ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Ο ΤΙΤΛΟΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΩΣ 10KW ΣΕ ΟΡΟΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Πτυχιακή Εργασία

Θεοδώρου Γεώργιος (ΑΜ.4462)

Επιβλέπων: Παπαδάκης Νικόλαος
Επιστημονικός συνεργάτης ΑΤΕΙ Κρήτης

Ηράκλειο, Απρίλιος 2013

Υπεύθυνη Δήλωση :

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην πτυχιακή εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η πτυχιακή εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανολογίας του Τ. Ε.Ι. Κρήτης.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ **1**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ **1**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ **1**

Ο ΤΙΤΛΟΣ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ **1**

Πτυχιακή Εργασία **1**

Θεοδώρου Γεώργιος (ΑΜ.4462) **1**

Επιβλέπων: Παπαδάκης Νικόλαος **1**

Επιστημονικός συνεργάτης ΑΤΕΙ Κρήτης **1**

Ηράκλειο, Σεπτέμβριος 2012 ..... **1**

Υπεύθυνη Δήλωση : **2**

Στους γονείς μου για την βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και στους φίλους μου για την στήριξη τους. **5**

1 Εισαγωγή **8**

1.1 Σκοπός της πτυχιακής *11*

2 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία **12**

2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο *12*

2.2 Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πάνελ [] *15*

2.2.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου 15

2.2.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο 17

2.2.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες 17

2.3 Φωτοβολταϊκή συστοιχία (string) *18*

2.4 Γεωγραφικό πλάτος –γεωγραφικό μήκος[] *20*

2.5 Σφαιρικές συντεταγμένες[] *21*

2.6 Γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών[] *22*

2.7 Ηλιακό δυναμικό στην περιοχή όπου θα γίνει η εγκατάσταση *24*

2.8 (Ελληνική νομοθεσία και Θεσμικό πλαίσιο)[] *25*

3 Παρουσίαση και ανάλυση στοιχείων φωτοβολταϊκών συστημάτων **28**

3.1 Περιγραφή ενός συστήματος *28*

3.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (GRID CONNECTED) *30*

3.3 Σύγκριση inverter *31*

3.3.1 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ (DC/AC INVERTER) 31

3.3.2 Γενικά περί αντιστροφέα (ημιγέφυρας και πλήρους γέφυρας) 32
3.3.3 Τριφασικός αντιστροφέας 34
3.4 Σύγκριση κόστους 35
3.5 Σύγκριση απόδοσης 35
3.6 Σύγκριση panel 35
3.7 Σύγκριση κόστους 36
4 ΜΕΛΕΤΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 38
4.1 ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΨΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ 38
4.2 Χωροθέτηση του φωτοβολταικού σταθμού : 39
4.3 Τεχνική περιγραφή 40
4.4 Παρουσίαση συστήματος 40
4.4.1 Επιλογή φ/β πλαισίου 40
4.4.2 Επιλογή μετατροπέα (inverter) 42
4.4.3 Χαρακτηριστικά συστήματος 44
4.5 Ενεργειακή μελέτη 49
4.5.1 Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας – Μεθοδολογία 49
4.6 (Ενδεικτικά αποτελέσματα παραγωγής)[] 50
5 Οικονομική Ανάλυση επένδυσης 53
5.1 Στοιχεία σχεδίου 53
5.2 Σχεδιασμός οικονομικών πλάνων 54
5.3 Κόστος συστήματος 54
5.3.1 Μεθοδολογία για την ανάλυση της χρηματοοικονομικής ροής 55
5.4 ανάλυση επενδυτικών πλάνων με γραφήματα 56
5.4.1 Σενάριο με 0% δανεισμό κεφαλαίου 57
5.4.2 Σενάριο με 50% δανεισμό κεφαλαίου 59
5.4.3 Σενάριο με 100% δανεισμό κεφαλαίου 61
5.4.4 Συμπεράσματα 63
5.5 Υπουργική απόφαση 9^{ης} Αύγουστου του 2012 64
5.5.1 Συμπεράσματα 68
6 Ανάλυση Ευαισθησίας επένδυσης 69
6.1 Σύγκριση ΚΠΑ και εσωτερικού βαθμού απόδοσης IRR 69
6.1.1 3% πληθωρισμός 69
6.1.2 5% πληθωρισμός 72
6.2 Επιλογή οικονομικού σχεδίου 74
7 Συμπεράσματα 75
8 Παράρτημα Α DATASHEETS βασικού εξοπλισμού 77
9 Παράρτημα θεωρία φ/β 79

9.1 (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας)[10] *79*
9.1.1 Κατηγοριοποίηση Πηγών Ενέργειας 79
9.2 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας *81*
9.2.1 Υδατόπτωση 81
9.2.2 Ενέργεια κυμάτων ή παλιρροϊκών κινήσεων 81
9.2.3 Βιομάζα 81
9.2.4 Γεωθερμική ενέργεια 82
9.2.5 Αιολική ενέργεια 82
9.2.6 Η φωτοβολταϊκή ηλεκτρική ενέργεια 84
9.3 Τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα φ/β τεχνολογίας *85*
9.4 Η παγκόσμια αγορά *86*
9.5 Τα Φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα *87*
10 Εξοικείωση με την ορολογία 89
10.1 ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ *90*
11 Βιβλιογραφία 90

Στους γονείς μου για την βοήθεια τους όλα αυτά τα χρόνια, καθώς και στους φίλους μου για την στήριξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη μίας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με εγκατεστημένη ισχύ 5.00 [kWp], με το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Δ.Ε.Η. Η συγκεκριμένη φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μελετήθηκε για το γεωγραφικό πλάτος του νομού Δωδεκανήσου και συγκεκριμένα την περιοχή της Κω.

Χωρίζεται σε τρία (3) βασικά μέρη, στο θεωρητικό όπου γίνεται μια εισαγωγή σε θεωρητικό επίπεδο για το ότι χρησιμεύει για την μελέτη της εγκατάστασης και σαν παραρτήματα ένα θεωρητικό μέρος στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που την χαρακτηρίζουν και τους τομείς στους οποίους βρίσκει εφαρμογή. Ακόμα παρουσιάζεται η ιστορική τους εξέλιξη διεθνώς, καθώς και η ελληνική πραγματικότητα.

Στο δεύτερο μέρος αναλύεται λεπτομερώς η μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος, γίνεται το σενάριο και η αυτοψία του χώρου εγκατάστασης, χωροθέτηση του συστήματος και παρουσίαση του.

Στο τρίτο μέρος γίνεται μια λεπτομερής οικονομική ανάλυση του φωτοβολταϊκού συστήματος και επιχειρείται μια περιγραφή της χρηματοοικονομικής ροής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με το εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία. Είναι αποτέλεσμα εκτεταμένης βιβλιογραφικής έρευνας σε θέματα όπως η ηλιακή ενέργεια, η φωτοβολταϊκή τεχνολογία κ.α.. Ελπίζω να είναι έστω και μια ελάχιστη συμβολή στην ενίσχυση και εξάπλωση των ΑΠΕ, ζήτημα πλέον καθοριστικής σημασίας για τη σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον κ. Παπαδάκη Νικόλαο, επιστημονικό συνεργάτη στο Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης, για την πολύτιμη βοήθεια, τις υποδείξεις, τις διορθώσεις και την καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της εργασίας.

1 Εισαγωγή

Ο αιώνας που πέρασε αδιαμφισβήτητα αποτελεί τον πιο «εποικοδομητικό» αιώνα της ανθρωπότητας αλλά συνάμα και τον πιο καταστροφικό. Η αλματώδης ανάπτυξη σε όλους σχεδόν τους τομείς επισκίασε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που είχε οδηγώντας το πλανήτη στο σημερινό τέλμα-φαινόμενο του θερμοκηπίου, τρύπα του όζοντος, αύξηση της θερμοκρασίας, ακραία καιρικά φαινόμενα, συσσώρευση αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα, μείωση της βιοποικιλότητας. Ανατρέχοντας στο πρόσφατο παρελθόν, παρατηρούμε ενδεικτικά:

Το 1952 στο Λονδίνο αναφέρονται χιλιάδες θάνατοι, όταν η άπνοια παγίδεψε τους αέριους ρύπους των εργοστασίων πάνω από την πόλη

Το 1982 εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα καταστροφής των δασών της Κεντρικής Ευρώπης λόγω της όξινης βροχής. Αιτία η καύση των υδρογονανθράκων ή γαιανθράκων σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το 1989, το ναυάγιο του πετρελαιοφόρου Exxon Valdez στον κόλπο Prince William Sound της Αλάσκας, μας υπενθύμισε το κόστος της χρήσης 60 εκ. βαρελιών πετρελαίου την ημέρα.

Το 1986 στην Ουκρανία γίνεται έκρηξη στην πυρηνική μονάδα του Τσερνομπίλ. Το ραδιενεργό νέφος, εκτός από την γύρω περιοχή, έπληξε το μεγαλύτερο μέρος της Κεντρικής και Δυτικής Ευρώπης αλλά και μέρος της χώρας μας. Τα δυσμενή αποτελέσματα καταμετρούνται ακόμη και σήμερα.

Στο διάστημα 1989-1995 παρατηρήθηκε ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός φυσικών καταστροφών, όπως οι θυελλώδεις άνεμοι που έπληξαν το 1990 τη Βόρεια Ευρώπη, οι μεγάλοι κυκλώνες που έπληξαν την Ασία το 1991, η καταιγίδα " Andrew" στις ΗΠΑ το 1992, αλλά και οι τρομακτικές πλημμύρες στην περιοχή του Μισισιπή το 1993.

Πέρα από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, χαρακτηριστικό του αιώνα αυτού είναι και το «παγκόσμιο ενεργειακό πρόβλημα». Η πρώτη κρίση του 1973 ήταν απλά η αρχή καθώς η παγκόσμια οικονομία στηριζόταν σε μία μορφή ενέργειας-το πετρέλαιο- του οποίου τα αποθέματα μειώνονται συνεχώς. Επακολούθησε η κρίση του 1979 για να επιβεβαιώσει το «ενεργειακό χάσμα» και να δείξει το δρόμο προς νέες μορφές ενέργειας μεταξύ των οποίων είναι και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Όσον αφορά την Ελλάδα, στις μέρες μας γίνεται μια προσπάθεια να υιοθετηθεί ένα δόγμα που θα δίνει έμφαση στην εξοικονόμηση, την ορθολογική χρήση των συμβατικών ενεργειακών πόρων και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθώς τα στοιχεία και οι δείκτες δείχνουν ότι τα οφέλη από τις ΑΠΕ είναι πολλά.

Η χώρα μας είναι ιδιαίτερα προικισμένη από ήλιο και αέρα και συνεπώς κατέχει ένα συγκριτικό πλεονέκτημα στην παραγωγή ενέργειας από αυτές τις πηγές. Το αιολικό δυναμικό της Ελλάδας παραμένει ανεκμετάλλευτο, με λίγες εξαιρέσεις. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η Κρήτη όπου, το 2000, το 10% του ηλεκτρισμού παράχθηκε από αιολικά πάρκα[1]. Το ποσοστό αυτό μάλιστα αναμένεται να αυξηθεί σύντομα, καθώς νέες επενδύσεις αιολικών πάρκων και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη.

Τεχνολογία	Πρόσθετη Δυναμικότητα	Μείωση Εκπομπών CO2	Εκατομμύρια τόνοι ετησίως το 2010
Αιολικά	1500-2.000 MW	4,2–5,6%	4.500–6.000
Υδροηλ/κά	750-850 MW	1,6-1,8%	700-800
Φωτοβ/κά	150-200 MW	0,2–0,25%	2.000–2.500
Συλλέκτες	7.000.000–9.000.000 m2	3,8–4,9%	8.000–10.000
Βιομάζα	1400 –1800 ktoe	4,0–5,2%	9.000-11.500
Γεωθερμία	160- 200 Ktoe	0,4 –0,5%	800-11.500
Σύνολο		**14,2-18,75**	**25.000–31800**

Πίνακας 1 : Οφέλη από την ανάπτυξη των Α.Π.Ε. την περίοδο 1999 –2010

Όσον αφορά την ηλιακή ενέργεια, το υψηλό κόστος αποτέλεσε τροχοπέδη στην ανάπτυξη και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη χώρα, αλλά η ενεργειακή πολιτική της χώρας (κρατικές επιδοτήσεις κτλ) θα δώσει ώθηση στο μέλλον για επενδύσεις.

Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το μέλλον ανήκει δικαιωματικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η διείσδυση των οποίων προβλέπεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια, και να δώσει τις λύσεις που χρειάζεται επιτακτικά ο πλανήτης. Εξάλλου, το Πρωτόκολλο του Κίοτο, το οποίο έχει υπογραφεί από τις περισσότερες χώρες του πλανήτη, έχει θέσει ανώτατα όρια στα δικαιώματα εκπομπών ρύπων, καθιστώντας πιο συμφέρουσα λύση την επένδυση σε ανανεώσιμες από ότι την εξαγορά δικαιωμάτων εκπομπής ρύπων από άλλες χώρες.

1.1 Σκοπός της πτυχιακής

Βασικός σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η ενασχόληση με ένα ειδικό θέμα με στόχο την επέκταση των σχετικών γνώσεων συναφών μαθημάτων του προγράμματος. Ιδιαίτερα επιθυμητό είναι η εργασία να αποσκοπεί στην περεταίρω σταδιοδρομία και εξέλιξη του φοιτητή. Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η γενική ανάπτυξη γνώσεων στον κλάδο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως στα φωτοβολταϊκά. Η γενική σκέψη για την ανάπτυξη της εργασίας είναι να χωριστεί και να αναπτυχθεί σε βασικά στάδια. Το θεωρητικό υπόβαθρο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπου γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις διάφορες πηγές ενέργειας. Η θεωρητική ανάπτυξη της τεχνολογίας των φωτοβολταϊκών, η ανάλυση του φ/β συστήματος, η νομοθεσία και η έρευνα αγοράς στην τεχνολογία των φ/β βάση συγκρίσεων. Επίσης γίνεται η επιλογή του συστήματος και η μελέτη για την λειτουργικότητα του. Και στο τέλος οικονομοτεχνική ανάλυση της επένδυσης και τα συμπεράσματα.

2 Φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Η ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας στηρίζεται σε ένα σύστημα κρυστάλλων το οποίο στην ουσία αποθηκεύει την ηλιακή ακτινοβολία και με κατάλληλες διαδικασίες επιτυγχάνει την μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια. Αναλυτικότερα το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως **φωτοβολταϊκό κύτταρο** (Φ/Β) και αποτελεί ένα ημιαγώγιμο στοιχείο, μια κρυσταλλοδίοδο (ένωση p-n που εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου), που μετατρέπει μέρος της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

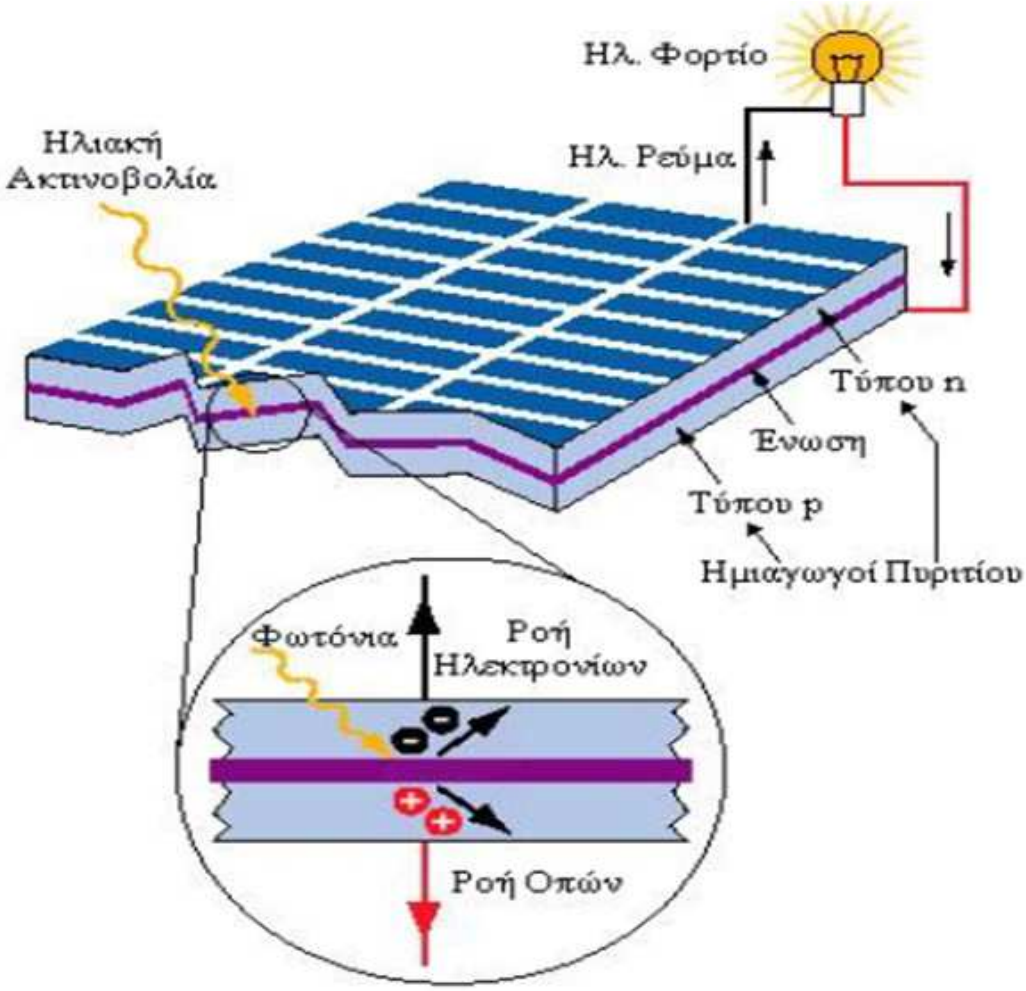
2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

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 προσπίπτει η ακτινοβολία, μια περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), 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 να δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού της πεδίου. Έτσι, 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 δυο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Αυτό ακριβώς το ρεύμα χρησιμοποιείται για να τροφοδοτηθεί ένα ηλεκτρικό φορτίο, όπως για παράδειγμα ένας λαμπτήρας.

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνεια τους. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το φ/β φαινόμενο. Ένα μέρος από την ακτινοβολία ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον. Στην συνέχεια, από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, προφανώς δεν μπορεί να απορροφηθεί το μέρος εκείνο που αποτελείται από φωτόνια με ενέργεια μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού. Για τα φωτόνια αυτά ο ημιαγωγός αυτός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα, με αποτέλεσμα η αντίστοιχη ακτινοβολία να διαπερνά άθικτη το ημιαγώγιμο υλικό του στοιχείου και να απορροφάται τελικά στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο που καλύπτει την πίσω όψη του, ώστε να το θερμαίνει. Αλλά και από τα φωτόνια αυτά που απορροφά ο ημιαγωγός, μόνο το μέρος εκείνο της ενέργειας τους που ισούται με το ενεργειακό διάκενο συμβάλει στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, ενώ το υπόλοιπο μεταφέρεται σαν κινητική ενέργεια στο ηλεκτρόνιο που ελευθερώθηκε από τον

δεσμό και τελικά μετατρέπεται επίσης σε θερμότητα. Όπως και οι συσσωρευτές, το ηλιακό κύτταρο είναι αθόρυβο στη λειτουργία του. Σε αντίθεση με του συσσωρευτές, το ηλιακό κύτταρο δεν αλλοιώνεται κατά την διαδικασία της ενεργειακής μετατροπής και δεν επιβαρύνει το περιβάλλον, γιατί μέσα του δεν εξελίσσεται καμία χημική αντίδραση. Με την τοποθέτηση ενός τέτοιου Φωτοβολταϊκού κυττάρου κάτω από τον ήλιο παράγεται ηλεκτρική ισχύς, ενώ μεταξύ των μεταλλικών επαφών του ηλιακού κυττάρου δημιουργείται μια συνεχή τάση, που οι τιμές της κυμαίνονται ανάλογα με το υλικό. Επειδή η τάση επί του ακροδέκτη εξαρτάται απόλυτα από την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας έτσι και το ρεύμα που διαρρέει το κύτταρο εξαρτάται από αυτή.

Συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι ότι η ισχύς που αποδίδει το ηλιακό κύτταρο μεταβάλλεται σε μια ευρεία περιοχή ανάλογα με την ακτινοβολούμενη ένταση φωτισμού. Στο σημείο αυτό κρίνεται αναγκαίο να ορισθεί ο βαθμός απόδοσης ενός Φωτοβολταϊκού κυττάρου, με βάση τον οποίο μπορούν να εξαχθούν κρίσιμα συμπεράσματα για το πότε ένα ηλιακό κύτταρο θεωρείται αποδοτικό. Η απόδοση, λοιπόν, ενός Φωτοβολταϊκού κυττάρου ορίζεται ως το επί της εκατό ποσοστό της φωτεινής ισχύος εισόδου, που μετατρέπεται σε ηλεκτρική ισχύ εξόδου. Τα σημερινά αποδεκτά ηλιακά κύτταρα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως έχουν βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ του 10% και του 20%, αν και εργαστηριακά έχει επιτευχθεί βαθμός απόδοσης 25% για ηλιακά κύτταρα. Αναμένεται ότι η μέγιστη απόδοση για τις εμπορικές συσκευές σιλικόνης θα συνεχίσει να αυξάνεται και στο μέλλον θα φθάσει το 17% έως 20% από 13% έως 15% που είναι σήμερα.



Εικόνα 1 : Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

2.2 Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών πάνελ [2]

2.2.1 Φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου

Το πυρίτιο (Si) είναι από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση, αφού αποτελεί το 25%του γήινου φλοιού. Το καθαρό πυρίτιο παράγεται από την άμμο. Η επεξεργασία του πυριτίου για την παραγωγή του τελικού προϊόντος, πυρίτιο ηλεκτρονικής ποιότητας υφίσταται τρείς φάσεις επεξεργασίας:

Η πρώτη φάση του καθαρισμού γίνεται με την ανάπτυξη από την οποία προκύπτει πυρίτιο μεταλλουργικής ποιότητας

$$SiO2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$$

Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει τη μετατροπή του μεταλλουργικού πυριτίου ,με την βοήθεια υδροχλωρικού οξέος, σε αέριο τριχλωροσιλάνιο

$$Si + 3HCI \rightarrow SiHCI3 + H2$$

Στην Τρίτη φάση γίνεται ο καθαρισμός του τριχλωροσιλάνιου με κλασματική απόσταξη και η αναγωγή του με υδρογόνο, οπότε παράγεται πυρίτιο ηλεκτρονικής ποιότητας.

Στην τελευταία φάση το ηλεκτρονικό πυρίτιο τήκεται και ανακρυσταλλώνεται με ακόμη μεγαλύτερη καθαρότητα σε κυλινδρική μονοκρυσταλλική μορφή διαμέτρου 10cm περίπου.

Στην τελευταία φάση από τον κύλινδρο κόβονται δίσκοι πάχους 0,5 mm, οι οποίοι αφού λειανθούν διαμορφώνονται σε διόδους επαφής p-n με διάχυση ή εμφύτευση των κατάλληλων προσμείξεων. Το ΦΒ στοιχείο αποκτά την τελική του μορφή με την συγκόλληση των ηλεκτροδίων στις δύο όψεις του δίσκου, την κάλυψη της εμπρός επιφάνειας με αντιανακλαστικό επίστρωμα και την στεγανοποίηση.

Το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός, που κυριάρχησε μέχρι σήμερα σαν υλικό κατασκευής των ΦΒ στοιχείων. Ανάλογα με την δομή του βασικού υλικού ή τον ιδιαίτερο τρόπο κατασκευής, τα ΦΒ στοιχεία πυριτίου διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- ΦΒ στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (c-Si)

Αποτελούνται από μεγάλους κρυστάλλους, το πάχος του υλικού είναι σχετικά μεγάλο (300 μm) και έχουν χρώμα σκούρο μπλε. Σε εργαστηριακή μορφή το ΦΒ στοιχείο έχει απόδοση 21-24%, ενώ σε μορφή ΦΒ πλαισίων η απόδοση είναι 13-16%.

- ΦΒ στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (m-Si)

Κόβονται σε στοιχεία τετραγωνικής μορφής και αποτελούνται από λεπτά επιστρώματα πάχους 10-50 μm. Έχουν χρώμα γαλάζιο και στην επιφάνεια του στοιχείου διακρίνονται διαφορετικές μονοκρυσταλλικές περιοχές. Σε εργαστηριακή μορφή το ΦΒ στοιχείο έχει απόδοση 17-20% ενώ σε μορφή ΦΒ πλαισίων η απόδοση είναι 12-14%. Τέλος το κόστος κατασκευής τους είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

- ΦΒ στοιχεία ταινίας

Είναι λεπτή ταινία πολυκρυσταλλικού πυριτίου, η οποία δημιουργείται από τηγμένο υλικό. Το ΦΒ στοιχείο έχει απόδοση 13%και περιορισμένη χρήση λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής.

- ΦΒ στοιχεία άμορφου πυριτίου (α-Si)

Το άμορφο πυρίτιο διαφέρει από το κρυσταλλικό πυρίτιο. Το ενεργειακό του χάσμα είναι μεγαλύτερο από του κρυσταλλικού πυριτίου. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι έχει πολύ μεγαλύτερο συντελεστή απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να αρκεί ένα λεπτό στρώμα πάχους λίγων μm για την κατασκευή των ΦΒ στοιχείων. Το άμορφο πυρίτιο έχει στρεβλωμένους χημικούς δεσμούς με αποτέλεσμα να παρουσιάζει μέτριες ηλεκτρικές ιδιότητες. Η βελτίωση τους εξασφαλίζεται με την προσθήκη ατόμων υδρογόνου, που συμπληρώνουν τους ατελείς χημικούς δεσμούς. Το ΦΒ στοιχείο από υδρογονούχο άμορφο πυρίτιο έχει απόδοση 6-8%.

2.2.2 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο

Η τάση και η ισχύς ενός φ/β στοιχείου είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για την φόρτιση των συσσωρευτών. Για αυτόν τον λόγο τα φ/β στοιχεία τοποθετούνται σε ένα ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο. Στο πλαίσιο αυτό, τα στοιχεία συνδέονται σε σειρά, σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση επιθυμητής τάσης. Τα πλαίσια είναι προκατασκευασμένα στο εργοστάσιο. Τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με την βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φ/β πλαίσιο (module), που είναι δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση φ/β γεννητριών.

Λόγω των απαιτούμενων υλικών και εργασιών για την κατασκευή του, το κόστος προκύπτει μεγαλύτερο από τα φ/β στοιχεία που περιέχουν.

Συνώνυμο σχεδόν με το φ/β πλαίσιο είναι το φ/β πανέλο. Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε φ/β εγκατάσταση, αλλά με την διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) που είναι σε κοινή συσκευασία και κοινή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ τους. Τα τελευταία χρόνια σχεδόν όλες οι εταιρίες που κατασκευάζουν φ/β στοιχεία, δεν διαχωρίζουν τα πλαίσια από τα πανέλα. Το προϊόν που παράγεται ονομάζεται φ/β πλαίσιο και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά την ισχύ που παράγει, την τάση και τελικά τις διαστάσεις του.

2.2.3 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες

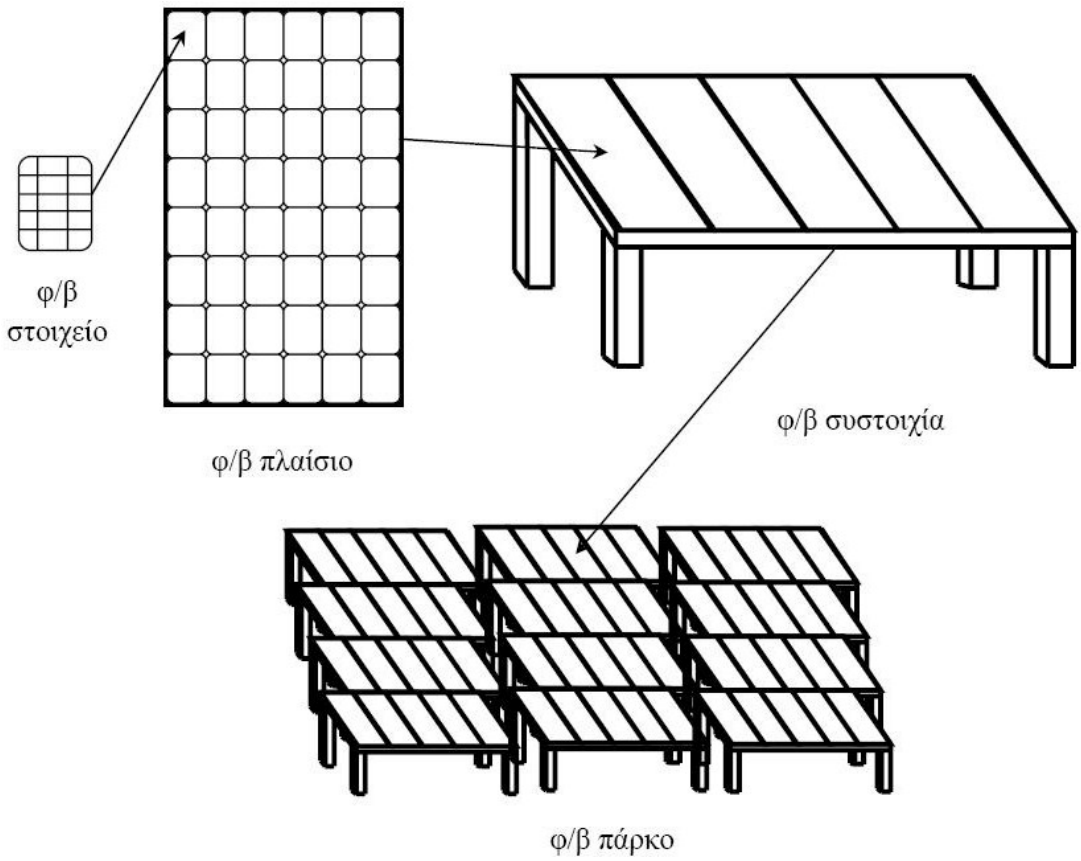
Κάθε ΦΒ στοιχείο έχει ένα ηλεκτρόδιο στην εμπρός όψη και ένα στην πίσω πλευρά. Το ηλεκτρόδιο της όψεως είναι μια μεταλλική σχάρα με μορφή χτενιού ή σκελετού ψαριού, που καλύπτει το 15% περίπου της επιφάνειας του στοιχείου και συνήθως κατασκευάζεται από κράματα αργύρου. Το πίσω ηλεκτρόδιο καλύπτει όλο το στοιχείο και αποτελείται από λεπτό και πυκνό μεταλλικό πλέγμα.Τέλος Η όψη του ΦΒ στοιχείου καλύπτεται από ένα στρώμα, που κατασκευάζεται από κατάλληλο αντιανακλαστικό υλικό, το οποίο περιορίζει την ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στο 5% περίπου.

2.3 Φωτοβολταϊκή συστοιχία (string)

Σε μια φ/β εγκατάσταση που έχει σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή λειτουργεί ως σταθμός παραγωγής, μπορεί να χρησιμοποιηθούν εκατοντάδες ή και χιλιάδες φ/β πλαίσια. Όπως είναι αναμενόμενο τα φ/β πλαίσια πρέπει να ομαδοποιηθούν και να συνδεθούν κατάλληλα. Για την αύξηση της αξιοπιστίας ενός φ/β συστήματος είναι σκόπιμο οι συνδέσεις των φ/β στοιχείων μέσα στα πλαίσια, αλλά και ανάμεσα στα πλαίσια να μην είναι μόνο στη σειρά αλλά και παράλληλες. Με αυτόν τον τρόπο, αν ένα φ/β στοιχείο σκιαστεί ή αν πάθει βλάβη δεν θα μηδενιστεί η ισχύς που παράγει το σύστημα.

Έτσι τα φ/β πλαίσια ομαδοποιούνται σε φ/β συστοιχίες και τοποθετούνται σε κοινή βάση στήριξης, η οποία είναι συνήθως μεταλλική. Η σύνδεση των πλαισίων στη σειρά ή παράλληλα γίνεται έτσι ώστε να η τάση εξόδου της γεννήτριας να αποκτήσει την επιθυμητή τιμή.

Η σχέση του φ/β πλαισίου με την φ/β συστοιχία και την φ/β γεννήτρια φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 2 : Η σχέση ανάμεσα στο φ/β στοιχείο, το φ/β πλαίσιο, τη φ/β συστοιχία και το φ/β πάρκο.

Σταθερές συστοιχίες -(fixed)

Ο απλούστερος τύπος μιας φ/β συστοιχίας είναι ο σταθερός (fixed), ο οποίος έχει το πλεονέκτημα των ακίνητων τμημάτων και το μειονέκτημα ότι δεν εκμεταλλεύεται με τον μέγιστο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία. Τα πλαίσια τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό (για το Βόρειο ημισφαίριο) και έχουν μια κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο κατάλληλη ώστε να μεγιστοποιείται η πρόσληψη ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με το χρονικό διάστημα που είναι επιθυμητό. Το ελαφρό τους βάρος και η απλότητά τους, τις καθιστά χρήσιμες για μια πληθώρα εφαρμογών. Ωστόσο, αν δεν είναι αρκετή η ενέργεια που παράγεται και δεν υπάρχει επιπλέον διαθέσιμος χώρος, αναγκαστικά πρέπει να καταφύγει κάποιος σε μια εκ των επομένων εναλλακτικών.

Στρεφόμενες συστοιχίες – (Trackers)

Για να βελτιωθεί η απόδοση συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστοιχίες με κινητά πλαίσια, τα οποία θα παρακολουθούν την κίνηση του ηλίου. Για να μεγιστοποιηθεί η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία απαιτείται η κίνηση των συστοιχιών τόσο στον οριζόντιο άξονα (άξονας ανύψωσης) όσο και στον πολικό άξονα (αζιμούθιος άξονας). Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το αν κινούνται σε έναν άξονα ή δύο άξονες.

α. Στρεφόμενες συστοιχίες ενός άξονα

Στις στρεφόμενες συστοιχίες ενός άξονα ως άξονας κίνησής τους μπορεί να επιλεγεί είτε ο οριζόντιος είτε ο πολικός. Ο πολικός άξονας πλεονεκτεί όσον αφορά την συγκομιδή ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας έναντι του οριζόντιου άξονα κάνει όμως την εγκατάσταση πιο περίπλοκη μηχανικά.

β. Περιστροφικές συστοιχίες δύο αξόνων

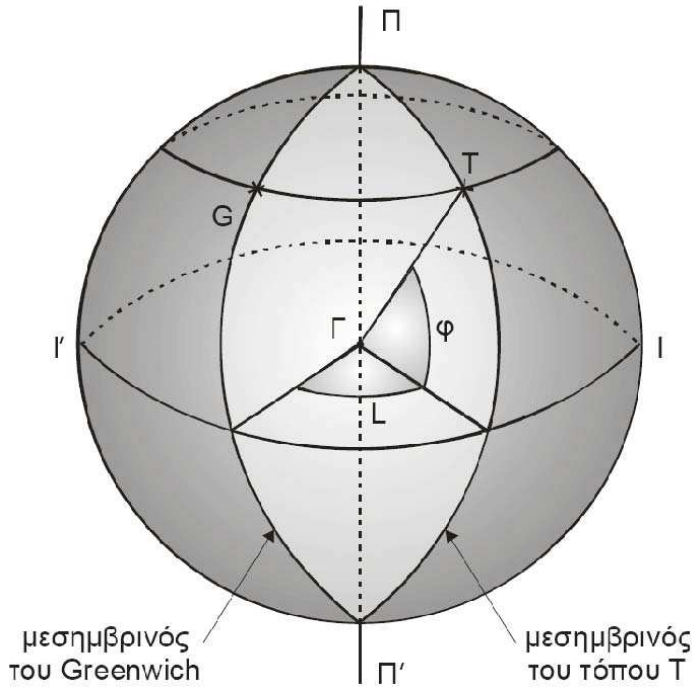
Αποτελούν την πλειοψηφία των στρεφόμενων συστοιχιών και επιτυγχάνουν την μέγιστη δυνατή συγκέντρωση ηλιακής ακτινοβολίας. Η καθοδήγηση των μηχανισμών γίνεται με την βοήθεια θερμοϋδραυλικών διατάξεων, μικροϋπολογιστών για την πρόβλεψη της θέσης του ήλιου και ηλιακών αισθητήρων, όπως φωτοαντιστάσεις και φωτοτρανζίστορ.

2.4 Γεωγραφικό πλάτος –γεωγραφικό μήκος[3]

Οι κύκλοι που είναι παράλληλοι στον ισημερινό ονομάζονται παράλληλοι κύκλοι (Εικόνα 3). Τα ημικύκλια που διέρχονται από τους πόλους ονομάζονται μεσημβρινοί. Από κάθε σημείο της επιφάνειας της γης περνάει ένας παράλληλος κύκλος και ένας μεσημβρινός. Βασικός μεσημβρινός θεωρείται αυτός που περνάει από το αστεροσκοπείο του Greenwich(G). Προκειμένου να καθορισθεί η θέση ενός τόπου (Τ) στην επιφάνεια της γης απαιτείται να ορισθεί το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος.

Γεωγραφικό πλάτος (φ) ενός τόπου είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της ευθείας που ενώνει το κέντρο της γης με τον τόπο και του ισημερινού επιπέδου. Το γεωγραφικό πλάτος παίρνει τιμές από 0^o μέχρι 90^o για το βόρειο ημισφαίριο και από 0^o μέχρι -90^o για το νότο ημισφαίριο.

Γεωγραφικό μήκος (L) ενός τόπου είναι η γωνία που σχηματίζεται από το μεσημβρινό του Greenwich και το μεσημβρινό επίπεδο του τόπου. Το γεωγραφικό μήκος παίρνει τιμές από 0^o μέχρι -180^o για τόπους ανατολικά του Greenwich και από 0^o μέχρι 180^o για τόπους δυτικά του Greenwich.



Εικόνα 3 : Γεωγραφικό πλάτος –γεωγραφικό μήκος

2.5 Σφαιρικές συντεταγμένες[4]

Για τον καθαρισμό της ακριβής θέσης ενός άστρου όπως είναι ο ήλιος στον ουράνιο θόλο, χρησιμοποιούνται σφαιρικές συντεταγμένες.

Αζιμούθιο του ήλιου (α) ονομάζεται το τόξο ΝΛ. Μετράται επί του ορίζοντος από το νότο (N) προς τη δύση από 0^o μέχρι 180^o και από το νότο (N) προς την ανατολή από 0^o μέχρι -180^o (Εικόνα 4).

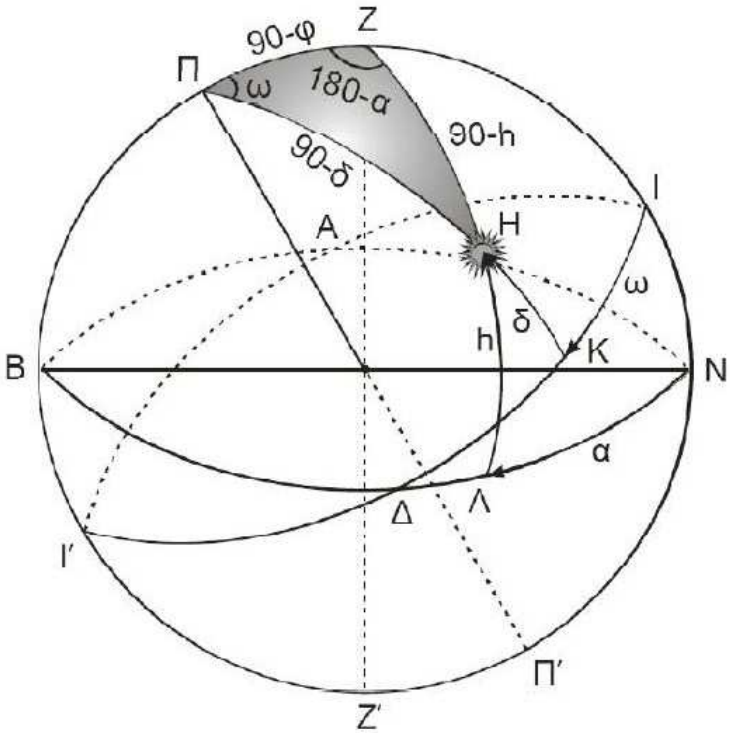
Ύψος του ήλιου (h) ονομάζεται το τόξο ΛΗ. Μετράται από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από 0^o μέχρι 90^o και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ (Z΄) από 0^o μέχρι -90^o.

Ζενίθια γωνία του ήλιου (θZ). Μετράται από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από 0^o μέχρι 90^o και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ από 0^o μέχρι -90^o.

Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω:

$$h = 90 - \theta_z$$

Ωριαία γωνία (ω) του ήλιου καλείται το τόξο ΙΚ (Εικόνα 4). Μετράται επί του ουρανίου ισημερινού από το Ι προς τη δύση από 0^o μέχρι 360^o θετικά, ή από την αντίθετη κατεύθυνση αρνητικά.



Εικόνα 4 : Σφαιρικές συντεταγμένες - ουράνιος θόλος

Απόκλιση (δ) του ήλιου ονομάζεται το τόξο ΚΗ (Εικόνας 4). Γενικά η απόκλιση του ήλιου μπορεί να ορισθεί σαν η γωνία που σχηματίζεται από την ευθεία που ενώνει το κέντρο της γης με το κέντρο του ήλιου και την προβολή της ευθείας αυτής στο ισημερινό επίπεδο. Μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους (Εικόνα 4) και η σχέση που μας επιτρέπει τον υπολογισμό για οποιαδήποτε ημέρα (n) του έτους είναι:

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

2.6 Γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών[5]

Στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας απαιτείται συνήθως ο υπολογισμός της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα επίπεδο οποιασδήποτε κλίσης ως προς τον ορίζοντα και αυθαίρετου προσανατολισμού ως προς τον ήλιο. Για τον υπολογισμό αυτόν θα πρέπει αρχικά να ορισθούν όλες οι γωνίες που υπεισέρχονται σε αυτό το σύστημα.

Έστω ένα επίπεδο, όπως φαίνεται στο σχήμα, που έχει μια κλίση β ως προς τον ορίζοντα και είναι προσανατολισμένο προς το νότο.

Ο ήλιος σε κάποια στιγμή του ημερήσιου τόξου του βρίσκεται στο σημείο Η. Αν ΚΟ είναι κάθετη στο οριζόντιο επίπεδο και ΓΟ κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο, τότε σχηματίζεται το σφαιρικό τρίγωνο ΗΚΓ. Η ΖΟ είναι η προβολή της ΓΟ στο οριζόντιο επίπεδο και ΕΟ είναι η προβολή της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών στο οριζόντιο επίπεδο.

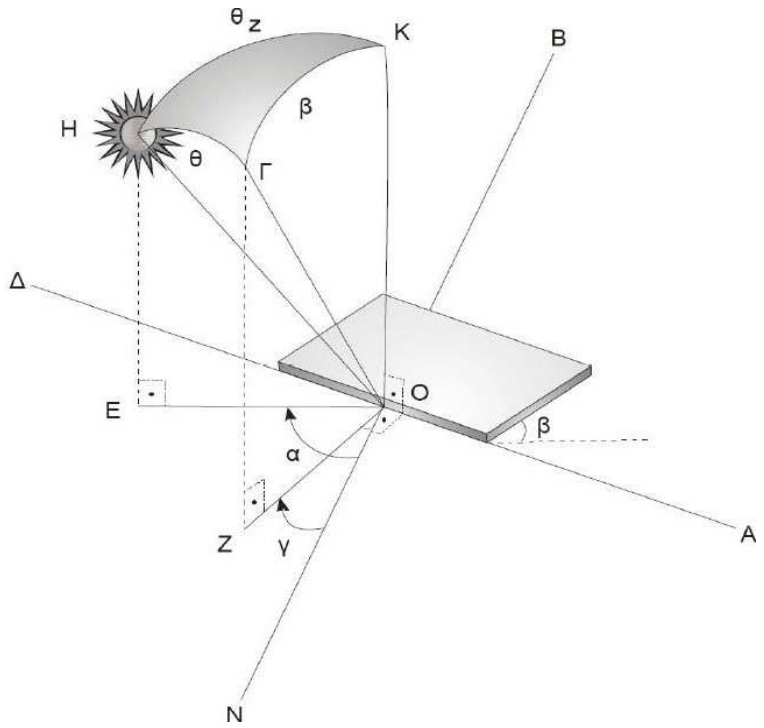
Γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών (θ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης των ηλιακών ακτινών (ΗΟ) και της καθέτου στο κεκλιμένο επίπεδο.

Αζιμούθιο της επιφάνειας (γ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης βορρά – νότου και της προβολής της ΓΟ στο οριζόντιο επίπεδο. Έχει θετικές τιμές δυτικά του νότου και αρνητικές τιμές ανατολικά του νότου. Όταν μια επιφάνεια έχει εντελώς νότιο προσανατολισμό τότε γ=0.

Η εφαρμογή του νόμου του συνημίτονου στο σφαιρικό τρίγωνο ΗΚΓ δίνει:

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\theta_z + \sin\beta \sin\theta_z \cos(\alpha - \gamma)$$

Η γνώση της γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών (θ) είναι σημαντική στις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, διότι από την τιμή της γωνίας αυτής θα εξαρτηθεί το μέγεθος της ηλιακής ακτινοβολίας που θα δεχθεί η αντίστοιχη επιφάνεια. Έτσι όσο μικρότερη είναι η γωνία αυτή τόσο μεγαλύτερη είναι η ακτινοβολία που θα δεχθεί η επιφάνεια.

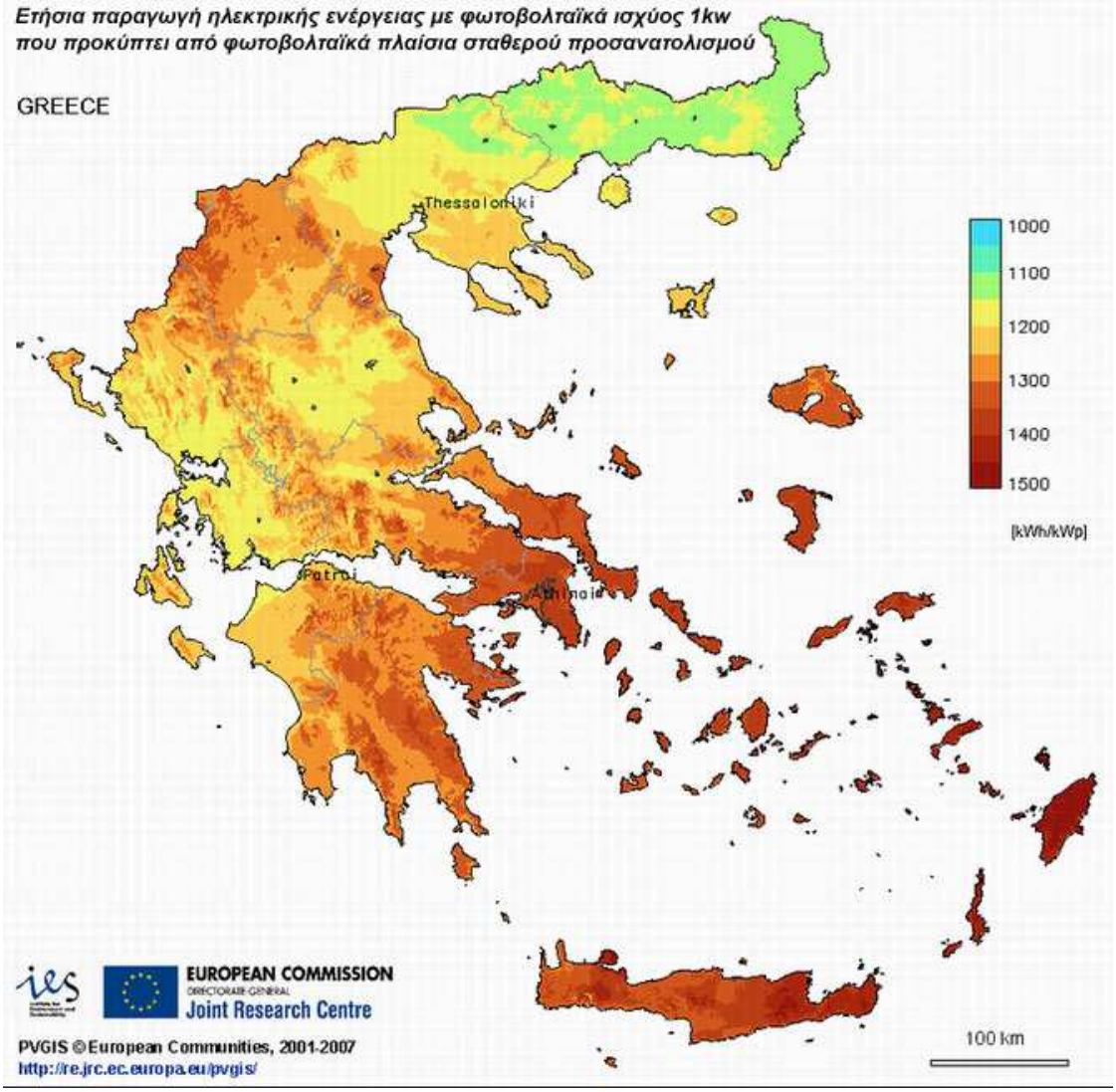


Εικόνα 5 : Γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών

2.7 Ηλιακό δυναμικό στην περιοχή όπου θα γίνει η εγκατάσταση

ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας φαίνεται στον παρακάτω χάρτη:



Όλοι γνωρίζουμε ότι η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ευνοημένη από τον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Αν σκεφτεί κανείς ότι πολλά από τα συστήματα για τα οποία μιλάμε έχουν αναπτυχθεί και αποδίδουν από χρόνια στην Β.Ευρώπη, καταλαβαίνει κανείς το πόσο πίσω έχουμε μείνει και το τι μπορούμε να κάνουμε με όλο αυτό το ηλιακό δυναμικό που απλόχερα (και δωρεάν)μας προσφέρει χειμώνα – καλοκαίρι ο Θεός. Ένα Φ/Β σύστημα στην Ελλάδα εν γένει παράγει ετησίως 1100-1500 KWH ανά εγκατεστημένο KW. Εννοείται ότι στις νότιες και πιο ηλιόλουστες περιοχές της χώρας μας, ένα Φ/Β παράγει περισσότερο ηλιακό ηλεκτρισμό απ' ότι στις βόρειες. Για παράδειγμα, αναφέρουμε ότι ένα Φ/Β σύστημα στην Αθήνα αποδίδει 1300-1400 KWH/έτος/KW,στη Θεσσαλονίκη 1150-1250 KWH/έτος/KW στην Κρήτη ή **Ρόδο** (και Κως) **1350-1500 KWH/έτος/KW.**

Εικόνα 6 : Ηλιακό δυναμικό στην περιοχή όπου θα γίνει η εγκατάσταση

2.8 (Ελληνική νομοθεσία και Θεσμικό πλαίσιο)[6]

Νόμοι

Ν.4001/2011 "Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις", ΦΕΚ 179Α/22-8-2011

Ενοποίηση των διατάξεων του Ν.3468/2006 όπως τροποποιήθηκαν από τους Ν.3734/2009, Ν.3851/2010, Ν.3889/2010 και λοιπών διατάξεων νόμων

Ν.3851/2010, "Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής", ΦΕΚ 85Α/4-6-2010

Ν.3734/2009, "Προώθηση της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας, ρύθμιση ζητημάτων σχετικών με το Υδροηλεκτρικό Έργο Μεσοχώρας και άλλες διατάξεις", ΦΕΚ 8Α/28-1-2009

Ν.3468/2006, "Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις", ΦΕΚ 129Α/29-6-2006

Υπουργικές Αποφάσεις

ΥΑΠΕ/Φ1/οικ2262 & 2266, "Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς", ΦΕΚ 97Β/31-01-2012

ΥΑΠΕ/Φ1/14810, "Κανονισμός Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας με χρήση ΑΠΕ", ΦΕΚ 2373Β/25-10-2011

ΥΑ 16-2-2011, "Τροποποιήσεις ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια", ΦΕΚ 583Β/14-4-2011

ΥΑ 24839/2010, "Εγγυοδοσία για την υπογραφή Συμβάσεων Σύνδεσης στα δίκτυα διανομής σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με χρήση Α.Π.Ε. που εξαιρούνται από την υποχρέωση λήψης άδειας παραγωγής", ΦΕΚ 1901Β/3-12-2010

ΥΑ 19598/2010, "Απόφαση για την επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος και την κατανομή της στο χρόνο μεταξύ των διαφόρων τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας", ΦΕΚ 1630Β/11-10-2010

ΚΥΑ 18513/2010, "Συμπλήρωση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις", ΦΕΚ 1557Β'/22-9-2010 ΚΥΑ ΦΕΚ 1079/Β/04.06.2009Ειδικό Πρόγραμμα "Ανάπτυξης Φωτοβολταικων Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων". Πεδίο Εφαρμογής: Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ισχύος έως 10kw σε στέγες και δώματα και βοηθητικούς χώρους κτιρίων. Ορίζει το ειδικό καθεστώς που διέπει τις διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις για φωτοβολταικα συστήματα στον οικιστικό κυρίως τομέα.

ΥΑ 40158/2010, "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχές", ΦΕΚ 1556Β/22-9-2010

ΥΑ 36720/2010, "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς", ΦΕΚ 376/6-9-2010

ΚΥΑ 1149/2010, "Τύπος και περιεχόμενο συμβάσεων πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και μέσω Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης στο Σύστημα και το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νήσων, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 12 παρ. 3 του Ν. 3468/2006, όπως ισχύει, πλην ηλιοθερμικών και υβριδικών σταθμών", ΦΕΚ 1497Β/6-9-2010

ΚΥΑ 12323/2009, "Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων", ΦΕΚ 1079Β'/4-6-2009

ΚΥΑ 49828/2008, "Έγκριση ειδικού πλαισίου χωροταξικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και της στρατηγικής μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτού", ΦΕΚ 2464Β/3-12-2008

ΚΥΑ 104247/2006, "Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν.1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του Ν.3010/2002" και ΚΥΑ 104248/2006, "Περιεχόμενο, δικαιολογητικά και λοιπά στοιχεία των Προμελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Π.Π.Ε.), των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), καθώς και συναφών μελετών περιβάλλοντος, έργων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)", ΦΕΚ 663Β/26-5-2006

ΚΥΑ 19500/2004, "Τροποποίηση και συμπλήρωση της 13727/724/2003 κοινής υπουργικής απόφασης ως προς την αντιστοίχηση των δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία", ΦΕΚ 1671Β/11-11-2004

Εγκύκλιοι

Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.28135 (27-12-2010), "Διευκρινίσεις σχετικά με την προτεραιότητα εξέτασης αιτημάτων για τη χορήγηση προσφορών σύνδεσης από τον αρμόδιο διαχειριστή δικτύου"

Εγκύκλιος ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.26928 (16-12-2010), "Εφαρμογή των διατάξεων του ν.3851/2010 σχετικών με την εξέταση αιτημάτων για την εγκατάσταση σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. σε γεωργική γη υψηλής παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένης της κατηγορίας

Εγκύκλιος 1078580/6637/491/Β0014 (6-8-2009), "Φορολογική αντιμετώπιση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις κατοικιών ή πολύ μικρών επιχειρήσεων"

3 Παρουσίαση και ανάλυση στοιχείων φωτοβολταϊκών συστημάτων

3.1 Περιγραφή ενός συστήματος

Τα **Διασυνδεδεμένα** Φ/Β συστήματα διαφέρουν από τα Μη Διασυνδεδεμένα στο ότι δεν διαθέτουν συσσωρευτές (συνήθως) και όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ, προς πώληση.

Τα Διασυνδεμένα Φ/Β συστήματα είναι αυτά που συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον υποψήφιων επενδυτών. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται κυρίως από τα εξής στοιχεία:

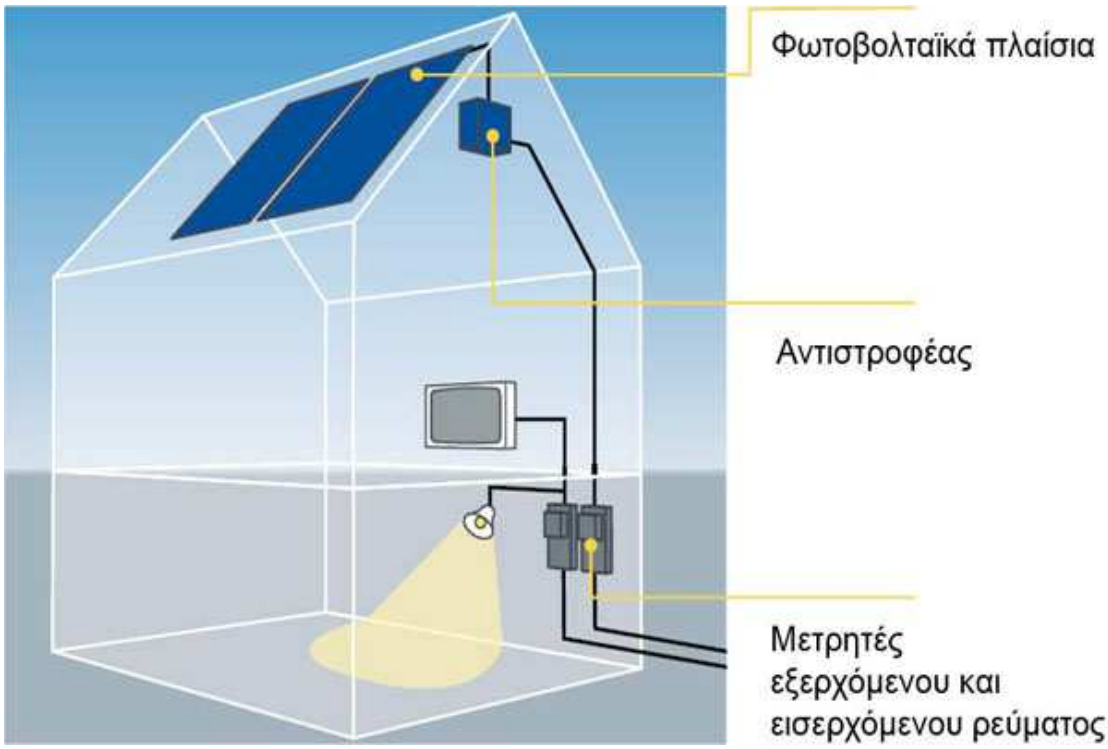
α. Φωτοβολταϊκά πλαίσια (PV modules)

β. **Αντιστροφείς δικτύου** (Grid inverters)

· Τα **Φωτοβολταϊκά πλαίσια** μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια (συνεχές ρεύμα), μέσω των Φ/Β στοιχείων (ηλιακές κυψέλες) που διαθέτουν. Το συνεχές ρεύμα διοχετεύεται στον αντιστροφέα (ή στους αντιστροφείς) δικτύου.

· Οι **Αντιστροφείς δικτύου** μετατρέπουν ουσιαστικά το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο, το οποίο διοχετεύεται μέσω μετρητή (παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας) στο δίκτυο της ΔΕΗ.

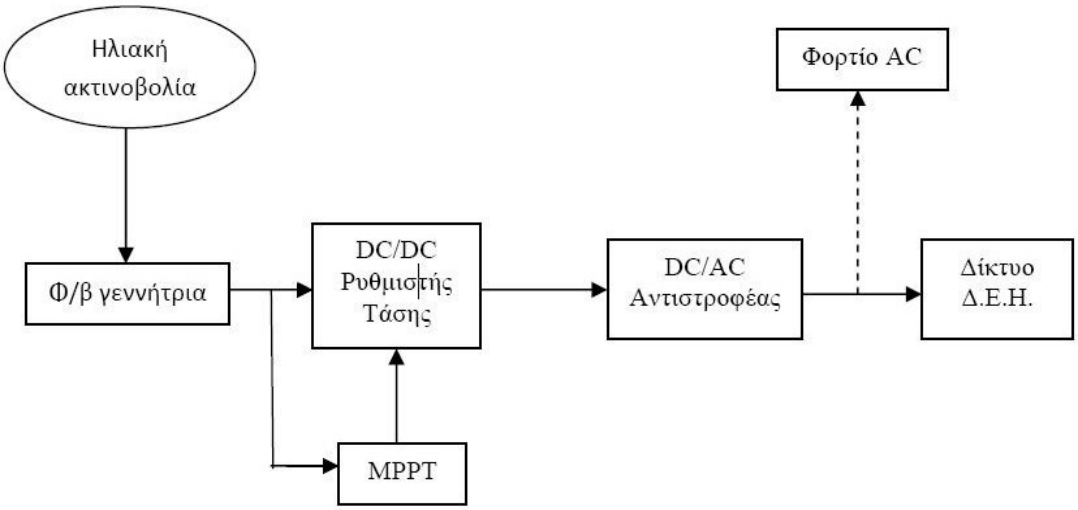
Στην κάτωθι εικόνα απεικονίζεται με απλό τρόπο η εγκατάσταση ενός Διασυνδεμένου Φ/Β συστήματος, τοποθετημένου σε στέγη.



Εικόνα 7 : Περιγραφή ενός συστήματος

3.2 ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (GRID CONNECTED)

Ένα φ/β σύστημα, το οποίο παράγει ηλεκτρική ενέργεια για να εξυπηρετήσει τη ζήτηση κάποιων φορτίων, αποτελείται από πολλά επιμέρους συστατικά. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια επισκόπηση των συστατικών αυτών που συνθέτουν ένα πλήρες φ/β σύστημα.



Εικόνα 8 : ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (GRID CONNECTED)

Μια διαφορετική προσέγγιση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας είναι η εφαρμογή των διασυνδεδεμένων φ/β συστημάτων, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο. Υπάρχουν δύο διαφορετικές υλοποιήσεις, ανάλογα με το αν τροφοδοτείται κάποιο φορτίο απευθείας από το σύστημα ή όχι. Σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα το δίκτυο ενεργεί όπως μια μπαταρία με απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης. Επομένως, η συνολική αποδοτικότητα ενός διασυνδεδεμένου φ/β συστήματος, θα είναι καλύτερη από την αποδοτικότητα ενός αυτόνομου συστήματος, αφού το δίκτυο έχει πρακτικά απεριόριστη ικανότητα αποθήκευσης και επομένως η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί πάντοτε να αποθηκεύεται. Αντιθέτως στις αυτόνομες εφαρμογές οι συσσωρευτές θα είναι ενίοτε πλήρως φορτισμένες, όποτε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει με κάποιο τρόπο να αποβάλλεται.

3.3 Σύγκριση inverter

3.3.1 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ (DC/AC INVERTER)

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η τάση που παράγεται από τη φ/β γεννήτρια είναι ακατάλληλη για την άμεση σύνδεση του φ/β σταθμού στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ρόλος του αντιστροφέα είναι η μετατροπή της συνεχούς τάσης που παράγεται από τα φ/β στοιχεία σε εναλλασσόμενη, κατάλληλης τιμής και συχνότητας για διασύνδεση στο δίκτυο. Όπως για παράδειγμα εάν έχουμε μια πηγή συνεχούς [12 volts] και θέλουμε να την μετατρέψουμε σε εναλλασσόμενη τάση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν αντιστροφέα, ο οποίος να μας δώσει στην έξοδο 220 volts συχνότητας 50 HZ.

Οι αντιστροφείς DC/AC μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί. Γενικά οι αντιστροφής διακρίνονται σε δύο (2) κυρίως κατηγορίες :

- Στους αντιστροφής πηγής τάσεως (vsi – voltage source inverters) που τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσεως.
- Στους αντιστροφής πηγής ρεύματος (csi – current source inverter) που τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς ρεύματος.

Οι αντιστροφείς πηγής τάσεως χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές και είναι ποιο διαδεδομένες, από αυτούς που έχουν πηγή ρεύματος και χρησιμοποιούνται σε μηχανές υψηλής ισχύος.

Οι αντιστροφείς πηγής τάσεως χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία των φωτοβολταϊκών για αυτό θα αναλυθούν παρακάτω.

Οι αντιστροφείς πηγής τάσεως διαιρούνται σε :

- Μονοφασικοί αντιστροφείς σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας
- Μονοφασικοί αντιστροφείς σε συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας
- Στους τριφασικούς αντιστροφείς σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας

3.3.2 Γενικά περί αντιστροφέα (ημιγέφυρας και πλήρους γέφυρας)

Σκοπός της λειτουργίας τους είναι η παραγωγή εναλλασσόμενης τάσης εξόδου με δυνατότητα ελέγχου τόσο του πλάτους όσο και της συχνότητάς του.

- Μονοφασικός ημιγέφυρας

Η συνδεσμολογία ημιγέφυρας απαρτίζεται από δύο ημιαγωγικούς διακόπτες, οι διακόπτες είναι ελεγχόμενοι, ανάβοντας και σβήνοντας εναλλάξ παράγεται μια τετραγωνική εναλλασσόμενη κυματομορφή τάση πάνω στους ακροδέκτες του φορτίου, η μέγιστη τιμή τάσης που εφαρμόζεται πάνω στο φορτίο είναι [vd/2] και η ελάχιστη [-vd/2]. Τα ημιαγωγικά στοιχεία επιτρέπουν την ροή ρεύματος όταν αυτά άγουν κατά την μια φορά ενώ οι αντιπαράλληλες δίοδοι επιτρέπουν το ρεύμα να ρέει κατά την αντίθετη κατεύθυνση. Η παρουσία των αντιπαράλληλων διόδων είναι απαραίτητη όταν το φορτίο είναι επαγωγικής φύσης διότι δίνουν ένα δρόμο επιστροφής του ρεύματος, άρα και της ενέργειας από το φορτίο στη συνεχή τάση τροφοδοσίας στην είσοδο του αντιστροφέα. Η συνεχής τάση εισόδου του μετατροπέα αυτού του τύπου λαμβάνεται με ανορθωτή και εξομάλυνση της τάσης του δικτύου με κυκλώματα ανορθωτών ενώ η τάση εξόδου εξομαλύνεται για να μπορεί να θεωρείτε ημιτονοειδής. Επίσης κάποια άλλα στοιχεία είναι ότι το πλάτος της τάσης εξόδου έχει την μέση τιμή της τάσης εισόδου. Απαιτούνται δύο πυκνωτές μέσης λήψης, το δυναμικό της μεσαίας λήψης δεν σταθεροποιείται, επίσης δεν είναι εφικτό να δημιουργηθούν διαστήματα μηδενικής τάσης στην κυματομορφή της τάσης εξόδου ωμικό φορτίο.

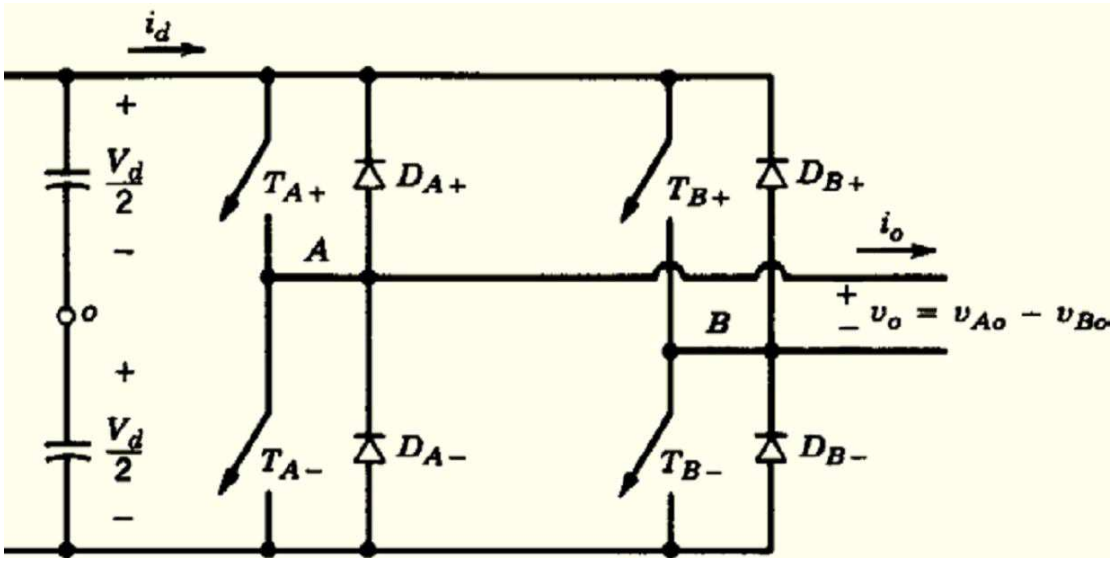
- Μονοφασικός πλήρους γέφυρας

Η λειτουργία του αντιστροφέα με συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας παρουσιάζει κάποια πλεονεκτήματα και αυτό την κάνει να χρησιμοποιείται περισσότερο στα φ/β συστήματα με ισχύς [< 5 kw]. Χρησιμοποιώντας την ίδια συνεχή πηγή τάσης εισόδου, η μέγιστη τάση εξόδου του αντιστροφέα πλήρη γέφυρας είναι διπλάσια από αυτήν του αντιστροφέα ημιγέφυρας. Η επιλογή της διατάξεις αυτής όμως έχει ως αποτέλεσμα την διόγκωση των διακοπτικών απωλειών αγωγής καθώς και την αύξηση της πολυπλοκότητας του κυκλώματος παλμοδότησης λόγω της αύξησης του αριθμού των διακοπτικών στοιχείων. Για τον έλεγχο ενός μετατροπέα πλήρους γέφυρας χρησιμοποιεί δύο τεχνικές :

- Η διαμόρφωση εύρους παλμών με διπολική τάση εξόδου
- Η διαμόρφωση εύρους παλμών με μονοπολική τάση εξόδου

Η συνδεσμολογία του αντιστροφέα με πλήρους γέφυρα, αποτελείται από δυο ημιγέφυρες, οι ελεγχόμενοι ημιαγωγικοί διακόπτες αναβοσβήνουν σε διαγώνια ζευγάρια, συνεπώς πάνω στο φορτίο εμφανίζεται μια τετραγωνική τάση [+vd] ως [-vd]. Η λειτουργία τους όταν [TA+ ,TB-] βρίσκονται σε αγωγή οι [TA- TB+] βρίσκονται σε αποκοπή .Στην περίπτωση αυτή η τάση εξόδου είναι [Vd] ενώ το ρεύμα ρέει από το σημείο Α στο Β. Αντίστροφα όταν [TA-, TB+] βρίσκονται σε αγωγή οι [TA+, TB-] βρίσκονται σε αποκοπή, η τάση εξόδου αλλάζει πολικότητα δηλαδή γίνεται ίση με –Vd και το ρεύμα ρέει από το σημείο Β στο Α. Οι αντιπαράλληλες δίοδοι έχουν ενεργό ρόλο μόνο όταν το φορτίο είναι επαγωγικής φύσης. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν είναι δυνατή η αντιστροφή του ρεύματος αμέσως μετά το κλείσιμο των διακοπτών [TA-,TB+] και το άνοιγμα των [TA+,TB-] λόγω καθυστέρησης που εισάγει το επαγωγικό φορτίο το ίδιο συμβαίνει και αντίστροφα. Έτσι υπάρχει ένα χρονικό διάστημα που το ρεύμα ρέει μέσω των διόδων [DA-,DB+] όταν [TA-, TB+] κλειστοί και μέσω των διόδων [DA+, DB-] όταν [TA+, TB-] κλειστοί επιστρέφοντας ενέργεια στην πηγή τροφοδοσίας. Όταν το φορτίο είναι ωμικό οι δίοδοι δεν έχουν ενεργό ρόλο στο κύκλωμα. Στους αντιστροφής με συνδεσμολογία πλήρους γέφυρας δεν πρέπει να είναι ταυτόχρονα κλειστοί οι διακόπτες του ίδιου σκέλους γιατί δημιουργείται βραχυκύκλωμα στην DC πλευρά. Επίσης υπάρχουν δύο όμοιοι πυκνωτές στην DC πλευρά οι οποίοι πρέπει να έχουν αρκετή χωρητικότητα ώστε να εξασφαλίζουν σταθερή τάση εισόδου.

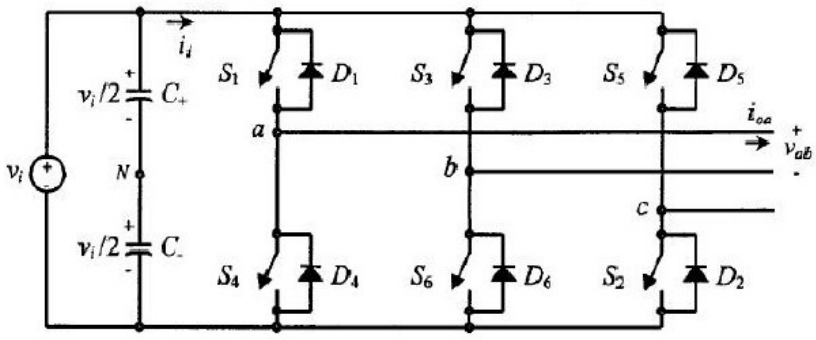
Οι αντιστροφής πλήρους γέφυρας είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται κατά το πλείστων στα συστήματα φ/β σε στέγες όπως και στην παρούσα φ/β εγκατάσταση της μελέτης αυτής.



Εικόνα 9 : Τοπολογία μονοφασικού αντιστροφέα πλήρους γέφυρας ελεγχόμενου από πηγή τάσης.

3.3.3 Τριφασικός αντιστροφέας

Οι τριφασικοί αντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές > 5 [kw][7]. 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. Η τοπολογία ενός τριφασικού αντιστροφέα ελεγχόμενου από πηγή τάσης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 10 : Τοπολογία τριφασικού αντιστροφέα ελεγχόμενου από πηγή τάσης.

3.4 Σύγκριση κόστους

Οι οικονομικές διαφορές συγκριτικά είναι πολύ μικρές. Οι εταιρίες το κόστος των αντιστροφέων το βγάζουν με βάσει την συνολική ισχύ που θα αγοράσει ο αγοραστείς, π.χ όσο ποιο μεγάλο είναι το σύστημα τόση μεγαλύτερη έκπτωση υπάρχει στους inverter π.χ. για ένα σύστημα άνω των 500 kw η έκπτωση θα φτάσει για όλους τους inverter που θα χρειαστούν στη εγκατάσταση ψηλότερα και από το 35%.

3.5 Σύγκριση απόδοσης

Κατά το πλείστον οι αντιστροφείς που υπάρχουν στην αγορά λειτουργούν με βαθμό απόδοσης από 94% - 97% η διαφορές στην απόδοση δεν γίνεται να συγκριθούν διότι πρέπει να συγκρίνουμε ανόμοια πράγματα με διαφορετικές ιδιότητες όπου έχουν διαμορφωθεί με αυτά τα χαρακτηριστικά για να λειτουργούν και να εξυπηρετούν διάφορες λειτουργίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε inverter.

3.6 Σύγκριση panel

Για την επιλογή των panel θα χρειαστεί να γίνει έρευνα αγοράς και αυτό κυρίως γιατί πρέπει να επιλεχθεί ποια τεχνολογία θα χρησιμοποιηθεί π.χ. (μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή λεπτού υμενίου). Για την επιλογή των πάνελ θα πρέπει να γίνονται δοκιμές στα προγράμματα λειτουργικότητας για να δούμε από ποια τεχνολογία και με τι ισχύ το κάθε πάνελ θα μας αποδώσει την μέγιστη δυνατή ισχύ στο σύστημα.

3.7 Σύγκριση κόστους

Το κόστος των φ/β πάνελ δεν μπορεί να γίνει ακριβείς σύγκριση γιατί κάθε εταιρία έχει διαφορετικά πάνελ σε θέμα ισχύς από μια άλλη, οι οικονομικές διαφορές συγκριτικά είναι πολύ μικρές. Οι εταιρίες το κόστος των πάνελ το βγάζουν με βάσει την συνολική ισχύ που θα αγοράσει ο αγοραστείς, π.χ όσο ποιο μεγάλο είναι το σύστημα τόση μεγαλύτερη έκπτωση υπάρχει.

Μοντέλο κατασκευαστής	Τύπος	Χώρα παραγωγής	Ονομαστική ισχύς	Βαθμός απόδοσης	διαστάσης	Κόστος
Sf160 Hanaha solarone	mono	Κίνα	185W	14.50	1580 808 35 mm 13kg	1.15 euro /W
CRM Chaori 185 s 125M - 72	mono	Κίνα	185W	15.70	1580 808 46 mm 15,5kg	1.10 euro/ W
Schozz perform	mono	Γερμανία	185W	14.10	1620 810 46 mm 15,5kg	1.25 euro/ W
Solarwazz m 180- 48 get AK (185Wp)	mono	Γερμανία	185W	13.60	2000 680 50 mm 21kg	1.15 euro / W

Πίνακας 2: Συγκριτικός πίνακας διαφόρων εταιριών παραγωγής panel

Όλα τα φωτοβολταϊκά πάντως μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

• μηδενική ρύπανση

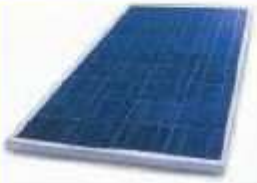
• αθόρυβη λειτουργία

• αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)

• απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές

• δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες

• ελάχιστη συντήρηση

ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση ανά μονάδα επιφάνειας	a-Si: 4,5-6,5% μ-Si: 8-9% CIS-CIGS: 6-12% CdTe: 6-11%	11-16%	11-19%
Επιφάνεια ανά kWp	9-25 m^2	7-9 m^2	5,5-9 m^2

Εικόνα 11 :Η απόδοση ανάλογα με την τεχνολογία σε μονάδα επιφάνειας

4 ΜΕΛΕΤΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

- Σενάριο, ανάλυση, αυτοψία του χώρου
- Σχέδιο του χώρου εγκατάστασης
- Τα φ/β πρέπει να είναι σε καθαρό νότο με την γωνία κλίσης των φ/β να είναι ανάλογα με την περιοχή (Ελλάδα 280 - 320 ορίζοντα)
- Επιλογή φ/β πάνελ
- Επιλογή αντιστροφέα
- Το επόμενο βήμα είναι η διαστασιολόγηση η οποία πάντα πρέπει να γίνετε μέσω προγραμμάτων που δίνουν οι εταιρίες που προμηθεύουν τους αντιστροφής (γιατί πρέπει πάντα να γίνετε έλεγχος για το αν είναι ο αντιστροφέας μέσα στα όρια λειτουργίας του)

4.1 ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΙ ΑΥΤΟΨΙΑ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Σκοπός της επένδυσης είναι η εγκατάσταση ενός φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας **[5KW]** και η πώληση της παραγόμενης ενέργειας στην ΔΕΗ. Το **διασυνδεμένο** φ/β σύστημα θα τοποθετηθεί σε κεραμοσκεπή κτιρίου κύριας κατοικίας. Η σκεπή είναι κεκλιμένη. Το εμβαδόν κάτοψης της στέγης είναι **128.4 m**^{2}. Από το σχέδιο καθώς και από τον προσανατολισμό του κτιρίου προκύπτει ότι οι διαθέσιμες επιφάνειες κάλυψης είναι προσανατολισμένες νότια (βέλτιστος προσανατολισμός).Από το σχέδιο της σκεπής προκύπτει (περιλαμβανομένου και των πολεοδομικών περιορισμών) ότι η ωφέλιμη επιφάνεια κάλυψης είναι **67.3m**$^{2.}$ Είναι δεδομένο, λόγω της ποιο πάνω τιμής, ότι θα προταθεί κάλυψη στο **100%** της ωφέλιμης επιφάνειας. Η κλίση τέλος της σκεπής προκύπτει 15^0. Επί αυτής θα τοποθετηθούν τα φ/β panels. Η δε κλίση αυτή θα είναι σταθερή σε όλη την διάρκεια του έτους.

4.2 Χωροθέτηση του φωτοβολταικού σταθμού :

Ο φωτοβολταικός σταθμός έχει χωροθετηθεί στην θέση με τοπωνύμιο ΛΑΜΠΗ- ΚΩ του Δημοτικού Διαμερίσματος ΚΩ του Δήμου ΚΩ, ΝΗΣΟΣ ΚΩ, του Νομού ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΩΝ. Επισυνάπτετε και σχέδιο της εγκατάστασης.

Οι συντεταγμένες του χώρου εγκατάστασης του συστήματος παρουσιάζονται στον πίνακα ακολούθως :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ 9/2/2005	
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	**36^{0}54΄00,46'' Β**
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ	**27^{0}16' 23,14'' Ε**

Πίνακας 3 :

Εικόνα 12 Χωροθέτηση του φωτοβολταικού σταθμού :

4.3 Τεχνική περιγραφή

Ένα φ/β σύστημα συνδεδεμένο στο δίκτυο περιλαμβάνει τη φ/β συστοιχία, το μετατροπέα ηλεκτρική τάσεως DC-AC (inverter) και δύο μετρητές για την εξερχόμενη και εισερχόμενη ενέργεια.

Εκτίμηση εγκατεστημένης ισχύος για την διαθέσιμη επιφάνεια :

Η παρατήρηση που ακολουθεί δείχνει ότι τα φ/β module της αγοράς έχουν πυκνότητα ισχύος περί τα 145-235 [w/m^2] – και αυτό για module της τάξης των 170-195 [Wp] με αποτέλεσμα για την διαθέσιμη ωφέλιμη επιφάνεια 67.3 [m2] η εκτίμηση της εγκατεστημένης ισχύος να είναι :

190 [w/m2] *0.9*67.3 [m2] = 190 [w/m2] * 60.57 = 11.5 [KW]

Ο συντελεστής 0.9 στον ποιό πάνω τύπο λαμβάνει υπόψη του της αποστάσεις από panel σε panel και μεταξύ των σειρών του για λόγους μοντάζ.

Με αυτό να συνεπάγεται ότι η διαθέσιμη ωφέλιμη επιφάνεια καλύπτει τον σκοπό των [5 kw].

4.4 Παρουσίαση συστήματος

4.4.1 Επιλογή φ/β πλαισίου

Οι παράμετροι σύμφωνα με τους οποίους έγινε η επιλογή των φ/β πλαισίων είναι η αξιοπιστία και η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρίας, η μέγιστης ισχύς που παράγουν, η απόδοση τους και φυσικά το κόστος τους. Ως πρώτο βήμα αποφασίζεται η επιλογή ενός μονοκρυσταλλικού πλαισίου, διότι είναι εύκολο να διαπιστωθεί για την συγκεκριμένη εταιρία που επιλέχτηκε ότι το κόστος είναι όμοιο για τα πλαίσια που διαθέτει και η απόδοση του μονοκρυσταλλικού είναι μεγαλύτερη. Από την άποψη της ισχύος συμφέρει περισσότερο η επιλογή ενός φ/β πλαισίου με μεγάλη ισχύς αντί πολλών πλαισίων με μικρότερες ισχύς ειδικά για μεγάλες εγκαταστάσεις που λειτουργούν ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή του φ/β πλαισίου εξαρτάτε άμεσα από την επιλογή του αντιστροφέα και ουσιαστικά δεν μπορεί να γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα. Εκτός από τις διαστάσεις του πλαισίου και την ισχύς αιχμής του, σημαντικό ρόλο έχουν τα μεγέθη τάσης και έντασης στο σημείο λειτουργίας μέγιστης ισχύος (MPP), καθώς και το ρεύμα βραχυκύκλωσης και η τάση ανοιχτού κυκλώματος, που επηρεάζονται άμεσα από τα χαρακτηριστικά μεγέθη του αντιστροφέα.

Τέλος άμεσα συνυφασμένη με τα παραπάνω είναι και η κυκλωματική διάταξη της συστοιχίας.

Τα πλαίσια που συνδέονται σε έναν αντιστροφέα πρέπει να έχουν τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά, σε διαφορετική περίπτωση δεν υπάρχει η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση των δυνατοτήτων τους.

Με βάσει τα παραπάνω και την προμελέτη που έγινε σε πρόγραμμα (dazing disain) για να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα του αντιστροφέα και των πλαισίων, επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί φ/β πλαίσιο τύπου : *CRM185S (125M-72)* τα ηλεκτρικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του, επισυνάπτονται στον παρακάτω πίνακα :

Τα Φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι της εταιρείας Chaori, τύπου CRM185S125M - 72 ισχύος αιχμής (maximum peak power) 185 Wp. Κάθε Φ/Β πλαίσιο αποτελείται από 72 Φ/Β στοιχεία (κυψέλες) μονοκρυσταλλικού πυριτίου διαστάσεων 125x125 mm που βρίσκονται συνδεδεμένα σε σειρά εντός πλαισίου αλουμινίου. Οι εξωτερικές διαστάσεις των Φ/Β πλαισίων είναι 1580x808x46 mm και το βάρος τους είναι 15,5 kg. Η τάση λειτουργίας είναι 36 V DC, ενώ η μέγιστη τάση συστήματος είναι 1000 V DC. Τα ηλεκτροπτικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων για τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου (Standard Test Conditions, STC) δίνονται στον Πίνακα.

Συνθήκες STC	**CRM185S**
Ισχύς αιχμής (Peak power) P_m	185 Wp
Τάση μέγιστης ισχύος (Maximum power voltage) V_{mpp}	36 V
Ρεύμα μέγιστης ισχύος (Maximum power current) I_{mpp}	5,14 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος (Open circuit voltage) V_{oc}	36,6 V
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως (Short circuit current) I_{sc}	5,53 A
Θερμικά χαρακτηριστικά	
Θερμικός συντελεστής ρεύματος βραχυκύκλωσης	4.7mA/K
Θερμικός συντελεστής τάσης ανοικτού κυκλώματος	-0.146V/K
Θερμικός συντελεστής μέγιστης ισχύος	-0.39%/K

Πίνακας 4 : Ηλεκτρο-οπτικά χαρακτηριστικά Φ/Β πλαισίων Chaori

Εικόνα 13

4.4.2 Επιλογή μετατροπέα (inverter)

Η επιλογή των αντιστροφέων είναι ίσως το σημαντικότερο κομμάτι στη μελέτη μιας φ/β εγκατάστασης. Μιλώντας για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο, αν η προσέγγιση γίνει μόνο από οικονομικής πλευράς τότε αναμφισβήτητα θα καταλήξουμε στην επιλογή αντιστροφέων μεγάλης ισχύος, γιατί η διαφορά στην τιμή είναι αρκετά μεγάλη και η πολυπλοκότητα του φ/β συστήματος μικρή. Ως ακραίο παράδειγμα θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι ένα φ/β πάρκο ισχύος 100 [kWp] καλύπτεται από ένα και μόνο αντιστροφέα.

Όμως μια τέτοια επιλογή, προφανώς είναι λανθασμένη, καθώς περιέχει τον κίνδυνο να αποκοπεί όλο το σύστημα σε περίπτωση βλάβης του μοναδικού αντιστροφέα.

Επισημαίνεται ότι ο τύπος των αντιστροφέων για απευθείας διασύνδεση είναι συγκεκριμένος και με ειδικές διατάξεις όπως αυτές του σκανδαλισμού, της διάγνωσης και του εύρους λειτουργίας. Για τη λειτουργία τους προαπαιτείται η ύπαρξη τάσης στο δίκτυο (σκανδαλισμός).

Ακόμα πρέπει να τονιστεί ότι η ονομαστική ισχύς εξόδου του αντιστροφέα δεν πρέπει να ταυτίζεται σε καμία περίπτωση με την ισχύ αιχμής των φ/β πλαισίων στην είσοδό του. Μια τέτοια επιλογή θα ήταν λανθασμένη, καθώς τα φ/β πλαίσια παράγουν την ονομαστική ισχύ αιχμής τους υπό ιδανικές συνθήκες, οι οποίες δεν συναντώνται στην πράξη και αν συμβεί

ποτέ αυτό διαρκεί για ένα πολύ μικρό διάστημα. Επιπλέον και οι εταιρίες, οι οποίες παράγουν αντιστροφής προτείνουν η μέγιστη ονομαστική ισχύς της γεννήτριας να είναι αυξημένη κατά ένα ποσοστό σε σχέση με την ονομαστική ισχύ εισόδου του αντιστροφέα. Η τιμή αυτή μπορεί να είναι κατά 10-20% μεγαλύτερη από την ονομαστική ισχύ εξόδου του αντιστροφέα. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν επιλεγεί μικρότερη τιμή, αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα μη αποδοτική χρήση των αντιστροφέων και ακόμα μεγαλύτερο κόστος,

καθώς θα απαιτούνται περισσότεροι αντιστροφής για την υλοποίηση της ίδιας φ/β εγκατάστασης.

Ο μετατροπέας που επιλέχτηκε είναι ο **SB 5000 TL** της **SMA** η επιλογή του έγινε με βάσει κάποιων δοκιμών και συγκρίσεων με άλλους μετατροπείς.

Για την επιλογή του, σημαντικό ρόλο παίζει και η λειτουργικότητα που θα έχει με τα φ/β πάνελ έτσι ώστε να υπάρχει μεγάλη απόδοση, από τα πλαίσια και από τον μετατροπέα.

Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί στα προγράμματα που έγιναν στην προμελέτη **(sunny dising)**

Για την επιλογή ενός μετατροπέα, συνεχούς τάσεις DC σε εναλλασσόμενη AC λαμβάνονται

υπόψη κάποιες παράμετροι :

Τάση εισόδου του μετατροπέα (vinv) πρέπει να είναι ίση με την μέγιστη τάση ρεύματος VmΣ της φ/β συστοιχίας.

(VmΣ) = (VinV)

Τάση εξόδου

Η τάση στην έξοδο του μετατροπέα πρέπει να είναι ίση με την φασική τάση **(Vφ=220v)** αν ο μετατροπέας είναι μονοφασικός ή με την πολική τάση **(Vπ=380v)** εάν είναι τριφασικός. Το εύρος τάσης του μετατροπέα **SB 5000TL** είναι **220-240**

Τάση ανοιχτού κυκλώματος

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος του μετατροπέα **VOCINV** πρέπει να είναι μεγαλύτερη

της τάσης ανοιχτού κυκλώματος της φ/β συστοιχίας **VOCΣ** κατά ένα συντελεστή **K**.

Ισχύς εξόδου

Η ισχύς στην έξοδο του μετατροπέα Pinv πρέπει να είναι μικρότερη κατά 30% της ισχύος αιχμής της ΦΒ συστοιχίας PpΣ.

4.4.3 Χαρακτηριστικά συστήματος

Καθορισμός ισχύος αιχμής (εγκαταστημένης ισχύος) PpΣ της φ/β συστοιχίας και επιλογή γωνίας κλίσης β των πλαισίων.

Ισχύς αιχμής φ/β συστοιχίας PpΣ = [5 KWp]

Επιλέγεται γωνία κλίσης πλαισίων 15° και νότιος προσανατολισμός

Οι εξωτερικές διαστάσεις του αντιστροφέα Sunny Boy 5000 TL είναι 470x445x180 mm (Πλάτος/Υψος/Βάθος), το βάρος τους 25 kg περίπου και είναι κατάλληλος για εγκατάσταση σε εξωτερικούς χώρους (κλάση προστασίας IP65) σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος –20 ^{o}C έως +60 ^{o}C.

Για την επιλογή του τύπου του αντιστροφέα ελήφθησαν υπόψη οι τεχνικές προδιαγραφές του και ειδικότερα η περιοχή τάσεων εισόδου που δέχεται και η ισχύς συνεχούς ρεύματος που μπορεί να διαχειριστεί κατά τη διάρκεια λειτουργίας του. Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά του παρατίθενται στον Πίνακα που ακολουθεί.

Δεδομένα DC εισόδου	**SMA SUNNY BOY 5000 TL - 20**
Μέγιστη ισχύς DC	5300 W
Εύρος τάσης DC	175 V – 440 V
Μέγιστη Τάση μέγιστης ισχύς ($U_{MPP,max}$)	440 V
Μέγιστη DC τάση ($U_{DC,max}$)	550 V
Μέγιστη ένταση ρεύματος εισόδου ($I_{PV,max}$)	2 x 15 A
Δεδομένα AC εξόδου	
Ονομαστική ισχύς ($P_{AC,nom}$)	4600 kW
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	22 A
Ονομαστική τάση ($U_{AC,nom}$)	220 V – 240 V
Συντελεστής ισχύος (cosφ)	1
Ονομαστική συχνότητα ($f_{AC,nom}$)	50 Hz / 60 Hz
Απόδοση	
Μέγιστος βαθμός απόδοσης (eta max)	97.0 %
Σταθμισμένος βαθμός απόδοσης (eta euro)	96.5 %

Πίνακας 5 : Κύρια χαρακτηριστικά αντιστροφέα DC/AC

Εικόνα 14 : ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ (DC/AC INVERTER)

Υπολογισμός αριθμού πλαισίων

Αριθμός πλαισίων:

Επιλέγεται πλαίσιο του τύπου CRM185S (125M-72) της εταιρείας CHAORI,

Με ισχύ αιχμής πλαισίου PpΠ = 185 [Wp] (πίνακας Datasheet mono).

N=PpΣ / PpΠ = N= 5000 / 185 = 27 πλαίσια

Όπου :

PpΣ [Wp]: ισχύς αιχμής φ/β συστοιχίας

PpΠ [Wp]: ισχύς αιχμής πλαισίου (από πίνακα μετά την επιλογή του

τύπου πλαισίου)

• Διαστασιολόγηση των strings.

Με την κατάλληλη επιλογή των στοιχείων που αποτελούν ένα string (πλαίσια, καλώδια, ακροδέκτες σύνδεσης), έτσι ώστε να αντέχουν το άθροισμα των ρευμάτων βραχυκύκλωσης των υπολοίπων strings. Όταν ο μέγιστος αριθμός των παράλληλων strings είναι 2, ο περιορισμός αυτός ικανοποιείται πάντα, καθώς το ανάστροφο ρεύμα που θα δεχθεί το string, όπου εμφανίστηκε το σφάλμα, θα προέρχεται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του άλλου string και θα ισούται με αυτό. Επομένως δεν χρειάζεται καμία επιπλέον προστασία έναντι του ανάστροφου ρεύματος όταν υπάρχουν 2 παράλληλα strings.

Καθορισμός συνδεσμολογίας φ/β συστοιχίας.

Αριθμός πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά

Αριθμός παράλληλων κλάδων

Ο συγκριμένος μετατροπέας που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα έχει δυο

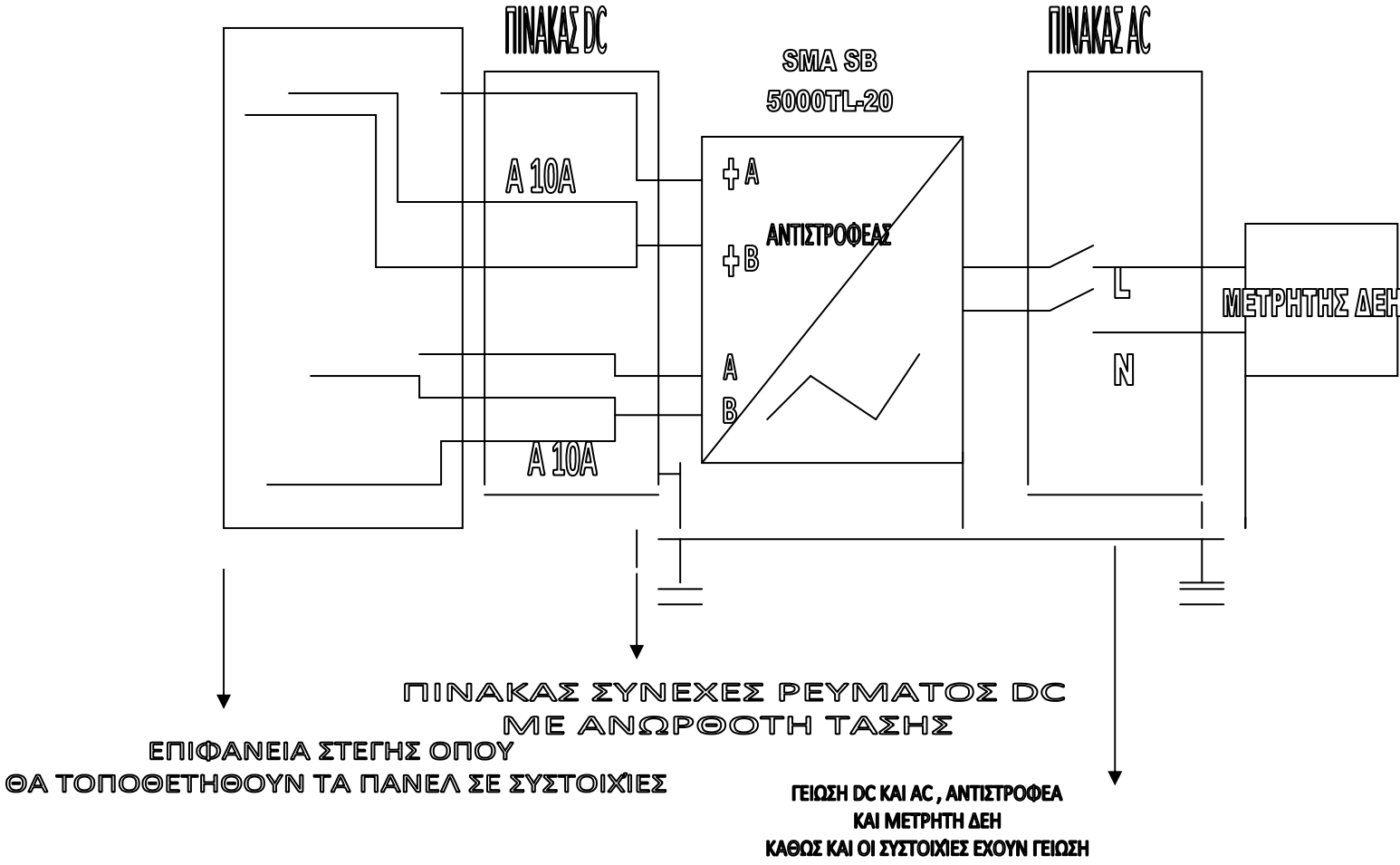
εισόδους και η κάθε είσοδος έχει την δυνατότητα να δεχτεί δυο συστοιχίες.

Η κάθε μια συστοιχία από τις δύο μπορεί να έχει συνδεδεμένα σε σειρά 11

Πλαίσια.

Έπειτα από δοκιμές στα προγράμματα λειτουργικότητας για την καλύτερη απόδοση του συστήματος η συνδεσμολογία θα είναι :

Στην πρώτη είσοδο θα συνδεθούν 2 string των δέκα (10) πάνελ και στην δεύτερη ένα (1) String των επτά (7) πάνελ.



Στο παραπάνω σχέδιο γίνεται μία απεικόνιση της συνδεσμολογίας του συστήματος καθώς παρουσιάζονται και τα μέρη όπου το αποτελούν, στο παρών κείμενο θα γίνει μια ανάλυση του σχεδίου για καλύτερη κατανόηση από τους αναγνώστες του παρόντος.

Το σύστημα αποτελείτε από τα πάνελ τα οποία βρίσκονται συνδεμένα σε συστοιχίες. Ο inverter SMA SB 5000TL-20 έχει δύο εισόδους όπου σε κάθε είσοδο μπορούν να συνδεθούν δύο συστοιχίες. επίσης στα καλώδια μπαίνει ασφάλεια των 10 Α, τα καλώδια μέχρι την είσοδο του μετατροπέα είναι [$4mm^2$]. Στην AC πλευρά υπάρχει ο ανορθωτής καθώς και ημιαγωγοί, τα καλώδια για την σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ είναι [$3*10\ mm^2$] η ασφάλεια των καλωδίων είναι 32 Α. Στην έξοδο υπάρχουν δύο μετρητές της εισερχόμενης παραγωγής από το σύστημα στο δίκτυο και της κατανάλωσης ρεύματος από την οικεία.

4.5 Ενεργειακή μελέτη

4.5.1 Υπολογισμός παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας – Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για τον υπολογισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας υπακούει στο βασικό μοντέλο υπολογισμού των απωλειών κατά τις ενεργειακές μετατροπές από την είσοδο του συστήματος (προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία) έως την έξοδο του συστήματος (σημείο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.). Συγκεκριμένα υπολογίζονται με βάση την ηλιακή ακτινοβολία της συγκεκριμένης περιοχής η φωτοβολταϊκή μετατροπή, οι απώλειες καλωδιώσεων μεταφοράς του συνεχούς ρεύματος στον μετατροπέα DC/AC, οι απώλειες μετατροπής από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα όπως και οι απώλειες του μετατροπέα και οι απώλειες του καλωδίου μεταφοράς του εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι τιμές για την ηλιακή ακτινοβολία της περιοχής έχουν ληφθεί συνδυαστικά αφενός από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων PVGIS και αφετέρου από την διεθνή βάση METEONORM. Όλες οι τιμές προσαρμόστηκαν με βάση το πρότυπο του λογισμικού PVsyst, μέσω του οποίου έχει γίνει η ανάλυση και προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος. Είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι το φ/β σύστημα θα έχει ισχύς [5 Kw] και θα αποτελείται από ένα inverter τύπου **SB 5000 TL** της **SMA**. Στην πρώτη είσοδο θα συνδεθούν 2 string των δέκα (10) πάνελ και στην δεύτερη ένα (1) String των επτά (7) πάνελ. Ο τύπος των panel CRM185S (125M-72) της εταιρείας CHAORI,

Με ισχύ αιχμής πλαισίου ΡpΠ = 185 [Wp].

Βασική προϋπόθεση για να μπορεί να αναλυθεί το σύστημα ήταν να δούμε την παραγωγή του συστήματος σε Mwh με τα παρόντα κλιματολογικά δεδομένα στην περιοχή της εγκατάστασης με τα προγράμματα της (PVGIS).

Το σύνολο των εσόδων προέρχεται από την παραγωγή 141.51 (MWh) (με βάση το πρόγραμμα της Pvgis) στο βάθος της εικοσαετίας και η πώληση τους στην ΔΕΗ σε τιμή 495 ευρώ/Mwh. Η παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος (MWh) σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος και από χρόνο σε χρόνο θα έχει μια μικρή πτώση αυτή οφείλεται στο ποσοστό πτώσης απόδοσης του συστήματος που υπολογίζουμε ότι θα έχει και υπολογίζεται στο (0.9%).

4.6 (Ενδεικτικά αποτελέσματα παραγωγής)[8]

Ηλιακή ακτινοβολία βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται: PVGIS-κλασικό

Ονομαστική ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος: 5,0 kW (κρυσταλλικό πυρίτιο)

Εκτιμώμενη απώλειες λόγω θερμοκρασίας: 11,1% (χρησιμοποιώντας την τοπική θερμοκρασία περιβάλλοντος)

Εκτιμώμενη απώλεια που οφείλεται στην Γωνιακή επιδράσεις ανακλαστικότητα: 2,9%

Άλλες απώλειες (καλώδια, inverter κλπ): 4,0%

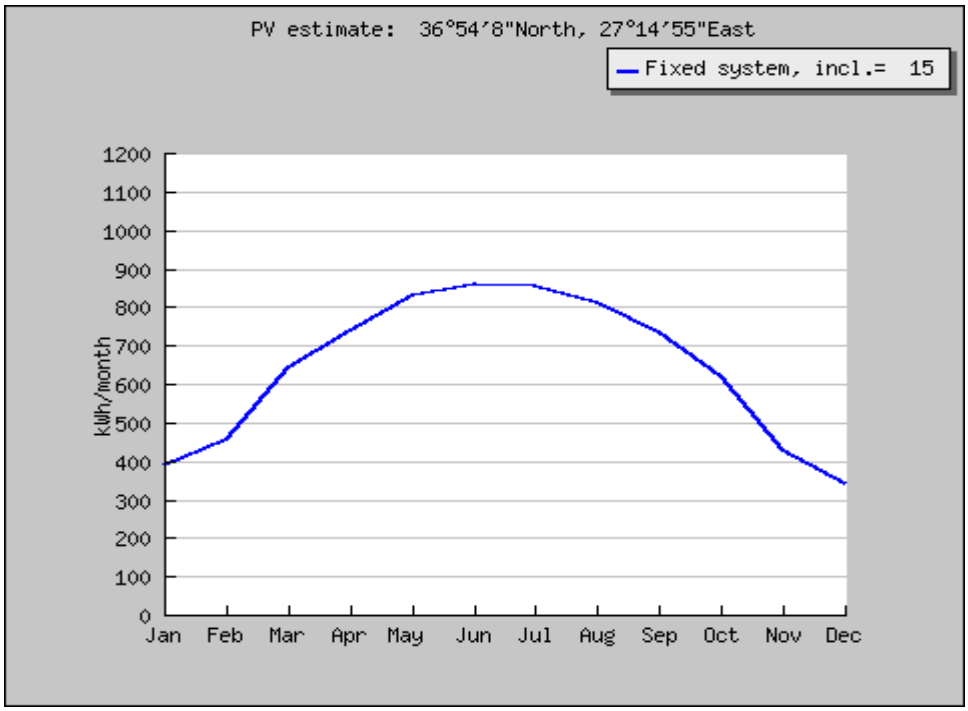
Συνδυασμένη απώλειες φωτοβολταϊκού συστήματος: 17,1%

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	12.60	391	2.88	89.1
Feb	16.40	458	3.76	105
Mar	20.70	641	4.84	150
Apr	24.60	737	5.85	175
May	26.70	828	6.55	203
Jun	28.50	856	7.14	214
Jul	27.50	853	6.93	215
Aug	26.10	809	6.56	203
Sep	24.40	732	6.02	180
Oct	20.00	621	4.82	149
Nov	14.30	428	3.34	100
Dec	11.10	343	2.54	78.7

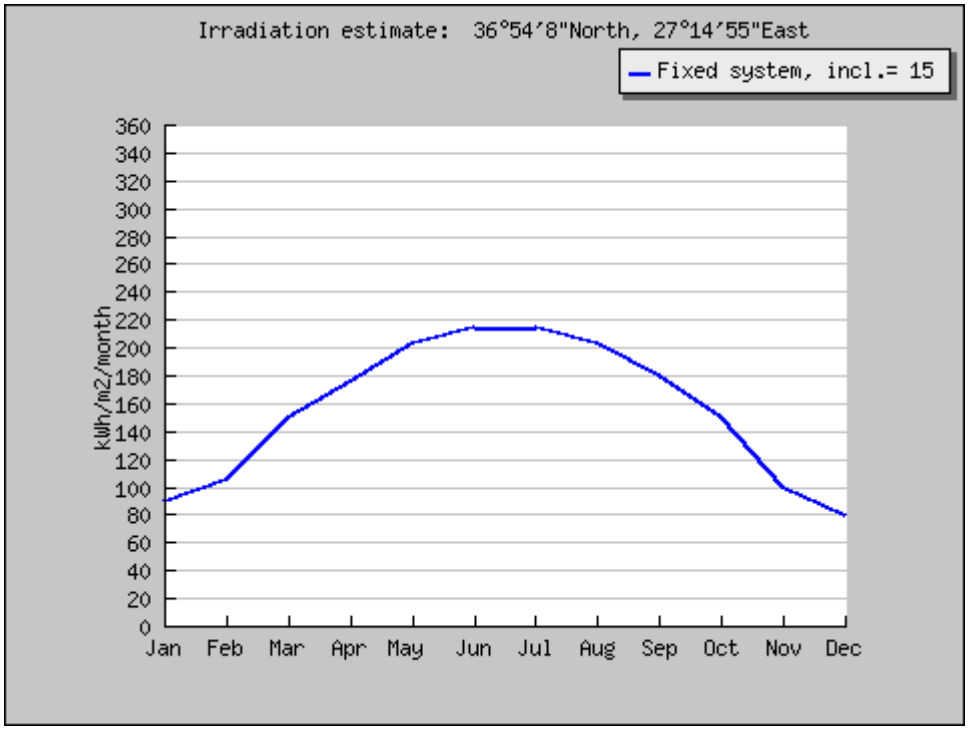
Yearly average	21.1	641	5.11	155
Total for year	7700		1860	

Ed: Μέση ημερήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το συγκεκριμένο σύστημα (kWh)
Em: Μέση μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το συγκεκριμένο σύστημα (kWh)
Hd: Μέση ημερήσια άθροισμα της παγκόσμιας ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο που ελήφθη από τις ενότητες του συγκεκριμένου συστήματος (kWh/m2)
Hm: Μέσος μηνιαία άθροισμα της παγκόσμιας ακτινοβολίας ανά τετραγωνικό μέτρο που ελήφθη από τις ενότητες του συγκεκριμένου συστήματος (kWh/m2)

Πίνακας 6 : Στο παραπάνω πίνακα έχουμε αποτελέσματα βάση προγράμματος (pvgis) όπου περνάμε στοιχεία της εγκατάστασης και βλέπουμε την παραγωγή που θα έχουμε αυτό το πρόγραμμα είναι για να υπάρχει μια γενική εικόνα της εγκατάστασης.



Εικόνα 15 : γράφημα μηνιαία παραγωγή συστήματος σε [Kwh]



Εικόνα 16 : γράφημα μηνιαία προσπίπτουσα ακτινοβολία ανα [m^{2}]

5 Οικονομική Ανάλυση επένδυσης

5.1 Στοιχεία σχεδίου

Στο πλάνο που θα αναπτυχτεί παρακάτω θα αναλύσουμε αποτελέσματα στο βάθος της εικοσαετίας (20) έτη που θα προκύψουν από την επένδυση σε σύστημα 5[kW]. Το σημαντικότερο κομμάτι είναι να δούμε την χρηματοοικονομική ροή σε διάφορες εκδοχές ώστε να μπορεί να αποφασιστεί το ποσοστό των κεφαλαίων από ίδια κεφάλαια η από δάνειο που θα επενδυθούν.

Η σύνταξη του επενδυτικού σχεδίου ενός συνδεδεμένου ΦΒ συστήματος προϋποθέτει τη γνώση των παρακάτω στοιχείων:

- εγκατεστημένη ισχύς ΡρΣ [KW]
- ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ΕmΣ [KW]
- τιμή πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας Cπ [ευρώ/ kwh]
- αρχικό κόστος φβ συστήματος επένδυσης [ευρώ] (tem key)
- κεφάλαιο ίδιας συμμετοχής ΙΣ [ευρώ]
- κεφάλαιο επιχορήγησης Ε [ευρώ]
- κεφάλαιο δανείου Δ [ευρώ]
- επιτόκιο δανείου r [%]
- διάρκεια δανείου [έτη]
- κόστος συντήρησης και λειτουργίας ΚΣΛ [ευρώ]
- κόστος ασφάλισης [ευρώ]
- συντελεστής φορολογίας ΣΦ [%]
- ετήσια αύξηση τιμής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας Ec [%]
- ετήσια αύξηση κόστους και λειτουργίας Εκ [%]
- ετήσια αύξηση κόστους ασφάλισης Εα [%]
- οικονομική διάρκεια ζωής της επένδυσης (συνήθως ν=20 έτη)

5.2 Σχεδιασμός οικονομικών πλάνων

Η ανάλυση του επενδυτικού πλάνου θα γίνει σε τρεις εκδοχές, θα παρουσιαστούν τρία οικονομικά πλάνα για εξοικονόμηση χρόνου, με βάση το ποσοστό δανεισμού των κεφαλαίων (το πρώτο πλάνο είναι να προέρχεται το 100% του κεφαλαίου από πιστωτές, το δεύτερο πλάνο είναι να προέρχεται το 50% του αρχικού κεφαλαίου από πιστωτές και τέλος όλη η επένδυση να προέρχεται από ίδια κεφάλαια). Έπειτα θα ακολουθήσει σύγκριση των οικονομικών σχεδίων έτσι ώστε να βρεθεί η βέλτιστη οικονομική λύση.

5.3 Κόστος συστήματος

Κόστος μεμονωμένων τμημάτων συστήματος .

Εγκατάσταση [5 kw], αναλυτικά τα μέρη που αποτελούν την εγκατάσταση

- Πάνελ : 4100 ευρώ
- Inverter : 2400 ευρώ
- Βάση : 700 ευρώ
- Καλώδια και σύνδεση στην ΔΕΗ : 2000 ευρώ
- Εγκατάσταση : 1500 ευρώ
- Κόστος συντήρησης και λειτουργίας :100 ευρώ
- Μεταφορικά και λοιπά έξοδα : 3000ευρώ

Το σύνολο όταν η αγορά της εγκατάστασης θα γίνει αγοράζοντας μεμονωμένα τα υλικά ανέρχεται στα 13.800 ευρώ (χωρίς ΦΠΑ).

Σε όλες της εταιρίες όμως έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα (Turn Key = με το κλειδί στο χέρι) όπου οι εταιρίες κοστολογούν ένα σύστημα με μία τιμή ανά **watt 2.6 ευρώ** με πολύ μικρές διαφορές από εταιρία σε εταιρία και αυτές κυρίως στο ποσοστό της έκπτωσης, όπου στην τιμή αυτήν παραλαμβάνεις το σύστημα έτοιμο εγκατεστημένο και συνδεμένο.

5.3.1 Μεθοδολογία για την ανάλυση της χρηματοοικονομικής ροής

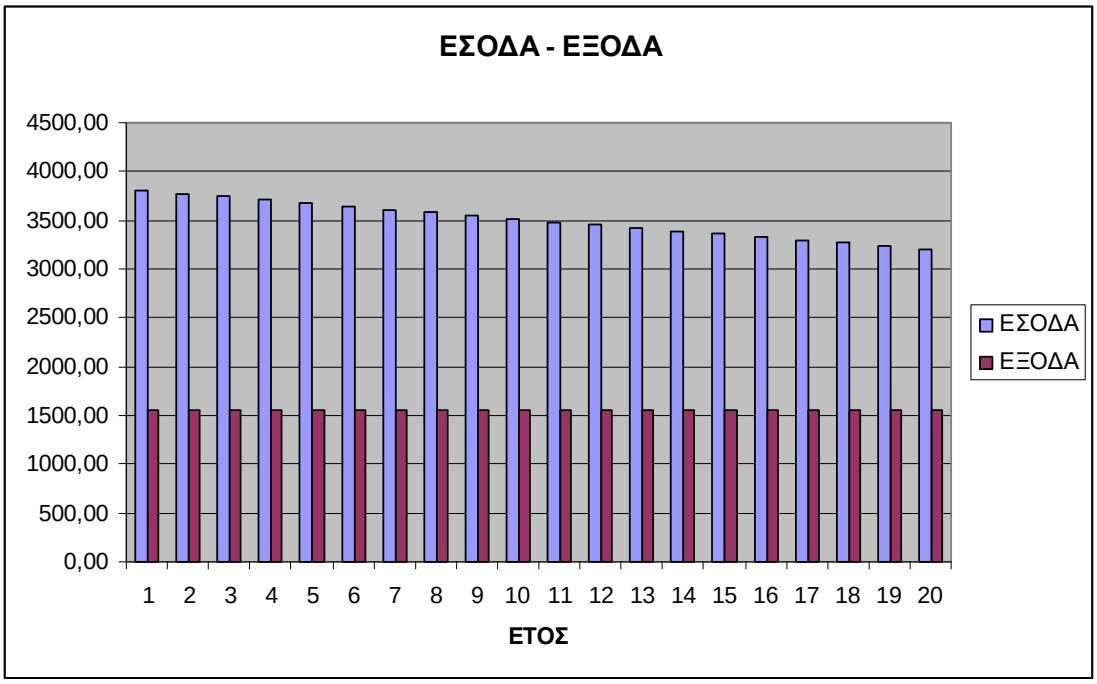
Γνωρίζοντας το κόστος αγοράς μίας φ/β εγκατάστασης 5[kW] και την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια που θα αποδώσει , σχεδιάστηκε ένα πρόγραμμα στο οποίο θα γίνουν οι αναλύσεις για να υπάρχει μια εικόνα για τα οικονομικά αποτελέσματα που θα έχει η εγκατάσταση στο βάθος της εικοσαετίας. Στα πρώτα στάδια του σχεδιασμού και γνωρίζοντας το κόστος της εγκατάστασης ερευνήθηκε ποίοι είναι οι περιορισμοί στην πιστωτική αγορά για να χρηματοδοτηθούν επενδύσεις Φ/Β συστημάτων σε στέγες κτιρίων. Σε αυτά τα πλαίσια θα γίνει και οικονομική ανάλυση για να μπορεί να αποφασιστεί το ποσό που θα πιστωθεί και το ποσό των ίδιων κεφαλαίων. Ποιο συγκεκριμένα θα αναλυθεί το σχέδιο για το ποσό πίστωσης για το 100% του κόστους για την εγκατάσταση των [5Kw], έπειτα σε ποσό 50% του κεφαλαίου που απαιτείται, και στο τέλος όταν προέρχεται όλο το ποσό από ίδια κεφάλαια. Τα έτη αποπληρωμής του δανείου θα είναι σε 5 ,7και 10.

Τα βασικά έξοδα που μπορούν να υπολογιστούν στο σύστημα είναι τα ασφάλιστρα, συντήρηση και η κατανάλωση ρεύματος. Την απόσβεση για την συγκεκριμένη μελέτη θα την υπολογίσουμε σαν το έτος που αποταμιεύοντας τα έσοδα θα καλυφθεί το αρχικό κεφάλαιο επτά (7) χρόνια ή και υπολογίζοντας ότι κάθε έτος θα αποταμιεύει ένα ποσό οπότε στο βάθος των είκοσι 20 ετών θα έχει καλύψει το αρχικό κεφάλαιο. Η απόσβεση είναι χρηματοοικονομικό μέγεθος και κυρίως απασχολεί τα λογιστικά θέματα κάποιας επένδυσης κυρίως φορολογικές ελαφρύνσεις. Τα έσοδα που θα προκύψουν πρέπει να σημειωθεί ότι δεν φορολογούνται. Με τα δεδομένα που ισχύουν μέχρι αυτήν την στιγμή υπάρχει ο φόρος ΑΠΕ που εκδίδετε σε τιμολόγια στα οποία η εγκαταστάσεις δεν έχουν φ/β συστήματα.

Τα έσοδα θα είναι σταθερά στα επενδυτικά σχέδια όπως και τα ασφάλιστρα αυτό που θα διαφοροποιήσει την χρηματοοικονομική ροη είναι οι εκροές λόγω τόκων και απόσβεσης του κεφαλαίου που επενδύθηκε.

5.4 ανάλυση επενδυτικών πλάνων με γραφήματα

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιασθεί μια πλήρη εικόνα με ανάλυση των γραφικών παραστάσεων για τα αποτελέσματα στην χρηματοοικονομική ροη από την παραγωγή και πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας του συστήματος που επιλέχτηκε ναι είναι εγκατεστημένο σε στέγη σπιτιού στην νήσο Κω, και διασυνδεμένο στο δίκτυο της ΔΕΗ. Στο πρώτο στάδιο της παραγράφου θα παρουσιαστεί ένα γράφημα με το σύνολο των εσόδων και των εξόδων που είναι κοινά και στα τρία οικονομικά πλάνα, έπειτα θα παρουσιαστούν μεμονωμένα με γραφήματα τα οικονομικά πλάνα και τέλος θα αναλυθούν και θα συγκριθούν και θα παρουσιαστούν τα συνολικά αποτελέσματα.

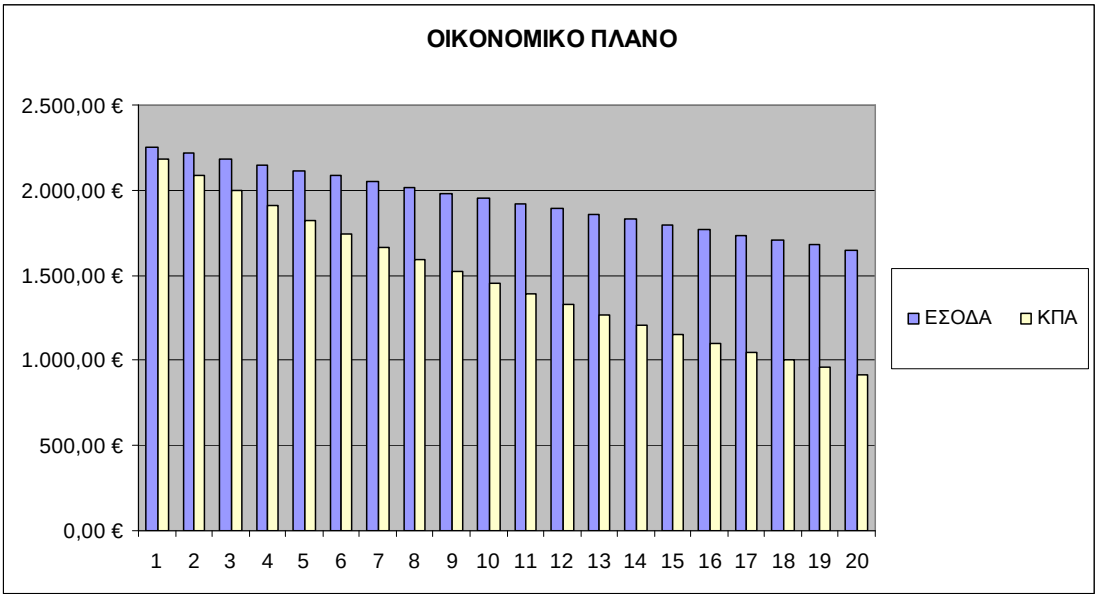


Εικόνα 17 : Το γράφημα παρουσιάζει τα σταθερά έσοδα και τα έξοδα του συστήματος

Στην εικόνα 17 παρουσιάζεται σε γράφημα η εισροή του συστήματος από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την πώληση της στην ΔΕΗ, επίσης παρουσιάζεται και το ποσό των ετήσιων εξόδων για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του εγκαταστάτη και τα ασφάλιστρα του φ/β συστήματος. Αυτό που πρέπει να επισημανθεί για το συγκεκριμένο γράφημα είναι ότι οι εισροές και οι εκροές που παρουσιάζονται είναι κοινές για όλα τα πλάνα και αυτό που θα επηρεάζει και θα διαφοροποιεί την χρηματοοικονομική ροή είναι η αποπληρωμή του δανείου.

5.4.1 Σενάριο με 0% δανεισμό κεφαλαίου

Στην συνέχεια των αναλύσεων παρουσιάζονται δύο γραφήματα που απεικονίζουν την χρηματοοικονομική ροη και την καθαρή παρούσα αξία, ανάλογα με την πιστωτική επιλογή των κεφαλαίων. Τα δύο παρακάτω γραφήματα της εικόνας 18 και 19 απεικονίζουν την κατάσταση της επένδυσης όταν τα κεφάλαια προέρχονται από τον εγκαταστάτη.



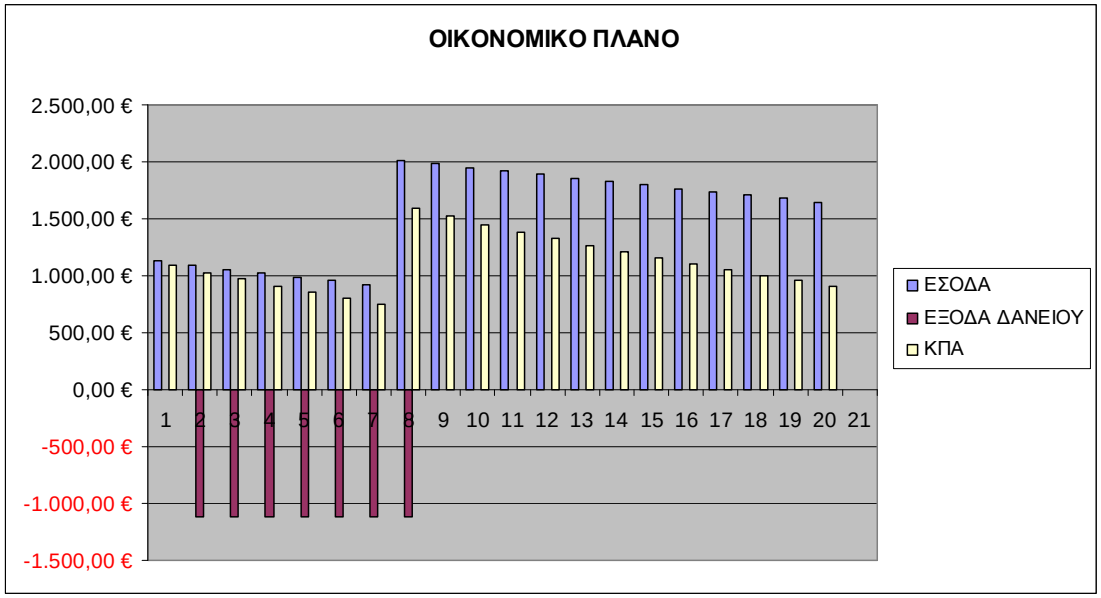
Εικόνα 18 : Το γράφημα παρουσιάζει την χρηματοοικονομική ροή του συστήματος με μη δανεισμό κεφαλαίων.

Εικόνα 19 : Το γράφημα παρουσιάζει την αθροιστική καθαρή παρούσα αξία του συστήματος με 0% ποσοστό δανεισμού των κεφαλαίων.

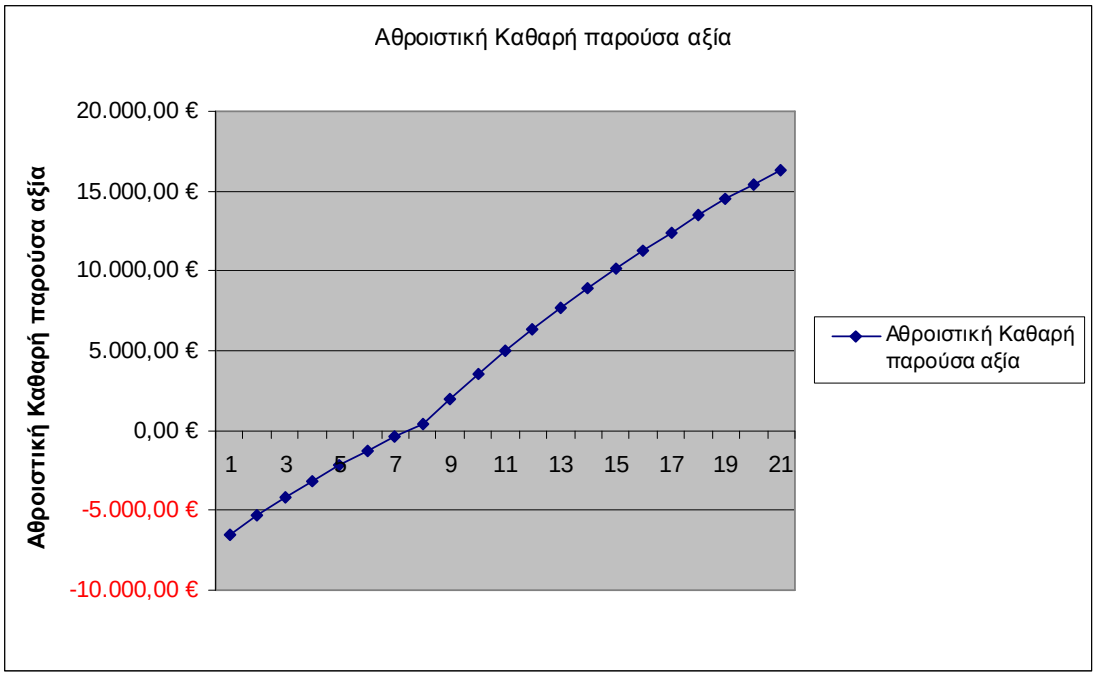
Στην εικόνα (18) παρατηρείται ότι υπάρχει σταθερή εισροή από το σύστημα κάθε έτος λειτουργίας που φτάνει 2250,50€ και μειώνεται με την ανάλογη πτώση της απόδοσης του συστήματος. Αυτό που δεν παρατηρείται σε αυτό το γράφημα διότι δεν παρουσιάζονται έξοδα για την αποπληρωμή του δανείου είναι ότι τα κεφάλαια που έχουν δοθεί για την εγκατάσταση πρέπει να αποσβεσθούν. Αυτό θα το δείξει το γράφημα της εικόνας (19) όπου βάση των στοιχείων της αθροιστικής παρούσας αξίας τα κεφάλαια επιστρέφονται στο τέλος και του έβδομου (7) έτους λειτουργίας.

5.4.2 Σενάριο με 50% δανεισμό κεφαλαίου

Τα δύο παρακάτω γραφήματα της εικόνας 20 και 21 απεικονίζουν την κατάσταση της επένδυσης όταν τα κεφάλαια προέρχονται 50% από τον εγκαταστάτη και 50% από δάνειο.



Εικόνα 20 : Το γράφημα παρουσιάζει την χρηματοοικονομική ροη του συστήματος σε ποσοστό δανεισμού 50%.

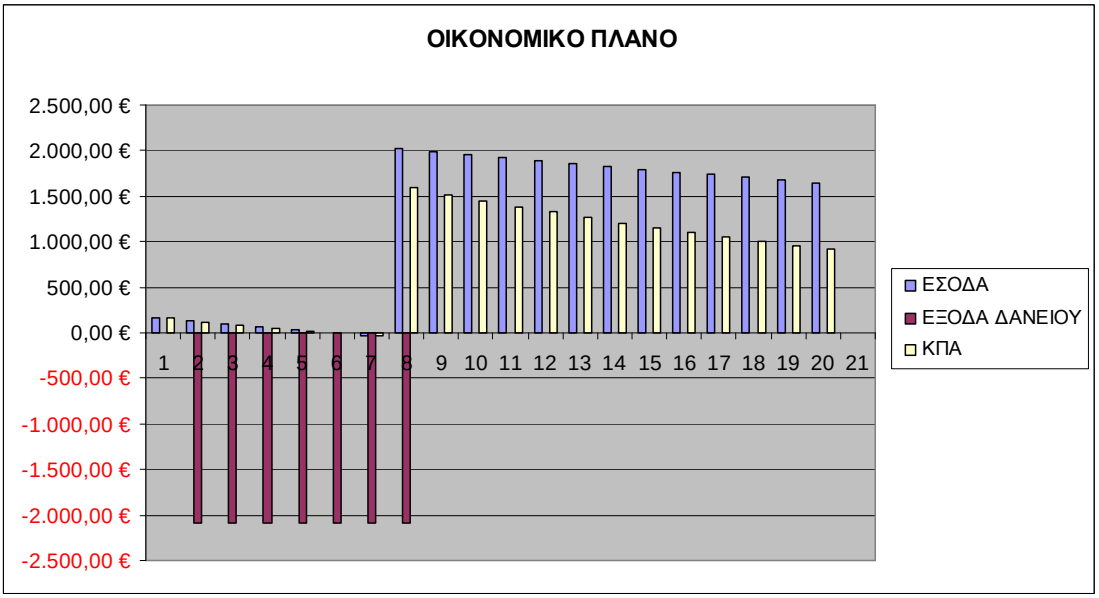


Εικόνα 21: Το γράφημα παρουσιάζει την αθροιστική καθαρή παρούσα αξία του συστήματος σε ποσοστό δανεισμού 50%.

Στο συγκεκριμένο πλάνο βλέπουμε ότι υπάρχει μία ποιο σταθερή ροή παρόλο που υπολογίζονται και τα έξοδα που προέρχονται από την δόση του δανείου και την κατανάλωση ενέργειας καθώς ασφάλισης και συντήρησης του συστήματος. Η αθροιστική καθαρή παρούσα αξία στο τέλος της επένδυσης ανέρχεται στα 16.346,41 ευρώ ενώ το κεφάλαιο που πρέπει να αποσβέσουμε είναι 6.500 ευρώ. Επιπλέον είναι φανερό ότι υπάρχει μία απότομη αύξηση στην εισροή των εσόδων από το 8^{ο} έτος που οφείλεται στο ότι έχει αποπληρωθεί το δάνειο. Τα ίδια κεφάλαια λόγω των εσόδων ανά έτος μπορεί να τα αποσβέσει ο επενδυτής στο πέρας του χρόνου. Παρατηρείται βέβαια ακόμα ότι στα πρώτα χρόνια που είναι σε εκκρεμότητα και το δάνειο υπάρχει ένα ποσό ανά έτος που φτάνει τα 1200 ευρώ και δίνει μια ασφάλεια στον επενδυτή και μία σταθερότητα.

5.4.3 Σενάριο με 100% δανεισμό κεφαλαίου

Τα δύο παρακάτω γραφήματα της εικόνας 22 και 23 απεικονίζουν την κατάσταση της επένδυσης όταν τα κεφάλαια προέρχονται από δάνειο.



Εικόνα 22 : Το γράφημα παρουσιάζει την χρηματοοικονομική ροη του συστήματος σε ποσοστό δανεισμού 100%.

Εικόνα 23: Το γράφημα παρουσιάζει την αθροιστική καθαρή παρούσα αξία του συστήματος σε ποσοστό δανεισμού 100 %.

Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα (22 και 23) έχουμε τα εξής στοιχεία τα πρώτα χρόνια ενώ υπάρχει μία εισροή από την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικού ρέματος είναι πάρα πολύ μικρή και καθώς πέφτει η απόδοση του συστήματος ανά έτος φτάνει σε ένα σημείο τα δύο τελευταία έτη για την αποπληρωμή του δανείου να είναι και παθητικό. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη δόση του δανείου και τα τοκοχρεολύσια. έπειτα από το πέρας των ετών που είναι σε αποπληρωμή το δάνειο παρατηρείται μια απότομη αλλαγή και αύξηση των εσόδων ανά έτος . Η εικόνα (23) παρουσιάζει την καθαρή παρούσα αξία όπου για το συγκεκριμένο σχέδιο φαίνεται τα πρώτα έτη η μη αποδοτικότητα του σε χρήματα.

5.4.4 Συμπεράσματα

Τα τελικά έσοδα φτάνουν τις 16.441€ ευρώ και προέρχονται από την πώληση στην ΔΕΗ 141.51 Mwh που παράγονται από το σύστημα καθόλα την διάρκεια λειτουργίας του. Στο σύνολο των εσόδων φαίνεται μια μικρή πτώση από έτος σε έτος και αυτό οφείλεται στην πτώση της απόδοσης του φ/β συστήματος που υπολογίζεται ότι θα υπάρχει. Στα σταθερά έξοδα θα υπάρχουν

- ένα ποσό της τάξεως των 1500 ευρώ το οποίο οφείλεται στην ετήσια κατανάλωση του ρεύματος από τον εγκαταστάτη του συστήματος,
- ένα πόσο των 61 ευρώ ετησίως που υπολογίζεται για την ασφάλιση και συντήρηση του συστήματος.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι το σύστημα των [5 kw] είναι μια επένδυση μικρού κόστους με αυτό να συνεπάγεται πολύ μικρές διαφορές.

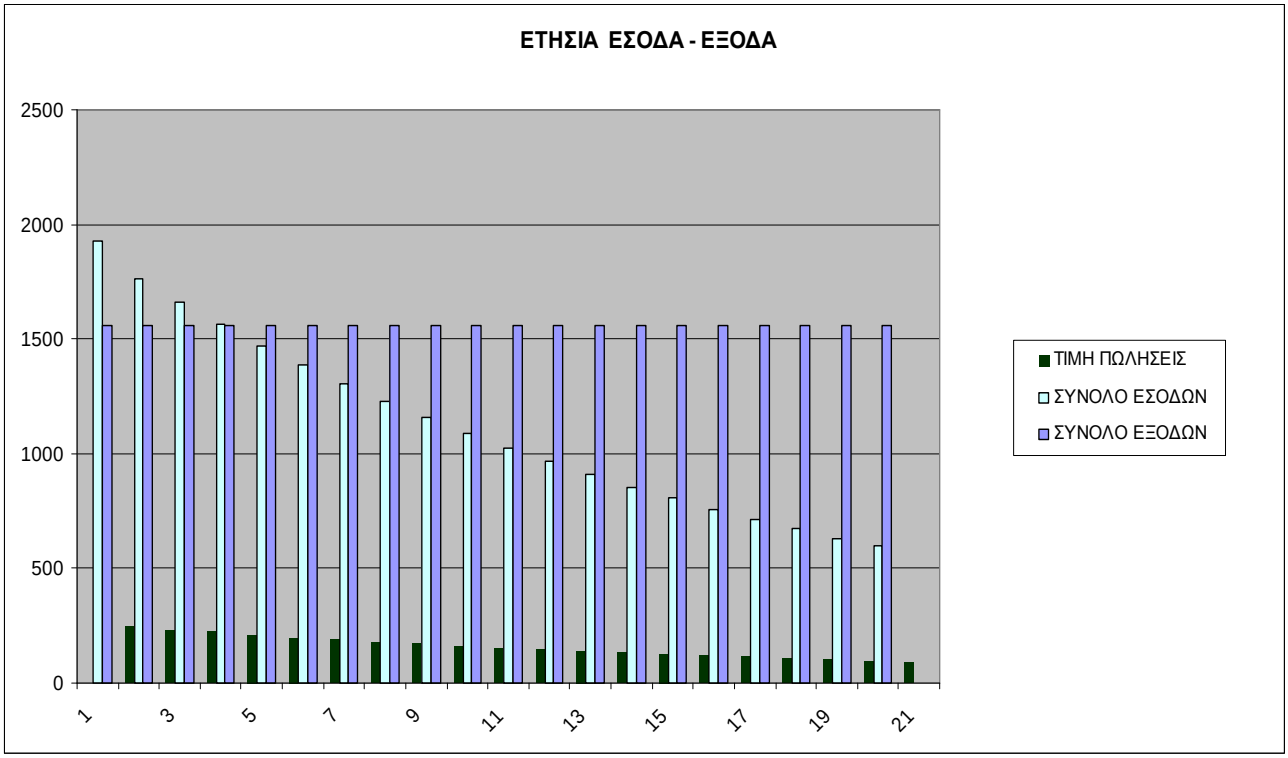
Παρόλο που τα χρηματικά μεγέθη είναι μικρά βλέπουμε κάποιες σημαντικές διαφορές, αναλύοντας την χρηματοοικονομική ροή του συστήματος παρατηρείται ότι η επένδυση όταν γίνει με όλα τα κεφάλαια να προέρχονται από τον εγκαταστάτη παρουσιάζει ένα βασικό μειονέκτημα, θα μειωθεί η ρευστότητα του διότι θα σπαταλήσει το κεφάλαιο για την εγκατάσταση με αποτέλεσμα από την στιγμή που η αθροιστική καθαρή παρούσα αξία ξεκινάει από το (-13.000) ευρώ να δημιουργεί ένα μεγαλύτερο ρίσκο στον εγκαταστάτη. Ενώ παρατηρώντας την χρηματοοικονομική ροη του συστήματος όταν το 50% των κεφαλαίων προέρθουν από δάνειο, φαίνεται μία ισορροπία σε όλη την διάρκεια ακόμα και στα πρώτα χρόνια που είναι στο στάδιο της αποπληρωμής του κεφαλαίου. Διότι μειώνεται σταδιακά η αθροιστική καθαρή παρούσα αξία καθώς ξεκινάει από (– 6.500) ευρώ ενώ ταυτόχρονα υπάρχει η αποπληρωμή της δόσης για το δάνειο και η κάλυψη των σταθερών εξόδων. Αντιθέτως με τα δύο παραπάνω σχέδια υπάρχει και το πλάνο που τα κεφάλαια προέρχονται όλα από δάνειο αυτό το πλάνο εξυπηρετεί τους επενδυτές με χαμηλή ρευστότητα που δεν έχουν την δυνατότητα του κεφαλαίου και τα δανείζονται, αλλά τα μειονεκτήματα είναι σημαντικά όπως μεγάλο ποσοστό από τα έσοδα πάνε στους τόκους και παρουσιάζει σε κάποια σημεία και παθητικά ετήσια έσοδα, λόγο όμως ότι τα κεφάλαια προέρχονται από δάνεια η αθροιστική καθαρή παρούσα αξία αρχίζει από (0) ευρώ διότι δεν έχει καθόλου αρχικό κεφάλαιο από τον εγκαταστάτη.

5.5 Υπουργική απόφαση 9ης Αύγουστου του 2012

Έπειτα από την νέα αλλαγή στις τιμές της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι σκόπιμο να γίνει μια ανάλυση του συγκεκριμένου συστήματος και του συγκεκριμένου οικονομικού πλάνου που είναι το ποιο σταθερό και αποτελείται από χρηματοδότηση με 50% δανεισμό και αποπληρωμή (7) χρόνια. Έτσι ώστε να δούμε τις διαφορές που θα υπάρχουν με τις νέες τιμές.

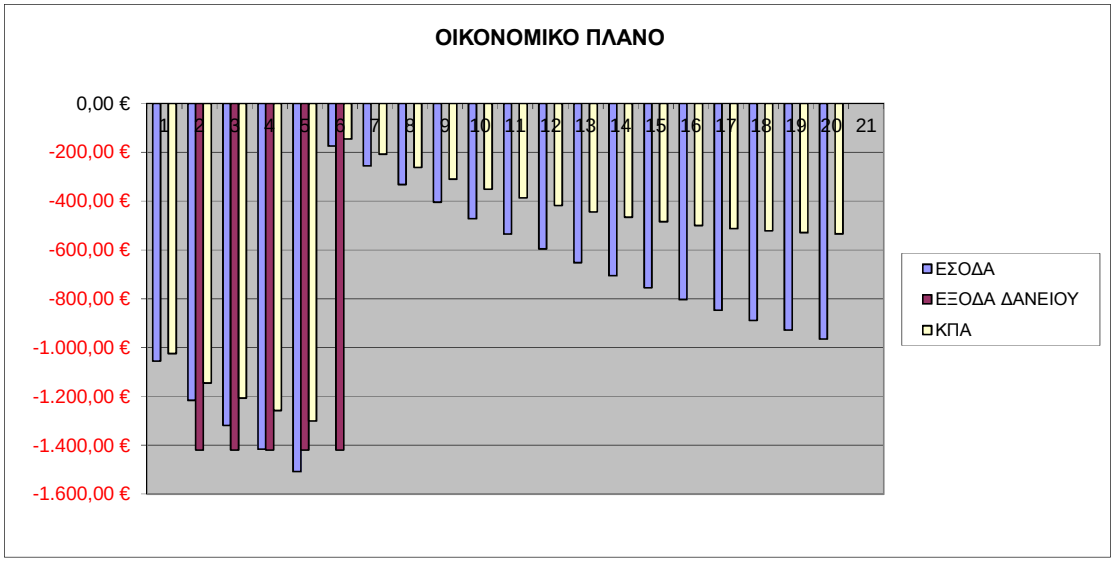
Η υπουργική απόφαση που καλείται να μπει σε εφαρμογή άμεσα με ημερομηνία δημοσιεύσεως **9 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2012** έχει αριθμό Υ.Α.Π.Ε. **Φ1/2302/16934** : τροποποίηση του ειδικού προγράμματος ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και κυρίως σε δώματα και στέγες κτιρίων. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι επηρεάζει και τις εγκαταστάσεις που λειτουργούν είδη, με σταδιακή μείωση των τιμών κάθε εξάμηνο για της εγκαταστάσεις που λειτουργούν από τον Φεβρουάριο του 2012 και είχαν αρχική τιμή 495ευρώ/ MWh και μείωση 5% ανά εξάμηνο. Η μεγαλύτερη πτώση στην τιμή ανά MWh έρχεται από τον ίδιο νόμο και έχει εφαρμογή για τις εγκαταστάσεις με μήνα ενάρξεως της σύμβασης τον Αύγουστο του 2012 και τις τιμές να μειώνονται ανά εξάμηνο σε ποσοστό 5% και αρχική τιμή 250ευρώ / MWh.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν τα γραφήματα που παρουσιάζουν την χρηματοοικονομική ροή για μία εγκατάσταση των 5 kw. Το πλάνο που επιλέχτηκε για να αναλυθεί είναι με 50 % ίδια κεφάλαια και 50% κεφάλαια από δάνειο διότι έχει και την παράμετρο του δανεισμού, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα με τις νέες τιμές και στο τέλος θα γίνει κάποια σύγκριση με τις παλιές τιμές ώστε να βγουν και κάποια συμπεράσματα .



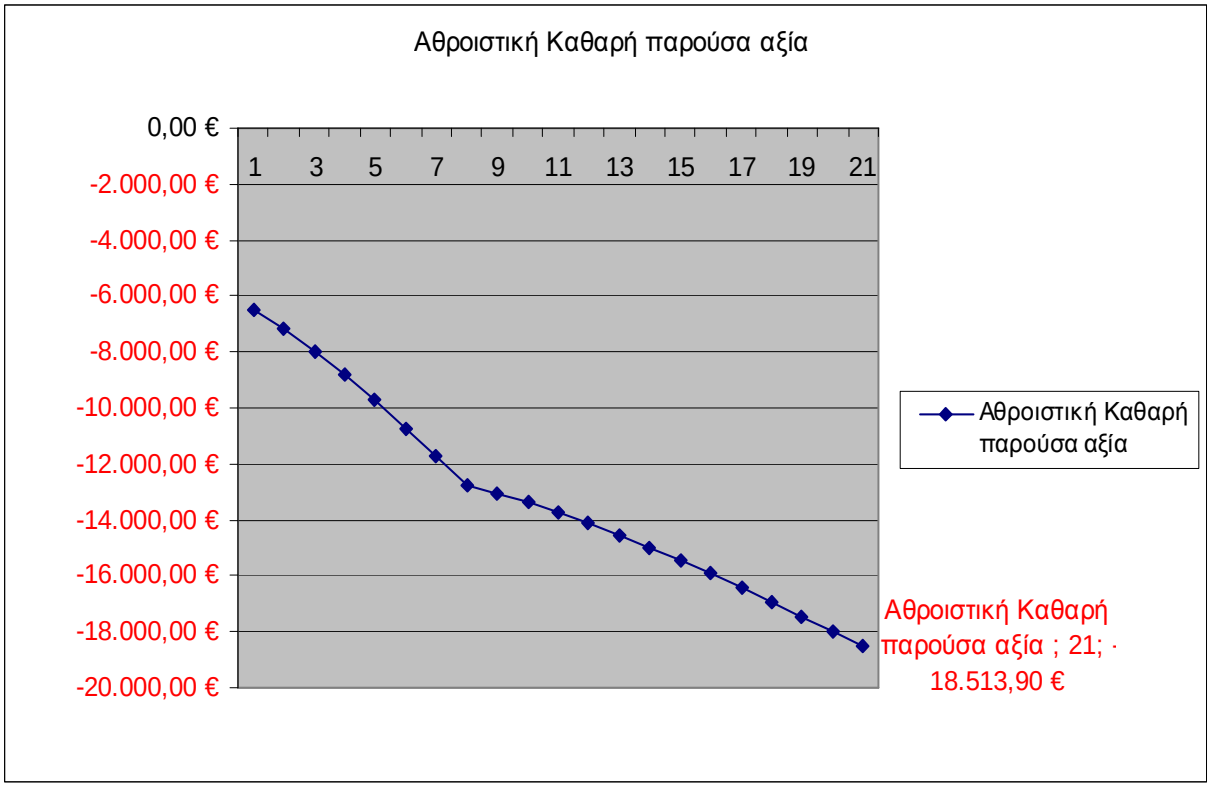
Εικόνα 24 : Το γράφημα παρουσιάζει την τιμή/ Mwh καθώς και τα ετήσια έσοδα – έξοδα για το πλάνο 50% μετά τον Αύγουστο του 2012 και τις νέες τιμές.

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε τις νέες τιμές πώλησης ανά Mwh οι οποίες ξεκινάνε από τα 250 ευρώ / Mwh και μειώνονται με τον νέο νόμο 5% ανά έτος. Τα υπόλοιπα στοιχεία που απεικονίζονται είναι τα ετήσια έσοδα και έξοδα της εγκατάστασης. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι στο σύνολο της η εγκατάσταση έχει περισσότερα έξοδα από έσοδα, οπότε είναι σωστό σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι τα έξοδα είναι σταθερά και προκύπτουν από την κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα που θα υπάρχει στο κτίσμα όπου θα γίνει η εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος καθώς η ασφάλιση και η συντήρηση του συστήματος, αυτά υπολογίζονται ότι θα φτάνουν η κατανάλωση σε ηλεκτρικό ρεύμα της τάξεως των 1500 ευρώ ετησίως και στα 61 ευρώ η ασφάλιση και η συντήρηση του συστήματος.



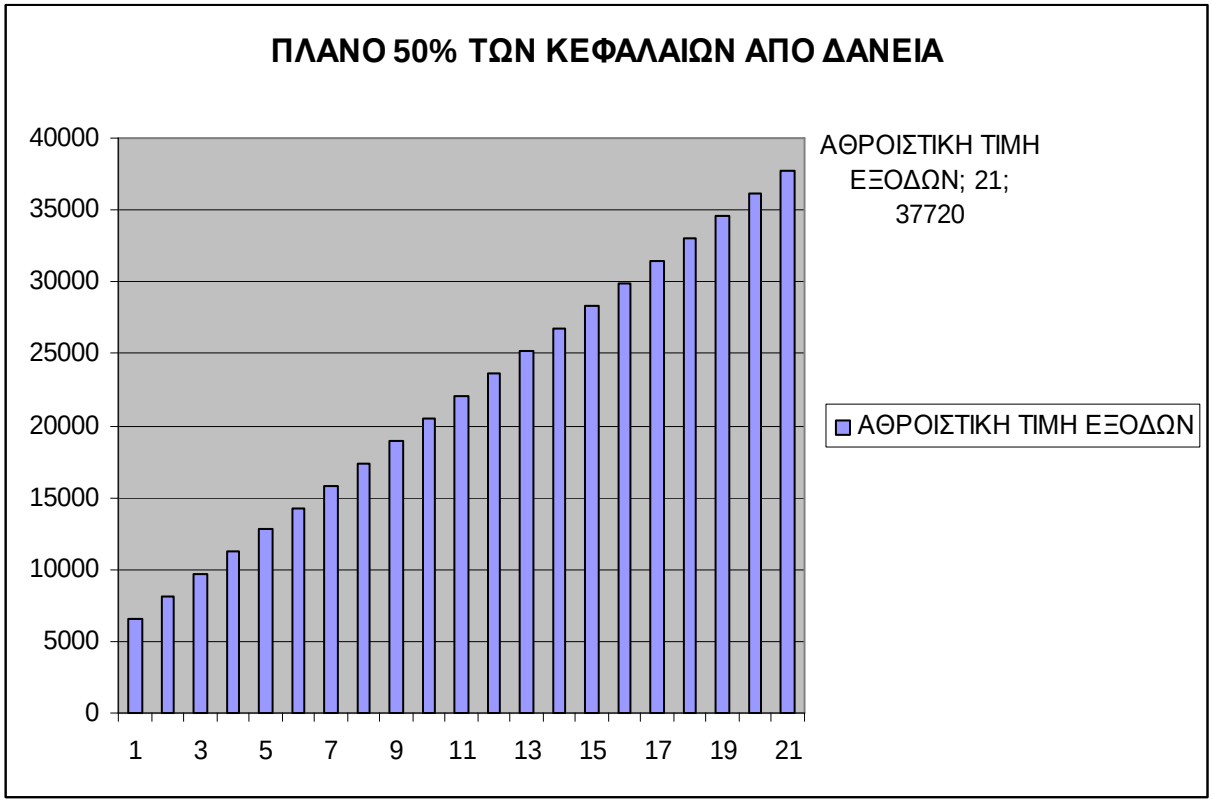
Εικόνα 25 : Το γράφημα παρουσιάζει με την νέα τιμή/ Mwh την χρηματοοικονομική ροή του συστήματος για 50% .

Αυτό που παρουσιάζει το γράφημα είναι ότι στο σύνολο της η εγκατάσταση παρουσιάζει παθητικά αποτελέσματα, καθώς τα πρώτα χρόνια που είναι σε αποπληρωμή το δάνειο η απόδοση του συστήματος πέφτει επίσης μειώνεται και η τιμή της Mwh με σκοπό να αυξάνονται και τα κεφάλαια που πρέπει να δαπανηθούν για την αποπληρωμή του δανείου και των εξόδων της εγκατάστασης. έπειτα από την αποπληρωμή του δανείου τα έξοδα περιορίζονται σε ένα ποσό της τάξεως των 260 – 600 ευρώ.



Εικόνα 26 : Το γράφημα παρουσιάζει με την νέα τιμή/ Mwh την αθροιστική τιμή του συστήματος για 50% .

Αναλύοντας το παραπάνω γράφημα παρατηρείται ότι η εγκατάσταση από το πρώτο έτος λειτουργίας της είναι παθητική ξεκινάει από το – 6.500 ευρώ και φτάνει στο τέλος της εικοσαετίας στο – 18.513,90 ευρώ απορροφώντας και το δανεισμό του κεφαλαίου για την εγκατάσταση που έφτανε τις 6.500 ευρώ.



Εικόνα 27 : Το γράφημα παρουσιάζει με την νέα τιμή/ Mwh την αθροιστική τιμή για τα σταθερά έξοδα του σημείου της εγκατάστασης .

Το παραπάνω γράφημα παρουσιάζει τα έξοδα που θα έχει μια οικία σε είκοσι χρόνια και προκύπτουν από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το ποσό φτάνει και 36.000 ευρώ περίπου στα είκοσι χρόνια.

5.5.1 Συμπεράσματα

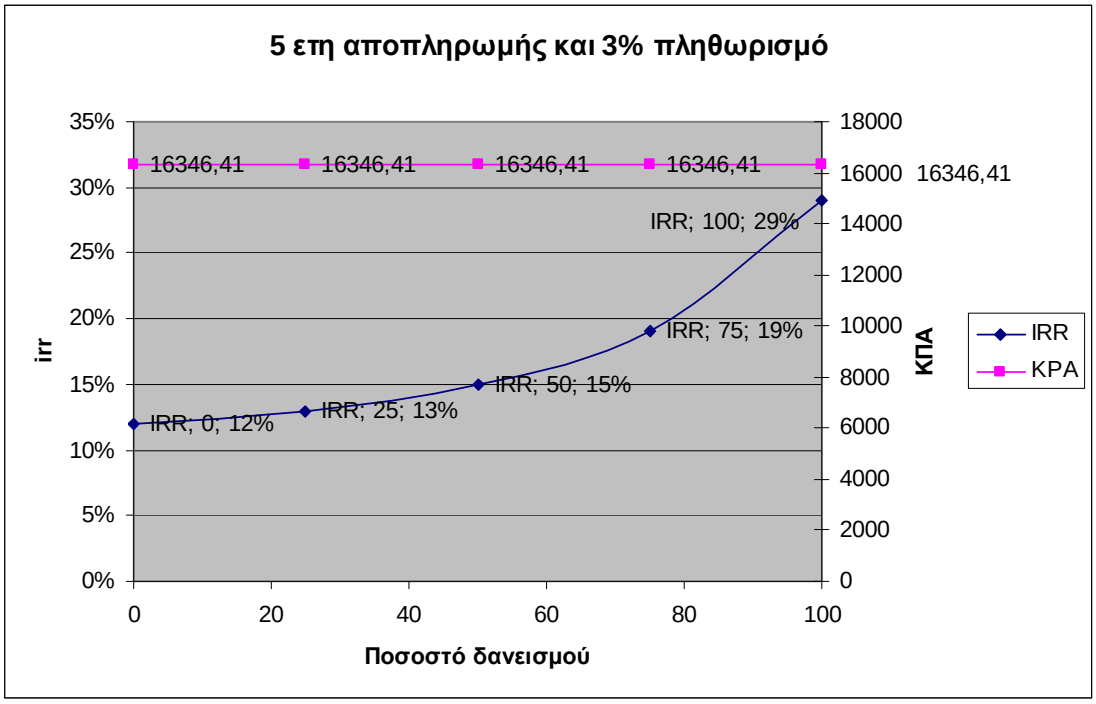
Τα συμπεράσματα που βγαίνουν είναι ότι εάν συγκρίνουμε την εγκατάσταση με τις παλιές τιμές και τις νέες έχουμε τα εξής αποτελέσματα: Η καθαρή παρούσα αξία στο σύνολο της εικοσαετίας με της παλιές τιμές είναι **16.341,41** ευρώ ενώ με τις νέες τιμές είναι– **18.513,90** ευρώ. Όπως γίνεται αντιληπτό η εγκατάσταση ήταν πόλος έλξης για επένδυση στις αρχές έπειτα με την νέα κατάσταση δεν είναι και ο λόγος είναι διότι δεν είναι κερδοφόρα. Όμως και με την νέα κατάσταση υπάρχει εξοικονόμηση διότι όπως φαίνεται και από την εικόνα 26 και 27 ρίχνουμε τα έξοδα από τις 36.000 ευρώ στις 18.513 ευρώ περίπου.

6 Ανάλυση Ευαισθησίας επένδυσης

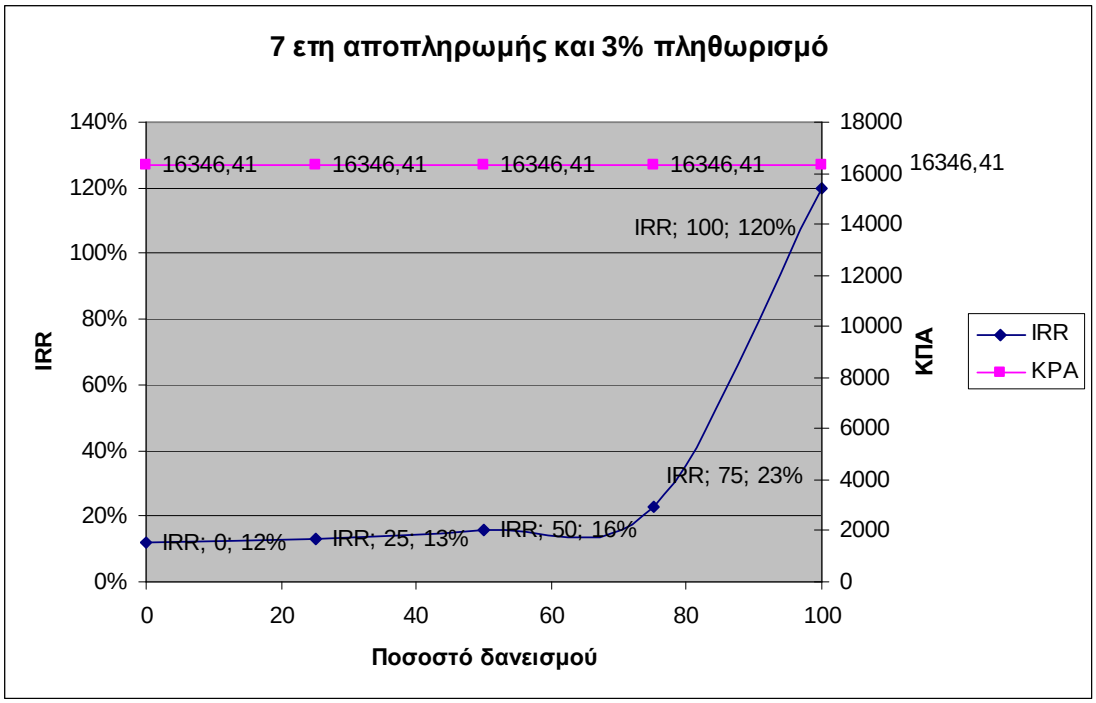
Στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις φαίνονται κάποια σημαντικά στοιχεία όπως η ΚΠΑ [καθαρή παρούσα αξία] και ο IRR [εσωτερικός βαθμός απόδοσης] για την χρηματοοικονομική ροή του συστήματος ανάλογα με το ποσοστό δανείου και τον πληθωρισμό.

6.1 Σύγκριση ΚΠΑ και εσωτερικού βαθμού απόδοσης IRR

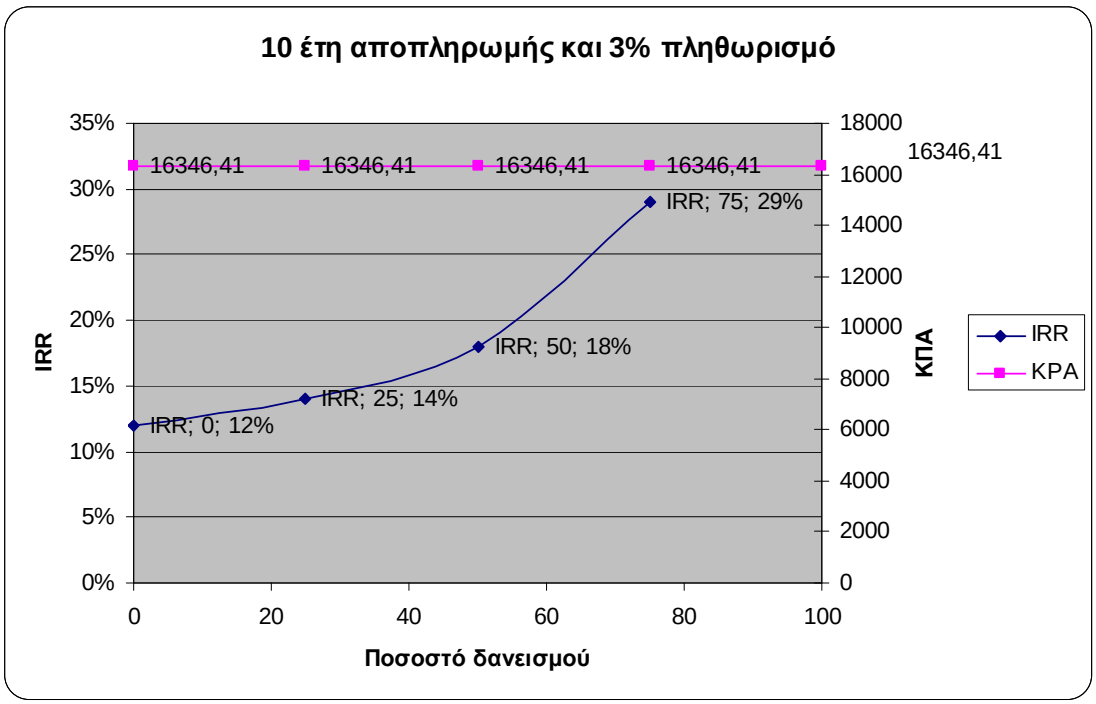
6.1.1 3% πληθωρισμός



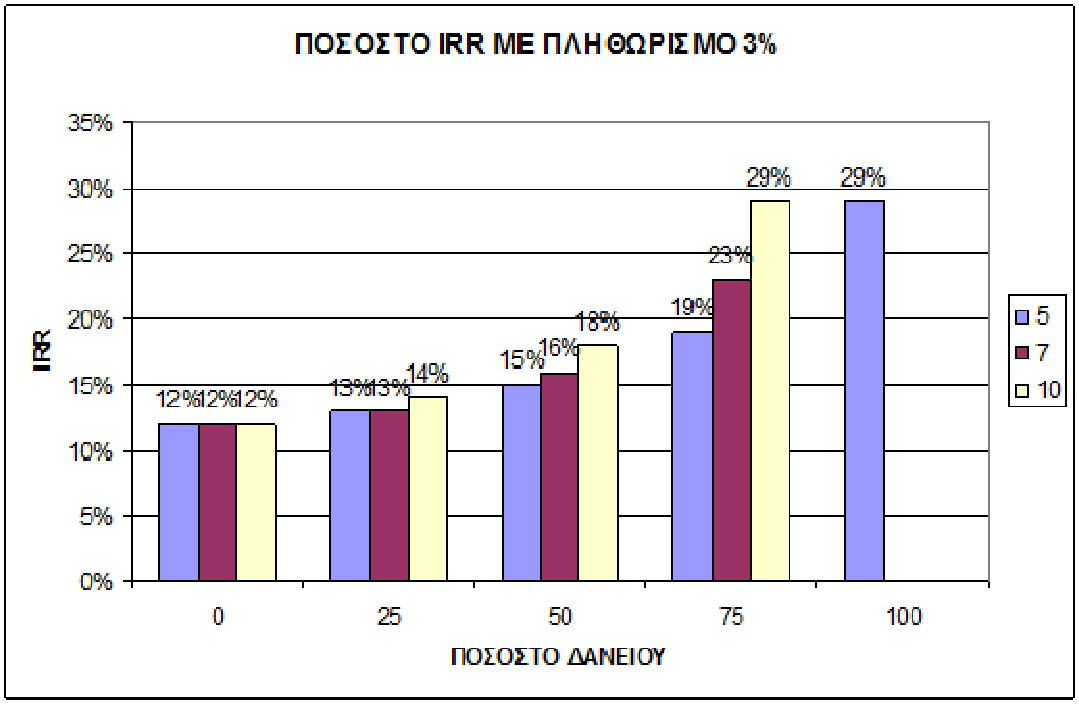
Εικόνα 28 : Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 5 έτη αποπληρωμής και 3% πληθωρισμό



Εικόνα 29 : Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 7 έτη αποπληρωμής και 3% πληθωρισμό



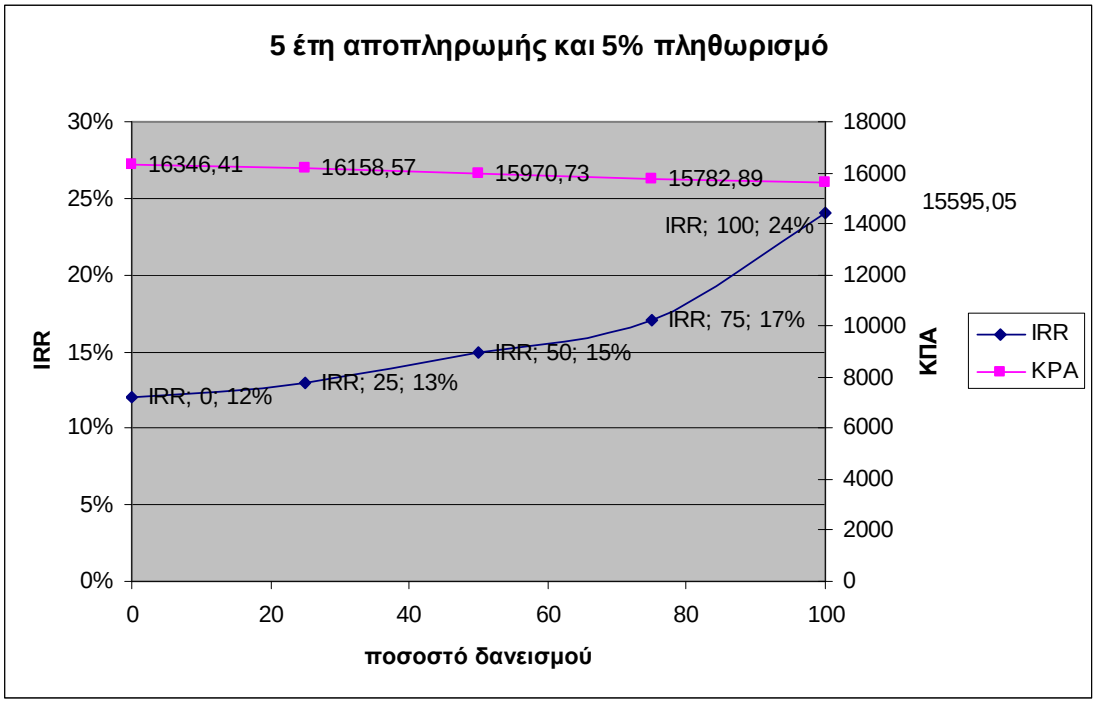
Εικόνα 30: Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 10 έτη αποπληρωμής και 3% πληθωρισμό



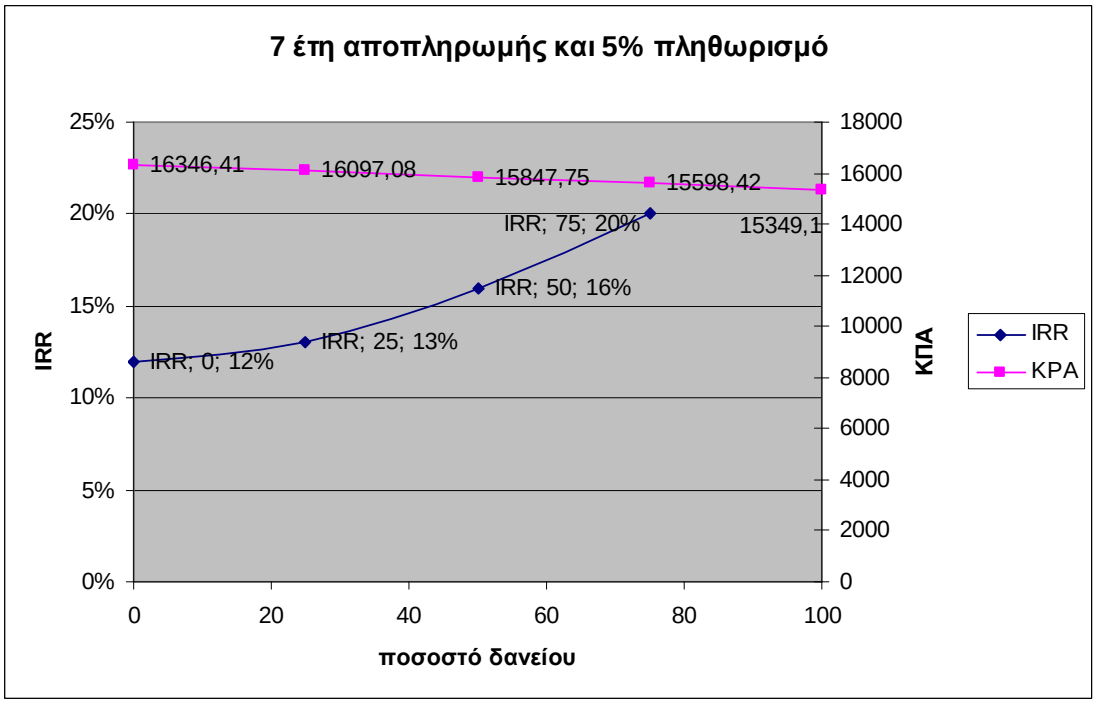
Εικόνα 31 : Γράφημα IRR ως προς το ποσοστό δανεισμού και 3% πληθωρισμό

Παρατηρώντας τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις βλέπουμε ότι η καθαρή παρούσα αξία (ΚΠΑ) δεν μεταβάλλεται αυτό οφείλεται στο ότι σαν προεξοφλητικό επιτόκιο έχει υπολογιστεί το ίδιο με το επιτόκιο δανεισμού. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης (IRR) είναι ανάλογος με την ΚΠΑ. Ο IRR είναι συνυφασμένος και έχει αξία να υπολογιστεί όταν υπάρχουν ίδια κεφάλαια. Αυτό παρατηρείται και στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις καθώς όσο ποιο πολύ ανεβαίνει το ποσοστό δανεισμού ανεβαίνει και ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης. βέβαια υπάρχει και το σημείο όπου το ποσοστό δανεισμού είναι 100% και εκεί δεν ορίζεται ο IRR, όμως στην εικόνα 27 παρουσιάζεται καθαρά η αύξηση του ποσοστού IRR όταν το ποσοστό δανεισμού είναι στο 99%.

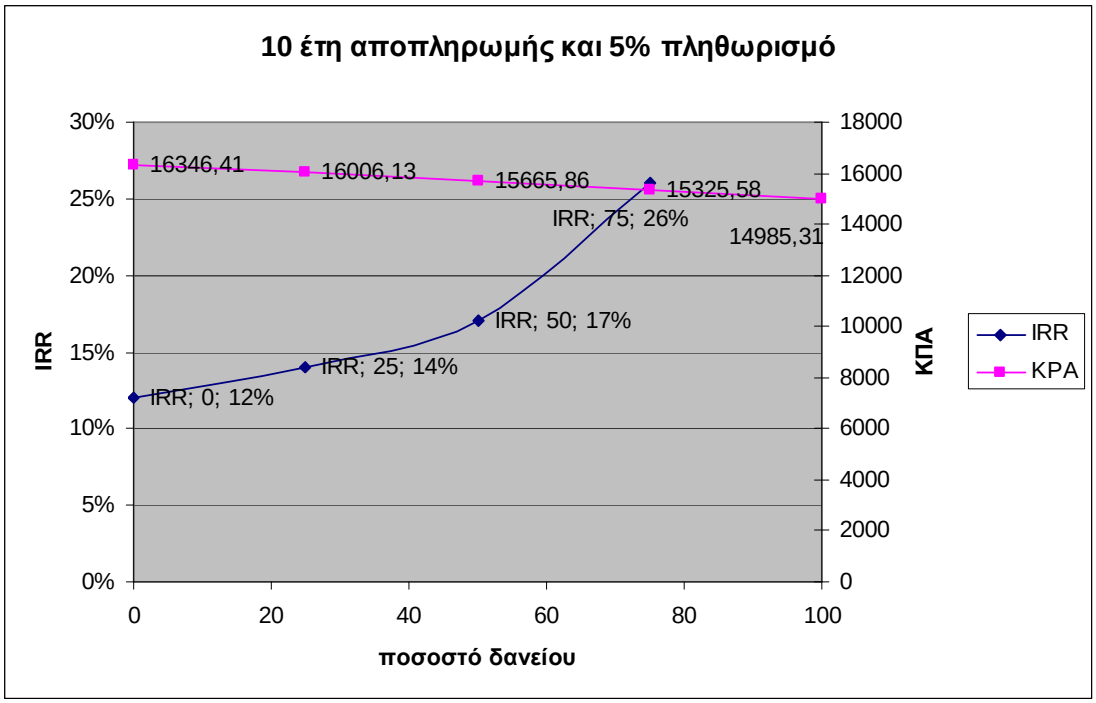
6.1.2 5% πληθωρισμός



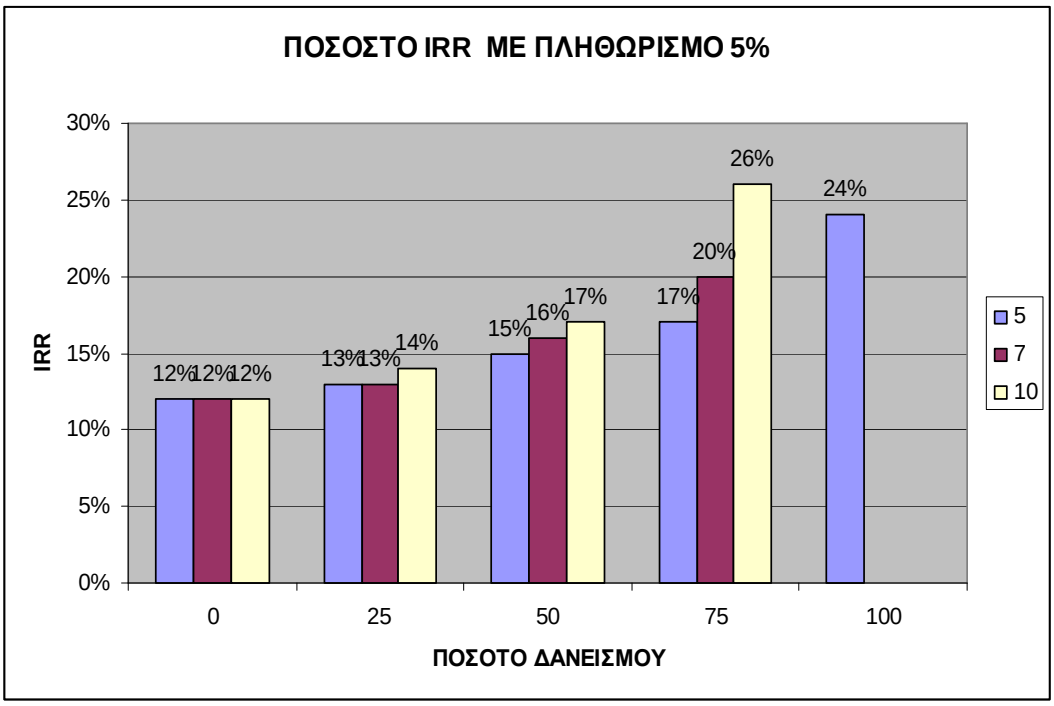
Εικόνα 32: Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 5 έτη αποπληρωμής και 5% πληθωρισμό



Εικόνα 33: Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 7 έτη αποπληρωμής και 5% πληθωρισμό



Εικόνα 34: Γράφημα IRR και ΚΠΑ ως προς το ποσοστό δανεισμού για 10 έτη αποπληρωμής και 5% πληθωρισμό



Εικόνα 35 : Γράφημα ως προς το ποσοστό και 5% πληθωρισμό

Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις για την καθαρή παρούσα αξία και τον εσωτερικό βαθμό απόδοσης όταν ο πληθωρισμός είναι στο 5% δηλαδή ποίο μεγάλος από το επιτόκιο δανεισμού υπάρχει πτώση στην καθαρή παρούσα αξία όσο αυξάνεται το ποσοστό δανεισμού και τα έτη αποπληρωμής του δανείου με συνέπεια να υπάρχει και πτώση του IRR.

6.2 Επιλογή οικονομικού σχεδίου

Για το συγκεκριμένο πλάνο η επιλογή του κεφαλαίου για την συμμετοχή στην επένδυση, θα γίνει με γνώμονα τα χρήματα που διατίθενται αποκλειστικά για αυτόν το σκοπό το ποσοστό ρίσκου αν και είναι δευτερεύων, λόγο του μικρού κεφαλαίου, και την καλύτερη εκμετάλλευση του κεφαλαίου που διαθέτουμε για αυτόν το σκοπό. Με τα φωτοβολταϊκά θέλουμε να εξυπηρετήσουμε την ανάγκη μας για φτηνή ηλεκτρική ενέργεια γι' αυτό στο σύνολο τον οικονομικών σχεδίων θα υπολογιστεί και ένα ποσό κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος που ανέρχεται περίπου με της ισχύουσες τιμές στα 30.000 ευρώ στην εικοσαετία.

Στο πλάνο με ίδια κεφάλαια ολόκληρου του ποσού υπάρχουν στοιχεία όπου είναι ποιο θετικά σε σχέση με τα υπόλοιπα δύο πλάνα όπως η υπερκάλυψη εκροών και το συνολικό κέρδος όμως δεν μας προσφέρει σταθερότητα στην χρηματοοικονομική ροη, διότι αν υπολογίσουμε ότι στα τρία χρόνια θα κάνουμε απόσβεση της εγκατάστασης θα έχουμε εκροές όπου δεν έχουν υπολογιστεί από το πρόγραμμα και προέρχονται από την κατανάλωση του ρεύματος, και επίσης δεν παρέχεται τόσο μεγάλη ασφάλεια στην εγκατάσταση όπως όταν υπάρχει μια τράπεζα μέσα στην επένδυση και αυτό λόγο ότι η τράπεζα θέλει να διασφαλίσει τα χρήματα που δανείζει, ασφαλίζει την εγκατάσταση και μελετάει το οικονομικό πλάνο.

Για το οικονομικό σχέδιο όπου τα κεφάλαια θα χρηματοδοτηθούν όλα από την τράπεζα μέσω δανείου έχει τις μεγαλύτερες αποκλίσεις. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει μικρότερο ποσοστό κέρδους καθώς και λιγότερα κεφάλαια κίνησης. Αυτό οφείλεται στο ότι τα πρώτα χρόνια όπου είναι σε εφαρμογή η αποπληρωμή του δανείου θα χαθεί ένα μεγαλύτερο ποσοστό στους τόκους. Άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η δυσκολία από πλευράς του δανειστή για την κάλυψη όλου του ποσού. Τέλος η επιλογή που έγινε για το οικονομικό σχέδιο που θα ακολουθηθεί για την επένδυση, με χρησιμοποίηση το 50 % του αρχικού κεφαλαίου από δάνειο και το υπόλοιπο από ίδια κεφάλαια, έγινε με γνώμονα και λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση στο σύνολο για τα οικονομικά σχέδια και επιλέγοντας το συγκεκριμένο για τους εξής λόγους :

Δείχνει σταθερότητα στης εισροές και εκροές, έπειτα το καθαρό κέρδος στο τέλος έχει μικρή απόκλιση από το μεγαλύτερο που είχε υπολογιστεί χωρίς δάνειο. Η αποπληρωμή του δανείου θα γίνει στα 7 έτη χωρίς να δημιουργεί διακυμάνσεις στην χρηματοοικονομική ροη η διάρκεια του ρίσκου της επένδυσης είναι μέχρι το τρίτο χρόνο όπου φαίνεται με τα παρόντα στοιχεία να γίνεται η επιστροφή της επένδυσης. Επίσης έχει μεγάλη υπερκάλυψη εκροών με τα ετήσια έσοδα να είναι μεγαλύτερα από τα έξοδα ανά έτος. Το κέρδος που απομένει τα πρώτα χρόνια που γίνεται η αποπληρωμή του δανείου είναι αρκετό για να καλύψει και την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που θα υπάρχει. Φυσικά πέρα από τις παραπάνω αναλύσεις υπάρχει και ο δείκτης αποδοτικότητας της επένδυσης (IRR), όπου το ποσοστό του για το συγκεκριμένο πλάνο είναι αποδεκτό.

7 Συμπεράσματα

Μετά από την ενασχόληση με της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) και δε κυρίως με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα συμπεράσματα που βγαίνουν και αυτό το ζούμε έντονα αυτό τον καιρό, κυρίως με τις αυξήσεις στα καύσιμα και τον ντόρο που γίνεται γύρο από το πετρέλαιο, ότι τα αποθέματα του ορυκτού πλούτου λιγοστεύουν. Η αύξηση κόστους ενέργειας από συμβατικά καύσιμα οδήγησε στην αναζήτηση μιας νέας τεχνολογίας στα μέσα της δεκαετίας του 70’. Η μερική αντικατάσταση του πετρελαίου και της ιδιότητάς του με το φυσικό αέριο, είναι μία λύση προσωρινή διότι μας προσφέρεται ακόμα σε χαμηλές τιμές και φυσικά ποιο οικονομικά από ότι το πετρέλαιο, αλλά στο πέρας του χρόνου όπου τα αποθέματα του θα τελειώνουν η τιμή του θα ισοσταθμίζεται με αυτήν του πετρελαίου.

Σε αυτό το σημείο είναι σωστό να αναφέρουμε την αναγκαιότητα της ύπαρξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπου μπορούν να ελαφρύνουν τους ορυκτούς πλούτους δημιουργώντας πολλούς μικροπαραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία και η τεχνογνωσία των ΑΠΕ υπάρχει χρόνια, η ανάγκη για καινούρια ενέργεια όμως έφερε την αλματώδη ανάπτυξη των ΑΠΕ. Βέβαια εν ονόματι του χρήματος, την τεχνολογία των ΑΠΕ την εκμεταλλεύονται και κερδοσκοπικά συμφέροντα για επενδυτικούς σκοπούς. Η άποψη μου είναι ότι θα έπρεπε να εκμεταλλευτούμε αυτήν την τεχνογνωσία και την τεχνολογία για να έχουμε μία οικονομική ενέργεια με καθαρό γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος για την αποφυγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από μηχανές που διοχετεύουν στο περιβάλλον απόβλητα όπως διοξείδιο του άνθρακα.

Όσο αφορά τώρα το τεχνικό κομμάτι της πτυχιακής κατά πρώτο λόγο αναλύσαμε τους νόμους και τις υπουργικές αποφάσεις που έχουν να κάνουν με τα ΑΠΕ. Έτσι φτάσαμε στο σημείο να κατασταλάξουμε ότι βάση νόμου η μέγιστη εγκατάσταση στο συγκεκριμένο χώρο είναι τα 5 KW. Μετά ήρθε η ενασχόληση με το θεωρητικό κομμάτι για να μάθουμε την τεχνογνωσία των φωτοβολταϊκών, και πάντα σε θεωρητικό επίπεδο να γίνει η μελέτη των φωτοβολταϊκών μέσα από τα τυπολόγια πράγμα εξαιρετικά δύσκολο, από την στιγμή που υπάρχουν ειδικά προγράμματα και είναι διαθέσιμα. Το δυσκολότερο κομμάτι και το ποιο

χρονοβόρο ήταν η αναζήτηση προϊόντων και οι τιμοκατάλογοι, αυτό γιατί πλέον η εταιρίες πουλάνε ετοιμοπαράδοτα τα συστήματα (turn key). Μετά από όλη αυτήν την διαδικασία ξεκίνησαν οι δοκιμές σε πρόγραμμα (sunny design) λειτουργικότητας για να βρούμε την βέλτιστη λύση όπου θα έχουμε την σωστή λειτουργία και την μεγαλύτερη απόδοση από πάνελ και inverter.

Στο τέλος έγινε και ένα οικονομικό πρόγραμμα με κύριο σκοπό να δείξουμε πώς αποφασίζεται ο τρόπος επένδυσης των κεφαλαίων και η γενικότερη χρηματοοικονομική ανάλυση, παρόλο τις μικρές διαφορές στέφτηκε με μεγάλη επιτυχία η οικονομική ανάλυση και αυτό είναι σημαντικό διότι το σύστημα που τελικά αποφασίστηκε να εγκατασταθεί αποφέρει θετικά αποτελέσματα οικονομικά.

Αποτελέσματα όταν θα εξυπηρετηθεί η επένδυση από δάνειο για το 50% του αρχικού κεφαλαίου:

Σύνολο εσόδων	**70.051,21 ευρώ**
Σύνολο εξόδων	31226.5ευρώ
EBITDA	32.331,21ευρώ
Αποσβέσεις	**13.000 ευρώ** **(δεν θα υπολογιστεί)**
Τόκοι δανείου	**803 ευρώ**
Καθαρό κέρδος	**25.028,17 ευρώ**

Πίνακας 7: Αποτελέσματα οικονομικού πλάνου

8 Παράρτημα Α DATASHEETS βασικού εξοπλισμού

CHAORI®

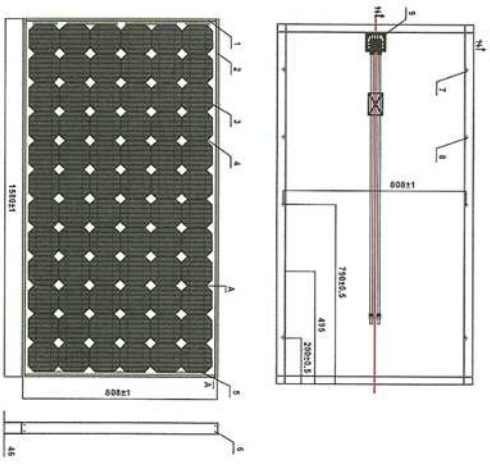
DATASHEET

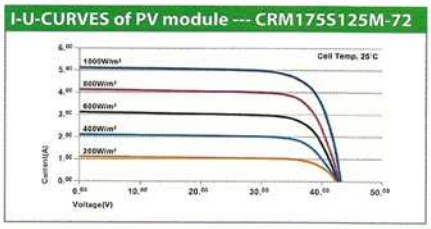
CRM195S125M-72 —— CRM170S125M-72

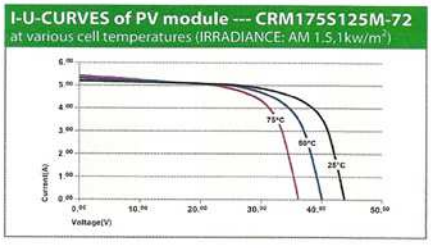
Electrical and Mechanical Characteristics

MODEL	CRM195S 125M-72	CRM190S 125M-72	CRM185S 125M-72	CRM180S 125M-72	CRM175S 125M-72	CRM170S 125M-72
Nominal Maximum Output	195W	190W	185W	180W	175W	170W
Nominal Open Circuit Voltage	45.2V	45.1V	45.0V	44.8V	44.5V	44.2V
Nominal Short Circuit Current	5.64A	5.54A	5.41A	5.36A	5.28A	5.21A
Nominal Maximum Output Voltage	37.3V	37.1V	36.8V	36.5V	36.1V	35.7V
Nominal Maximum Output Current	5.23A	5.12A	5.03A	4.93A	4.85A	4.76A
Nominal Mass	15.5Kg					
Dimensions	1580 x 808 x 46mm					
Cells	72pcs monocrystalline					
Cells Dimensions	125 x 125mm					
Maximum system voltage	1000V					

Temperature and Coefficents		Limits	
NOCT	50±2°C	Tolerance Wattage	≥ 0%
Temperature Coefficients of Isc	+0.03769%/K	Temperature Range	-40°C – +85°C
Temperature Coefficients of Uoc	-0.34997%/K	Surface Maximum Load Capacity	5400Pa
Temperature Coefficients of Pm	-0.47409%/K	Max Reverse Current Load	15A





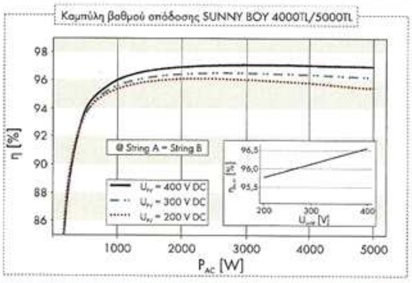


Τεχνικά χαρακτηριστικά
SUNNY BOY 4000TL / 5000TL

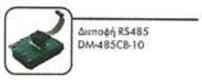
	SB 4000TL-20	SB 5000TL-20
Είσοδος (DC)		
Μέγιστη ισχύς DC	4200 W	5300 W
Μέγιστη τάση DC	550 V	550 V
Εύρος φωτοβολταϊκής τάσης, MPPT	125 V - 440 V	125 V - 440 V
Συνιστώμενο εύρος με ονομαστική ισχύ	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	2 x 15 A	2 x 15 A
Αριθμός ανιχνευτών σημείου μέγιστης ισχύος MPP	2	2
Μέγιστος αριθμός στοιχειοσειρών (παράλληλα)	2 x 2	2 x 2
Έξοδος (AC)		
Ονομαστική ισχύς AC	4000 W	4600 W
Μέγιστη ισχύς AC	4000 W	5000 W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	22 A	22 A
Ονομαστική τάση / εύρος AC	220 V - 240 V / 180 V - 280 V	220 V - 240 V / 180 V - 280 V
Συχνότητα δικτύου / εύρος AC	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz	50 Hz, 60 Hz / ± 5 Hz
Συντελεστής ισχύος (cos φ)	1	1
Σύνδεση AC	μονοφασική	μονοφασική
Βαθμός απόδοσης		
Μέγιστος βαθμός απόδοσης / Euro-Eta	97,0 % / 96,4 %	97,0 % / 96,5 %
Διατάξεις προστασίας		
Προστασία από αντιστροφή πόλων DC	●	●
Ηλεκτρονικός διακόπτης απόζευξης φορτίου DC ESS	●	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	●	●
Επιτήρηση βραχυκυκλώματος προς γη	●	●
Επιτήρηση δικτύου (SMA Grid Guard)	●	●
Ενσωματωμένη μονάδα επιτήρησης ρεύματος σφάλματος ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα	●	●
Γενικά στοιχεία		
Διαστάσεις (Π / Υ / Β) σε mm	470 / 445 / 180	470 / 445 / 180
Βάρος	25 kg	25 kg
Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Εκπομπή θορύβου (συνήθης)	≤ 29 dB(A)	≤ 29 dB(A)
Ίδια κατανάλωση (νυχτερινή)	< 0,5 W	< 0,5 W
Τοπολογία	Χωρίς μετασχηματιστή	Χωρίς μετασχηματιστή
Τρόπος ψύξης	OptiCool	OptiCool
Σημείο τοποθέτησης: εσωτερικά / εξωτερικά (ηλεκτρονικό σύστημα IP65, περιοχή σύνδεσης IP54)	●/●	●/●
Εξοπλισμός		
Σύνδεση DC: SUNCLIX	●	●
Σύνδεση AC: ελατηριωτός συνδετήρας	●	●
Οθόνη γραφικών	●	●
Διεπαφές: Bluetooth® / RS485	●/○	●/○
Εγγύηση: 5 χρόνια / 10 χρόνια / 15 χρόνια / 20 χρόνια / 25 χρόνια	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○
Πιστοποιητικά και εγκρίσεις	www.SMA-Hellas.com	www.SMA-Hellas.com

● Βασικός εξοπλισμός ○ Προαιρετικός εξοπλισμός

Στοιχεία υπό ονομαστικές συνθήκες - Έκδοση: Φεβρουάριος 2010



Προαιρετικός εξοπλισμός



9 Παράρτημα θεωρία φ/β

9.1 (Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας)[ix10]

9.1.1 Κατηγοριοποίηση Πηγών Ενέργειας

Πηγή ενέργειας ονομάζεται κάθε ύλη, σύστημα ή διάταξη από όπου μπορεί να αποληφθεί ενέργεια, για την παραγωγή θερμότητας, φωτός ή ισχύος.

Το σύνολο των πηγών ενέργειας, που διαθέτει η ανθρωπότητα διακρίνεται σε δύο κατηγορίες :

9.1.1.1 Συμβατικές ή αναλώσιμες

Είναι οι πηγές που βασίζονται σε υπάρχοντα αποθέματα μέσα στο στερεό φλοιό της γης. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ορυκτά καύσιμα (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κάρβουνο, κτλ) αναφερόμενα και ως συμβατικά καύσιμα και η χαρακτηριστικά μη ήπια μορφή ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια.

9.1.1.2 Ανανεώσιμες

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (**ΑΠΕ**), έχουν κύρια γενεσιουργό αιτία την ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση εκείνη που αφορά στην ενέργεια των παλιρροϊκών κινήσεων που οφείλονται στη βαρυτική δράση. Η ηλιακή ενέργεια, που φτάνει στη γη, συμβάλλει στη δημιουργία και διατήρηση της ζωής, ενώ συγχρόνως παρέχει ενέργεια που αξιοποιείτε με διάφορες μορφές. Θερμαίνοντας και εξατμίζοντας μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού δημιουργεί τις λίμνες και τα ποτάμια (Υδραυλική ενέργεια). Απορροφούμενη από κατάλληλα υλικά παράγει ηλεκτρισμό (Φωτοβολταϊκό φαινόμενο), ή θερμαίνει το νερό οικιακής χρήσης (Ηλιακή θερμική μετατροπή). Θερμαίνοντας το έδαφος και αυτό με την σειρά του τον αέρα, δημιουργεί τα ρεύματα αέρα (Αιολική ενέργεια) και τα κύματα (Ενέργεια κυμάτων). Τέλος, συμβάλει στην ανάπτυξη της χλωρίδας και η καύση των φυτικών προϊόντων παράγει ενέργεια (Βιομάζα).

Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα τους για τελική χρήση, οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε τρείς κατηγορίες :

Πρωτογενείς

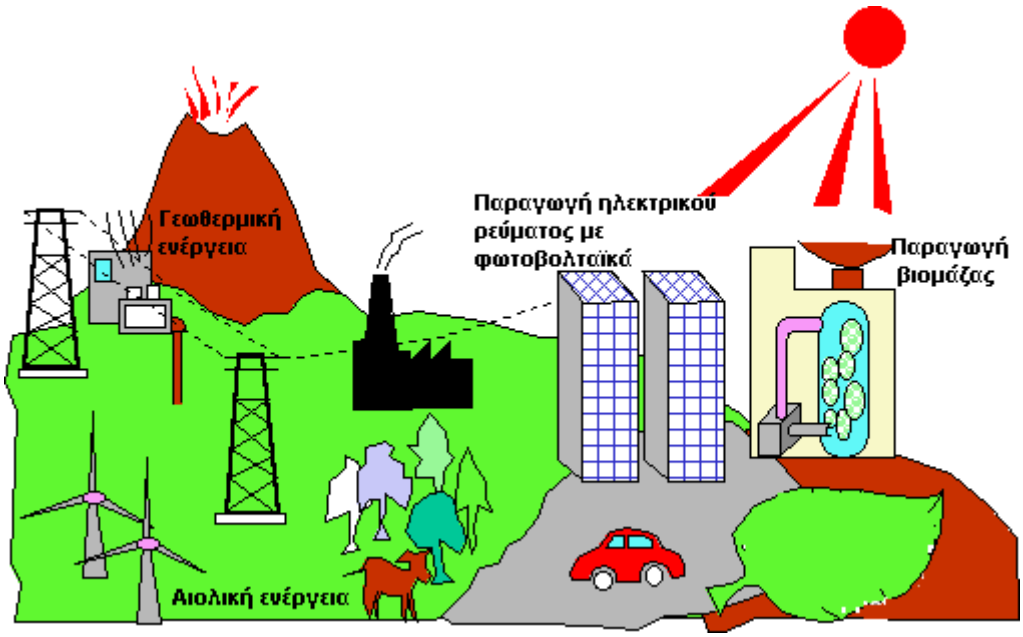
Είναι οι πηγές ενέργειας, που προέρχονται από τη φύση πριν από οποιονδήποτε μετασχηματισμό (π.χ. αργό πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ουράνιο, ηλιακή ενέργεια).

Δευτερογενείς

Είναι οι πηγές ενέργειας, που προέρχονται από τον μετασχηματισμό των πρωτογενών πηγών με μηχανικά, χημικά και θερμικά μέσα ή πυρηνική αντίδραση (π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο, υγραέριο, υγροποιημένο φυσικό αέριο).

Χρήσιμες

Είναι οι πηγές ενέργειας, που έχουν την επιθυμητή μορφή για τον καταναλωτή (π.χ. θερμότητα, ηλεκτρισμός, φωτισμός).



Εικόνα 36

9.2 Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

9.2.1 Υδατόπτωση

Είναι ένας από τους ποιό φυσικούς τρόπους παραγωγής μεγάλης ισχύος ηλεκτρικής ενέργειας, με ανανεώσιμη συμπεριφορά. Έχει όμως περιορισμένη εφαρμογή και ταυτόχρονα το μειονέκτημα, σε πολλές περιπτώσεις, η δημιουργία των κατάλληλων εγκαταστάσεων εκμετάλλευσης, να καταστρέφει εύφορες εκτάσεις, που σχετίζονται με την ύπαρξη του υδάτινου αυτού πλούτου. Καλύπτει, περίπου, το 7% της παγκόσμιας ενεργειακής παραγωγής.

9.2.2 Ενέργεια κυμάτων ή παλιρροϊκών κινήσεων

Η παραγωγή ενέργειας από τα κύματα ή τις παλιρροϊκές κινήσεις, έχει αξιοποιηθεί σε συγκεκριμένες θέσεις, κυρίως στις βόρειες θάλασσες. στη Βρετάνη της Γαλλίας λειτουργεί από το 1966 σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ισχύος 240 MW.

9.2.3 Βιομάζα

Γενικά ως βιομάζα ορίζεται η μάζα που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Πρακτικά, στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται, οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Σε αυτήν περιλαμβάνονται :

Οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες, (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας) όπως π.χ. το σόρνο, το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.α. Τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως πχ τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκι, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.α. Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από την μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτόν, όπως πχ τα ελαιοπυρηνόξυλα, πριονίδι κ.α.. Το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών. Η βιομάζα αποτελεί μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Η βιομάζα καλύπτει σήμερα το 14% της παγκοσμίως απαιτούμενης ενέργειας. Η καύση αποτελεί, ουσιαστικά, ουδέτερη διαδικασία από την άποψη του φαινομένου του θερμοκηπίου, αρκεί να μη διαταράσσεται η λεπτή ισορροπία στο φυσικό περιβάλλον.

9.2.4 Γεωθερμική ενέργεια

Στα μέσα της δεκαετίας του ΄70, μια αξιοσημείωτη αύξηση του κόστους της ενέργειας που προερχόταν από τα συμβατικά καύσιμα συντέλεσε στην συνειδητοποίηση του γεγονότος ότι αυτά κάποτε θα εξαντληθούν. Η διαπίστωση αυτή οδήγησε στην επιτάχυνση για οικονομικά αξιοποιήσιμη παραγωγή ενέργειας από άλλες πηγές, εκτός των συμβατικών και πυρηνικών καυσίμων, οι οποίες, επιπλέον, παρουσιάζουν το χαρακτηριστικό ότι είναι ανεξάντλητες. Οι πηγές αυτές ονομάζονται ανανεώσιμες, μεταξύ αυτών και η γεωθερμική ενέργεια. Γεωθερμική ενέργεια ονομάζεται η θερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της Γης. Η ενέργεια αυτή σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Μια άλλη χρήση των θερμών νερών, αυτή για θεραπευτικούς σκοπούς, ήταν γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια σε όλο τον κόσμο. Στην χώρα μας υπάρχει πλήθος ιαματικών πηγών. Βέβαια εκτός από τις θεραπευτικές τους ιδιότητες, τα γεωθερμικά ρευστά, μπορούν να αξιοποιηθούν και για ενεργειακούς σκοπούς. Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια σχετικά ήπια και ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή, η οποία με τα σημερινά τεχνολογικά δεδομένα, μπορεί να καλύψει σημαντικές ενεργειακές ανάγκες. Όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι χαμηλή, η ενέργεια τους χρησιμοποιείται κυρίως σε θέρμανση κτιρίων, θερμοκηπίων, κτηνοτροφικών μονάδων, ιχθυοκαλλιεργειών, κ.α., ενώ στις περιπτώσεις που η θερμοκρασία των ατμών είναι υψηλή (>150°C) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το γεωθερμικό δυναμικό που αφορά αποκλειστικά σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ανερχόταν παγκοσμίως, το 2003, σε [10GW]. Στη χώρα μας, η γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται κυρίως σε θερμοκηπιακές μονάδες, σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας και σε νησιά του Βορειοανατολικού και Κεντρικού Αιγαίου.

9.2.5 Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια είναι μια μορφή ενέργειας, που δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης από τον ήλιο προκαλεί την μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από την μια περιοχή στην άλλη, δημιουργεί δηλαδή τους ανέμους. Ο άνεμος είναι δυνατό να περιστρέφει ανεμοτροχούς, να κινεί ιστιοφόρα πλοία ή να κινεί αντικείμενα, μπορεί δηλαδή η ενέργεια του να καταστεί εκμεταλλεύσιμη. Η πηγή αυτής τη ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεωμένη συνεχώς, γι’ αυτό ονομάζεται ανανεώσιμη. Δυστυχώς μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας αυτής ποσότητας ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη. Εντούτοις, υπολογίζεται ότι το 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1 μέτρα το δευτερόλεπτο σε ύψος πάνω από 10 μέτρα από την επιφάνεια της γης. Όταν σε μια περιοχή η άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτήν την τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα. Τα σύγχρονα συστήματα εκμεταλλεύσεις της αιολικής ενέργειας αφορούν σχεδόν μηχανές που μετατρέπουν την ενέργεια του

ανέμου σε ηλεκτρική και ονομάζονται ανεμογεννήτριες. Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου έλικα και στις οποίες ο άξονας μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο.
- Τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, οποίος και παραμένει σταθερός.

Σήμερα, στην παγκόσμια αγορά έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

Γενικά, μια ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα αποτελείται από :

- Τον δρομέα με δύο ή τρία πτερύγια συνήθως
- Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στην σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας.
- Την ηλεκτρογεννήτρια σύγχρονη ή επαγωγική
- Το σύστημα πέδης το όποιο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο το οποίο τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας
- Το σύστημα προσανατολισμού το οποίο αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με την διεύθυνση του ανέμου
- Τον πύργο, επάνω στον οποίο εδράζει όλη η ηλεκτρομαγνητική εγκατάσταση
- Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής όπου εγκαθίσταται. Το δε μέγεθος της είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει.

Εικόνα 37

9.2.6 Η φωτοβολταϊκή ηλεκτρική ενέργεια

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια περιέχουν διαφορετικά ποσά ενέργειας ανάλογα με το μήκος κύματος του ηλιακού φάσματος. Το γαλάζιο χρώμα ή το υπεριώδες π.χ. έχουν περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο ή το υπέρυθρο. Όταν λοιπόν τα φωτόνια προσκρούσουν σε ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο (που είναι ουσιαστικά ένας ημιαγωγός), άλλα ανακλώνται, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται από το φωτοβολταϊκό. Αυτά τα τελευταία φωτόνια είναι που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτόνια αυτά αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού να μετακινηθούν σε άλλη θέση και ως γνωστό ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ' αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από της ποιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας.

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. Ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας στην κατασκευή και την λειτουργία, οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες μπορούν να καταταγούν σε 3 κυρίως κατηγορίες:

- τις απλές διατάξεις, όπου τα ηλιακά κύτταρα είναι τοποθετημένα σε σταθερά επίπεδα πλαίσια και δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με την φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.

- τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά κύτταρα να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει ένα ηλιακό κύτταρο μέχρι 50% περίπου, αφού δέχεται πυκνότερη ακτινοβολία ανά μονάδα εμβαδού της επιφανείας του.
- Τις διατάξεις που με την χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν πολύ συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά κύτταρα.

9.3 Τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα φ/β τεχνολογίας

Τα πλεονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

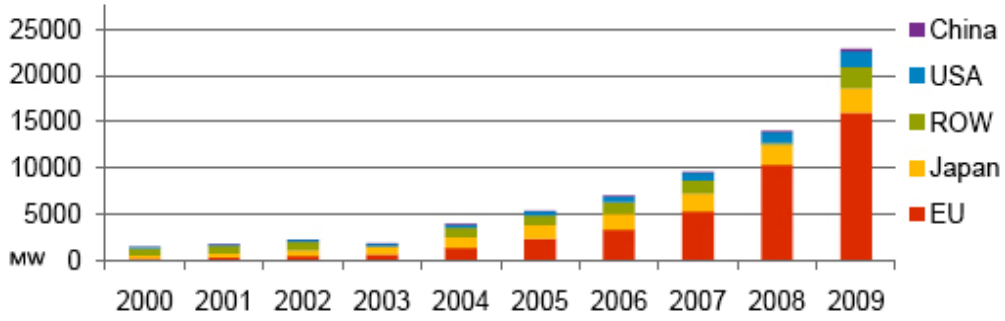
- Ανανεώσιμη και ελεύθερα διαθέσιμη ενεργειακή πηγή.
- Μηδενική ρύπανση και πλήρης απουσία αποβλήτων ή άλλων άχρηστων παραπροϊόντων.
- Αθόρυβη λειτουργία.
- Υψηλή αξιοπιστία των φωτοβολταϊκών συστημάτων.
- Ελάχιστες απαιτήσεις επίβλεψης και συντήρησης.
- Αντοχή σε ακραίες καιρικές συνθήκες (ισχυρούς άνεμους, ακραία χαλαζόπτωση, κλπ).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής των ηλιακών στοιχείων (τουλάχιστον 25 χρόνια).
- Σχετικά απλή μέθοδος κατασκευής των ηλιακών στοιχείων από πρώτες ύλες.
- Εύκολη επέκταση της υπάρχουσας εγκατάστασης.
- Δυνατότητα ανεξαρτησίας από τα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής για απομακρυσμένες περιοχές (αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα).
- Μεγάλο εύρος εφαρμογών, όσον αφορά την ισχύ. Από μερικά Watt μέχρι μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μερικών MW.

Από την άλλη τα κύρια μειονεκτήματα είναι:

- Υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης, το οποίο οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στο υψηλό κόστος κατασκευής των φωτοβολταϊκών στοιχείων και πολύ λιγότερο στο κόστος τις υπόλοιπης φωτοβολταϊκής εγκατάστασης (ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός).
- Σε εφαρμογές που απαιτείται η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας (αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα), αυτή γίνεται με μη αποδοτικό τρόπο, με περιορισμένες δυνατότητες, ενώ και το κόστος των συσσωρευτών είναι υψηλό.
- Λόγω της μικρής πυκνότητας της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας, απαιτείται η χρησιμοποίηση μεγάλων σχετικά επιφανειών.
- Εξάρτηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τις καιρικές συνθήκες, που αποτελούν έναν απρόβλεπτο παράγοντα, επιτρέποντας μόνο εκτιμήσεις σε μεγάλο χρονικό ορίζοντα (συνήθως ετήσια).

9.4 Η παγκόσμια αγορά

Η αγορά των φωτοβολταϊκών (Φ/Β) στον κόσμο σημειώνει χαρακτηριστική αύξηση τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της σταδιακής μείωσης του αρχικά ψηλού κόστους, καθώς και λόγω των κινήτρων που προσφέρονται σε εθνικό επίπεδο στις διάφορες χώρες. Ενδεικτικά, το 1988 είχαν εγκατασταθεί Φ/Β συνολικής ισχύος 33 [Wp]και στο τέλος του 2009 η συνολική εγκατεστημένη ισχύς έφτασε περίπου τα 24000 [MWp]. Η τιμή αυτή έχει επιτευχθεί κυρίως λόγω της υψηλής ανάπτυξης των Φ/Β σε τρεις χώρες, Γερμανία, Ισπανία και Ιαπωνία, στις οποίες αντιστοιχεί το 76% της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι καμία από η Γερμανία, στην οποία αντιστοιχεί το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας εγκατεστημένης ισχύος, δεν έχει καλύτερο ηλιακό δυναμικό (ηλιακή ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο) από την Ελλάδα. Σχήμα 2.1.



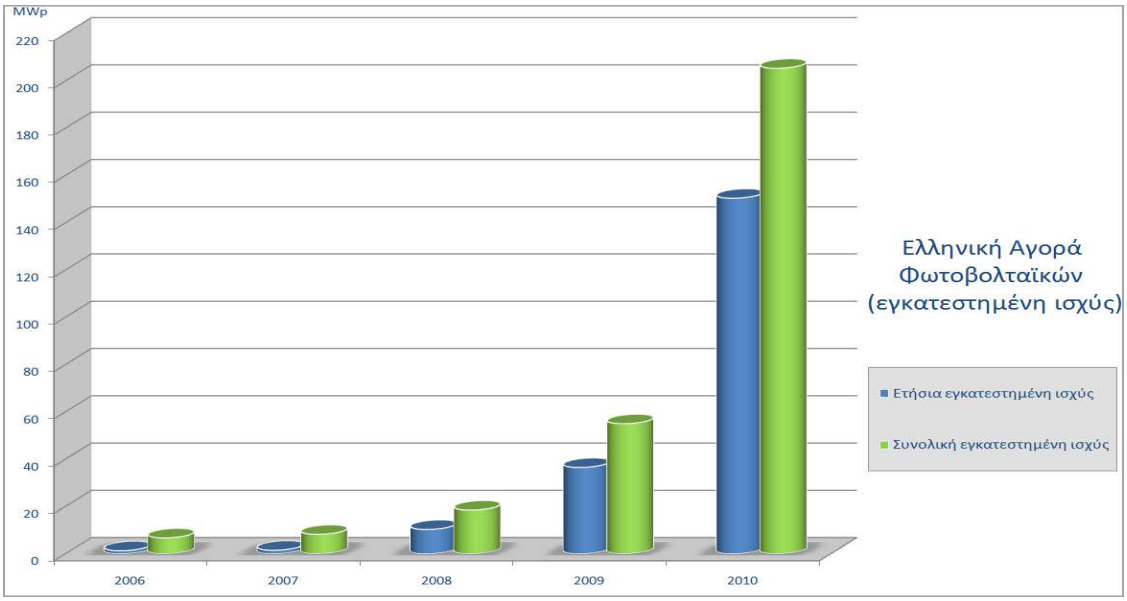
Εικόνα 38 : Παγκόσμια παραγωγή Φωτοβολταϊκών 2000-2009 [x11]

Εφόσον το κόστος των Φ/Β συνεχίζει να μειώνεται και δεδομένων των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συμβατικών μεθόδων παραγωγής ηλεκτρισμού, η αγορά των Φ/Β αναμένεται να αναπτυχθεί με τον ίδιο ή και μεγαλύτερο βαθμό στο μέλλον. Αυτό εντάσσεται και στην πολιτική των διεθνών φορέων και οργανισμών, με αποτέλεσμα η υποστήριξη, τα κίνητρα και οι επενδύσεις σε αυτή την τεχνολογία να είναι σημαντικές. Η δυνατότητα των Φ/Β να εγκαθίστανται σε διάφορα σημεία (σκεπές, πολυκατοικίες, οικόπεδα κλπ), χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς και χωρίς σημαντική οπτική όχληση, δημιουργεί, εν δυνάμει, ανεξάντλητα περιθώρια ανάπτυξης αυτής της τεχνολογίας.

Τα κίνητρα που δίνονται από τις χώρες και εφαρμόζονται μέσω της νομοθεσίας είναι αντίστοιχα με αυτά της αιολικής ενέργειας. Δηλαδή, χωρίζονται πάλι σε συστήματα σταθερής τιμής (Fixed Price) και συστήματα σταθερής ποσότητας (Fixed Quantity). Η διαφορά με την αιολική ενέργεια είναι ότι συνήθως για τον ηλεκτρισμό που παράγεται από Φ/Β, οι τιμές πώλησης και οι επιδοτήσεις, είναι υψηλότερες, κυρίως λόγω της υψηλού αρχικού κόστους μίας επένδυσης.)

9.5 Τα Φωτοβολταϊκά στην Ελλάδα

Εξετάζοντας την Ελληνική αγορά και την ανάπτυξη των Φ/Β, μπορεί να διαπιστωθεί το καθεστώς που διέπει εν γένει τον κλάδο των ΑΠΕ στη χώρα μας. Επιγραμματικά, η ανάπτυξή τους υπήρξε μηδαμινή (2.2 MWp το 2003) τουλάχιστον μέχρι το 2006, όπου οι εγκαταστάσεις Φ/Β περιορίζονταν σε αυτές της ΔΕΗ σε νησιά (Κύθνος, Αντικύθηρα κλπ) και σε εγκαταστάσεις ιδιωτών σε απομακρυσμένες κατοικίες. Μια τέτοια ανάπτυξη ήταν σαφώς απογοητευτική, δεδομένου του εξαιρετικού ηλιακού δυναμικού της χώρας μας. Οι κύριοι λόγοι για την μικρή αυτή ανάπτυξη ήταν τα συνήθη γραφειοκρατικά προβλήματα, η ελλιπής ενημέρωση των μικροεπενδυτών, τα μηδαμινά κίνητρα τα οποία καθιστούσαν ασύμφορη μια επένδυση σε Φ/Β και ο μονοπωλιακός χαρακτήρας του ενεργειακού τομέα μέχρι το 2001.



Εικόνα 39: Ελληνική αγορά Φωτοβολταϊκών (εγκατεστημένη ισχύς) [xi12]

Το 2006, με το νόμο 3468/2006, δημιουργήθηκε ένα σαφέστερο νομοθετικό πλαίσιο σε σχέση με τις ΑΠΕ και κατά συνέπεια και με τα Φ/Β. Ταυτόχρονα με τις ευνοϊκές τιμολογιακές ρυθμίσεις και επιχορηγήσεις για τους ενδιαφερόμενους επενδυτές σε μικρομεσαία κλίμακα, θεσμοθετήθηκε ένα πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών (ΑΦΣ) με σκοπό την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών, αμιγώς για παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ο νόμος αυτός σε συνδυασμό με επιδοτήσεις που είχαν αναγγελθεί για το κόστος της επένδυσης, κίνησαν το ενδιαφέρον πολλών μικροεπενδυτών με αποτέλεσμα ο αριθμός των αιτήσεων για άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να ξεπερνάει κατά πολύ (2489 MWp) το στόχο του προγράμματος ΑΦΣ. Αυτό το γεγονός είχε ως αποτέλεσμα το Υπουργείο Ανάπτυξης να αναστείλει την αδειοδοτική διαδικασία στα τέλη του 2007. Συγκεκριμένα, μέχρι το τέλος του 2007 η εγκατεστημένη ισχύς είχε φτάσει μόλις τα 8.2 MW με ετήσιες αυξήσεις της τάξης των 1-1.5 MW. Από το 2008 αρχικά και ακόμα περισσότερο μετά τα μέσα του 2009 με την ψήφιση του νόμου 3851/2010, ο οποίος εισήγαγε σημαντική αύξηση του ορίου ισχύος των Φ/Β πάρκων που απαλλάσσονται από την ανάγκη λήψης άδειας παραγωγής και από την ανάγκη λήψης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, η αύξηση στο ενδιαφέρον για τα φωτοβολταϊκά και αντίστοιχα η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος ήταν κατακόρυφη. Μέχρι το τέλος του 2010 οι αιτήσεις για άδεια παραγωγής ή εξαίρεση από άδεια για Φ/Β αντιστοιχούσαν σε ισχύ ίση με 9437MW. Συνολικά, στο τέλος του 2010 η εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β ήταν 205,4 MW ενώ η ετήσια αύξηση άγγιξε το 274%.

Παρ' ότι η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος πρόκειται να συνεχιστεί με αντίστοιχους ρυθμούς τουλάχιστον μέχρι το 2015, πρέπει να τονιστεί ότι η, εθνικά ορισμένη, επιδιωκόμενη ισχύς από τα Φ/Β είναι ίση με 2200 MW μέχρι το 2020, οπότε γίνεται κατανοητό ότι ουσιαστικά, ένα μικρό ποσοστό τον σημερινών ή και μελλοντικών αιτήσεων θα υλοποιηθεί. Είναι επομένως κατανοητό ότι απαιτείται επαρκής σχεδιασμός τόσο από την πλευρά της πολιτείας όσον αφορά την καθοδήγηση για νέες αιτήσεις και την κατανομή των αιτήσεων που θα υλοποιηθούν, όσο και από την πλευρά των επενδυτών για το αν ένα έργο μπορεί να είναι βιώσιμο μετά την υλοποίηση του.

10 Εξοικείωση με την ορολογία

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση.

Φωτοβολταϊκό στοιχείο : η ηλεκτρονική διάταξη παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα φ/β κύτταρο ή φ/β κυψέλη (PV cell).φωτοβολταϊκό πλαίσιο : Ένα σύνολο φ/β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί την βασική δομική μονάδα της φ/β γεννήτριας (PV module).

Φωτοβολταϊκό πανέλο : ένα ή περισσότερα φ/β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φ/β εγκατάσταση (PV panel).

Φωτοβολταϊκή συστοιχία: μια ομάδα από φ/β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).

Φωτοβολταϊκή γεννήτρια : Το τμήμα μιας φ/β εγκατάστασης που περιέχει φ/β στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV generator).

Αντιστροφέας (inverter): ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

Ρυθμιστής φόρτισης (charge controller):Συσκευή που χρησιμοποιείται σε αυτόνομα συστήματα για να ρυθμίζει την φόρτιση των συσσωρευτών.

KW (κιλοβάτ): Μονάδα ισχύος.

KWh (κιλοβατώρα): Μονάδα ενέργειας.

10.1 ΕΝΑΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Η στροφή της αγοράς στην ηλιακή ενέργεια, γίνεται για να εξυπηρετηθούν δύο βασικές ανάγκες, η ανάγκη σε ενέργεια και η ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος.Υπάρχουν δυο τρόποι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας ο πρώτος είναι σε συνεργασία με το δίκτυο της ΔΕΗ και ο δεύτερος ανεξάρτητα, με αποθηκευτικό χώρο της ενέργειας σε μπαταρίες, έτσι εξασφαλίζεται και η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μέρες που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια. Ένα κτίριο θεωρείτε κατάλληλο όταν υπάρχει επαρκής ασκίαστος χώρος, όταν τα φ/β πλαίσια έχουν Νότιο προσανατολισμό και σωστή κλίση σε σχέση με το οριζόντιο κεκλιμένο επίπεδο. Ένας πρόχειρος υπολογισμός για την εγκατεστημένη ισχύ που μπορεί να εξυπηρετήσει ο χώρος εγκατάστασης είναι [8-10 m^2] για κεραμοσκεπή και [10 – 15 m^2] για στέγη ή οικόπεδο.

11 Βιβλιογραφία

- Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Κ. Καγκαράκης Καθηγητής Ε.Μ.Π.
- Ηλεκτρισμός από ηλιακή ενέργεια Thomas Markvart, επιμέλεια Ελληνικής έκδοσης Παναγιώτης Σκούτζος εκδόσεις ΙΩΝ.
- Σημειώσεις εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων και Ανεμογεννητριών, Στέφανος Μανίας καθηγητής Ε.Μ.Π.
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Ανανεώσιμες πηγές ,Μιχ. Π. Παπαδόπουλος καθηγητής Ε.Μ.Π.
- Σύνδεση Εγκαταστάσεων Παραγωγής στα Δίκτυα Διανομής, Σημειώσεις Α.Π.Ε., Σταύρος Αθ. Παπαθανασίου, Λέκτορας ΕΜΠ
- Τεχνολογία, μελέτες, εφαρμογές, Σ. Ν. Καπλάνης εκδόσεις ΙΩΝ
- Φωτοβολταϊκά συστήματα Ι. Ε. Φραγκιαδάκης εκδόσεις ΖΗΤΗ
- Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις Σ. Δ. Περδιός Ε.Ρ.Ε.Λ. εκδόσεις ΤεΚΔΟΤΙΚΗ

Ακόμα χρησιμοποιήθηκαν πολλές πληροφορίες από το διαδίκτυο παρακάτω είναι κάποιες διευθύνσεις από όπου αντλήθηκαν πληροφορίες για την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας :

- www.kaco-hellas.com
- www.chaori-solar.com
- www.rae.gr
- www.desmie.gr
- www.ypeka.gr
- www.cres.gr
- www.iea.org
- www.helapco.gr
- www.dei.gr
- www.ecotec.gr
- www.hellasres.gr
- www.energia.gr
- www.energypress.gr
- www.spef.gr
- http://www.photon-magazine.com/
- www.solarplaza.com
- http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/
- http://www.deddie.gr

[1] ΙΑΣΩΝ ΓΕΩΡΓΑΡΗΣ ΕΜΠ

[2]ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ. ΠΕΡΔΙΟΣ «Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ», ΤeΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2007, ISBN: 978-960-8257-53-5

[3] ΠΗΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΑ ΒΙΒΛΙΑ:

ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ. ΠΕΡΔΙΟΣ «Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ», ΤeΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2007, ISBN: 978-960-8257-53-5

Ι.Ε. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ «Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» ΖΗΤΗ 2004 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ IBSN : 960-456-007-7

[4]ΠΗΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΑ ΒΙΒΛΙΑ:

ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ. ΠΕΡΔΙΟΣ «Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ», ΤeΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2007, ISBN: 978-960-8257-53-5

Ι.Ε. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ «Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» ΖΗΤΗ 2004 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ IBSN : 960-456-007-7

[5] ΠΗΓΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΤΑΞΗ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΑ ΒΙΒΛΙΑ:

ΣΤΑΜΑΤΗΣ Δ. ΠΕΡΔΙΟΣ «Φ/Β ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ», ΤeΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2007, ISBN: 978-960-8257-53-5

Ι.Ε. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ «Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» ΖΗΤΗ 2004 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ IBSN : 960-456-007-7

[6] Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ :

www.helapco.gr
www.ypeka.gr
www.rae.gr

[7] ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΔΙΕΥΚΡΙΝΙΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΕΔΗΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΩΣ [5 KW] ΚΑΙ ΕΩΣ [10 KW]

[8] ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ PVGIS (WWW.PVGIS.COM) 12-07-2012

[ix10]ΠΗΓΗ Ι.Ε. ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ «Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» ΖΗΤΗ 2004 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ IBSN : 960-456-007-7

[x11]ΠΗΓΗ www.energypress.gr

[xi 12]ΠΗΓΗ www.energypress.gr