL
Τι αρχεία μπορούν να αποθηκευτούν;	PDF	HOMER	RetScreen Documents,

8.3 Γενικό Συμπέρασμα

Όπως γίνεται προφανές από τα παραπάνω τα *shareware* εργαλεία μπορούν ανάλογα με τις δυνατότητες τους να βοηθήσουν στο σχεδιασμό ενός φ/β. Η επιλογή του ανάλογου λογισμικού ανάλυσης είναι συνάρτηση των παραμέτρων που θέλουν να εξεταστούν ως προς την εξεταζόμενη εφαρμογή. Για εφαρμογές που δεν ενδιαφέρουν οι οικονομικές παράμετροι παρά μόνο οι τεχνικές το *Sunny Design* αποτελεί μια καλή επιλογή ενώ όταν επιθυμητή είναι και η οικονομική απόδοση του συστήματος προτιμότερη είναι η χρήση του *RetScreen* ή του *Homer*. Τα προγράμματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό αλληλοκαλύπτοντας τις αδυναμίες τους. Με το συνδυασμό των τριών προγραμμάτων μπορεί να εξεταστεί μια πλήρης εγκατάσταση φ/β εξετάζοντας όλες τις παραμέτρους που το αφορούν.

Θα μπορούσαν να συνδυαστούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας πρώτα λογισμικό πρόγραμμα *Sunny Design* στο οποίο ο ενδιαφερόμενος θα βρεί προτάσεις για τον σχεδιασμό της φωτοβολταϊκής εγκατάστασής του. Το πρόγραμμα θα του προτείνει ένα συνδυασμό φωτοβολταϊκών γεννητριών και μετατροπέων , για την καλύτερη λειτουργία της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Στην συνέχεια με το *Homer* θα εκτελεστούν οι υπολογισμοί ενεργειακής ισορροπίας και θα καθοριστεί εάν ο συνδυασμός είναι εφικτός. Δηλαδή, εάν μπορεί να ικανοποιήσει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και εφόσον μπορεί τότε θα υπολογίσει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας του συστήματος αυτού, καθ' όλη την διάρκεια ζωής του. Τέλος , με την χρήση του λογισμικού *Retscreen* θα γίνει αξιολόγηση των επενδυτικών σχεδίων που αφορούν την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Θα Υπολογιστεί εάν το έργο συμφέρει από οικονομικής πλευράς συμπεριλαμβάνοντας στην οικονομική ανάλυση τα οποιαδήποτε έξοδα εγκατάστασης και λειτουργίας και θα εξετάσει την οικονομική απόδοση της λύσης συναρτήσει των ισχυόντων φορολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ¹ Christopher Koroneos et al, “Exergy analysis of renewable energy sources, Renewable Energy” vol. 28, pp. 295-310, 2003,
- ² Alternative Energy, Mark E Hazen 1996 Page 41
- ³ Haralampopoulos et al, “Renewable Energy Penetration in the Touristic Industry” vol 61, 20014.
- ⁴ Δ.Παπαντώνης, Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα, Εκδόσεις Συμεών 2001
- ⁵ Φυτίκας, Μιχάλης Δ. Γεωθερμία
- ⁶ Παναγιώτης Γ. Χαρόνης Βιοαέρια και ενέργεια από βιομάζα
- ⁷ T. J. T.Whittaker, S. J. McIwaaine, S. Raghunathan, “A review of the Islay shoreline wave power station,” in Proc. Eur. Wave Energy Symp.,1993, pp. 283–288.
- ⁸ ΔΕΔΔΗΕ-Διαχειριστής Μη διασυνδεδεμένων νησιών, διαθέσιμο,(www.deddie.gr)
- ⁹ Παναγιώτης Παναγιώτου «Φωτοβολταϊκά συστήματα» Αθήνα Σεπτέμβριος 2007
- ¹⁰ METEONORM software by Meteotest, διαθέσιμο: (<http://www.meteonorm.com>)
- ¹¹ Σεμιναριακός κύκλος « Σύγχρονες λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ενσωμάτωσης Α.Π.Ε σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις», Ηράκλειο 2011, διαθέσιμο: (<http://www.reetrofit.eu/content.php>)
- ¹² Κέντρο ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης ενέργειας, διαθέσιμο: (<http://www.cres.gr>)
- ¹³ .I.E Φραγκιαδάκης, «Φωτοβολταϊκά Συστήματα» 3η Έκδοση 2009, εκδόσεις ΖΗΤΗ Θεσσαλονίκη.
- ¹⁴ J.A Duffie and W.A Beckman “solar engineering of thermal processes”. Second Edition, John Wiley and sons, Inc.
- ¹⁵ Tomas Markvart, “Electricity from the sun”
- ¹⁶ Liu,BYH, Jordan R.C. The inter-relationship and characteristic distribution of direct,diffuse and total solar radiation,Solar Energy,1960, 4(3),1-19.
- ¹⁷ Collares – Pereira M and Rabl A (1979). “The average distribution of solar radiation: correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values”. *Solar energy*, Vol 46 pp 24-254
- ¹⁸ ARTEMIS SAIKAKISDIRECTOR, SCIENCE & TECHNOLOGY PARK OF CRETE, FORTH Seminar: “Renewable Energies and Energy efficiency in European islands” La Laguna, Tenerife, Feb 11 2011.
- ¹⁹ ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701 – 3/2010 « Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών» Α΄έκδοση Αθήνα 2010
- ²⁰ Ηλίας Ε. Κουτελιδάκης «Καθορισμός παραγόντων που επηρεάζουν την παραγόμενη ισχύ σε Φ/Β πάρκο 80kW» Αθήνα, Μάιος 2012
- ²¹ Ηλεκτρικά Κεφάλαια Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων και Δικτύων", Δ.Κ.Τσανάκας
- ²² GPSequip.Eu
- ²³ MechatronABEE , διαθέσιμο (<http://www.mechatron.gr>)
- ²⁴ Αποστόλης Τσακρίδης «Επίπτωση της διείσδυσης Φωτοβολταϊκών συστημάτων στο μη διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κρήτης» Ηράκλειο, Μάρτιος 2012
- ²⁵ Bosch Solar Energy, διαθέσιμο:(www.bosch-solarenergy.de)
- ²⁶ Φωτης Σεργιόπουλος, Μωυσής Δαμιανίδης , Μάνθος Τόλης «Οδηγός μελέτης και υλοποίησης Φωτοβολταϊκών έργων» Θεσσαλονίκη Απρίλιος 2011
- ²⁷ SMA Solar Technology ,διαθέσιμο(www.sma-hellas.com)
- ²⁸ Βικιπαιδεία, διαθέσιμο (www.wikipedia.gr)
- ²⁹ © 2004 έως 2011 SMA Solar Technology AG. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος. (www.SMA.de)
- ³⁰ National Renewable Energy Laboratory (<http://www.homerenergy.com>)
- ³¹ *Natural Resources of Canada* (www.retscreen.net)