



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

Τομέας Συστημάτων Παραγωγής

Εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Ηλεκτρονικής

**Μελέτη Φωτοβολταϊκού Συστήματος Παραγωγής
Ηλεκτρικής Ενέργειας 100 kW**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΧΑΤΖΗΚΑΛΦΑ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΓΕΩΡΓΙΑΚΗΣ ΠΑΥΛΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΔΟΥΛΑΜΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, Επ. Καθηγητής

ΝΙΚΟΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, Λέκτορας

ΧΑΝΙΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται όλη η διαδικασία που πρέπει να [ακολουθήσει](#) ένας ιδιώτης ο οποίος θα ήθελε να ασχοληθεί με την παραγωγή και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

Κάθε βήμα αναλύεται διεξοδικά, αναφέροντας τις μελέτες και την συλλογή στοιχείων που είναι απαραίτητα για την επίτευξη του στόχου. Πιο συγκεκριμένα γίνεται η οικονομική ανάλυση του έργου, μια τεχνική ανάλυση των μερών που το απαρτίζουν και η περιβαλλοντική μελέτη της περιοχής.

Όλα τα βήματα αναλύονται σύμφωνα με τους [ψηφισμένους](#) από τη βουλή νόμους και τις αποφάσεις των αρμόδιων φορέων ώστε η παρουσίαση να είναι όσο το δυνατόν πιο ουσιαστική και χρήσιμη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο, Ηλιακό δυναμικό, Επενδυτικό σχέδιο, Αντιστροφέας, Φωτοβολταϊκό πλαίσιο, Φωτοβολταϊκό σύστημα

ABSTRACT

This diploma thesis presents all processes that a private company should follow if he would like to deal with the derivative and sale of electric energy.

Each step is analyzed at great length, reporting the studies and the collection of elements that are essential for the achievement of the objective. More concretely presents the economic analysis of work, a technical analysis of parts that composes it and also the environmental study of region.

All steps are analyzed according to the elected laws and the statements of responsible institutions in order that the presentation is as long as possible more essential and useful.

KEY WORDS

Photovoltaic phenomenon, Solar potential, Investment plan, Inverter, Photovoltaic panel, Photovoltaic system

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

	Εισαγωγικά	1
1.1	Ιστορική αναδρομή	2
1.2	Η ανάπτυξη των Α.Π.Ε στην Ελλάδα	3
1.3	Σκοπός της εργασίας	6
1.4	Θεωρητικό υπόβαθρο	6
	1.4.1 Ηλιακή ενέργεια	6
	1.4.2 Ηλιακή Γεωμετρία	7
	1.4.2.1 Γεωγραφικό πλάτος – Γεωγραφικό μήκος	7
	1.4.2.2 Σφαιρικές συντεταγμένες	7
1.5	Ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο	11
	1.5.1 Μέση μηνιαία ηλιακή ένταση	11
	1.5.2 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία	12
	1.5.3 Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και επιλογή κλίσης	12
1.6	Φωτοβολταϊκό φαινόμενο	14
1.7	Λειτουργία φωτοβολταϊκών	14
1.8	Χρήση φωτοβολταϊκών	15
1.9	Δομή της διπλωματικής	16
1.10	Βιβλιογραφία	16

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

2.1	Γεωγραφική θέση - Έκταση - Υπαγωγή	19
2.2	Μετεωρολογικά και υδρολογικά στοιχεία	20
	2.2.1 Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα	20
	2.2.2 Κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής της Ρόδου	23
2.3	Βιβλιογραφία	29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

3.1	Ίδρυση εταιρίας	31
3.2	Επενδυτικό σχέδιο	32
3.3	Δανειακά προϊόντα	34
3.4	Ασφαλιστικό πακέτο	39
	3.4.1 Σημαντικότητα ασφαλιστικού πακέτου	39
	3.4.2 Περιεχόμενα ασφαλιστικού πακέτου	40
	3.4.3 Προϋποθέσεις κάλυψης	41
	3.4.4 Κόστος ασφάλιστρων	42
3.5	Βιβλιογραφία	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΕΙΣ

4.1	Αρχές και υπηρεσίες	43
	4.1.1 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας	43
	4.1.2 Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού	44
	4.1.3 ΔΕΣΜΗΕ	45
	4.1.4 Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	46

4.2	Απαιτούμενα έγγραφα και στοιχεία που συνοδεύουν την αίτηση χορήγησης άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	48
4.2.1	Στοιχεία αιτούντος	48
4.2.2	Περιγραφή του έργου	48
4.2.3	Ενεργειακή μελέτη και τεκμηρίωση δυναμικού Α.Π.Ε.	48
4.2.4	Εξασφάλιση θέσης	48
4.2.5	Προκαταρκτική τεχνική μελέτη	49
4.2.6	Επιχειρησιακό σχέδιο του έργου	49
4.2.7	Στοιχεία τεκμηρίωσης οικονομικής δυνατότητας αιτούντος	50
4.3	Σύμβαση με ΔΕΗ , ΔΕΣΜΥΕ και απαλλαγές	51
4.4	Βιβλιογραφία	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

	Εισαγωγή	56
5.1	Τεχνική περιγραφή φ/β πάρκου	57
5.1.1	Επιλογή αντιστροφέα	58
5.1.2	Επιλογή φ/β πλαισίων	59
5.1.3	Διαστασιολόγηση συστοιχίας	60
5.1.4	Κατασκευές υποδομής – Βάσεις στήριξης	61
5.1.5	Γείωση	62
5.1.6	Αντικεραυνική προστασία	62
5.1.7	Διασύνδεση με το δίκτυο	63
5.1.7.1	Αντιστροφείς	63
5.1.7.2	Καλώδια	63
5.1.7.3	Εξωτερικός πίνακας	64
5.1.7.4	Σύστημα παρακολούθησης έλεγχου	64
5.2	Επεμβάσεις στον περιβάλλοντα χώρο	64
5.2.1	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου	65
5.2.1.1	Έδαφος	65
5.2.1.2	Αέρας	65
5.2.1.3	Νερά	66
5.2.1.4	Χλωρίδα	66
5.2.1.5	Πανίδα	66
5.2.1.6	Θόρυβος	66
5.2.1.7	Χρήσεις γης	66
5.2.1.8	Φυσικοί πόροι	67
5.2.1.9	Κίνδυνος ανώμαλων καταστάσεων	67
5.2.1.10	Πληθυσμός	67
5.2.1.11	Κατοικία	67
5.2.1.12	Μεταφορές - Κυκλοφορία	67
5.2.1.13	Ενέργεια	68
5.2.1.14	Κοινή ωφέλεια	68
5.2.1.15	Ανθρώπινη υγεία	68
5.2.1.16	Αισθητική του τοπίου	68
5.2.1.17	Αναψυχή	68
5.2.1.18	Πολιτιστική κληρονομιά	68
5.2.1.19	Προστατευόμενες περιοχές	68
5.2.2	Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων	68
5.2.2.1	Στερεά απόβλητα	68
5.2.2.2	Σκόνη	69
5.2.2.3	Θόρυβος	69
5.2.2.4	Ασφάλεια	69
5.3	Οικονομική ανάλυση	70

5.3.1	Επιχειρηματικό περιβάλλον – Μακροοικονομικά μεγέθη	70
5.3.2	Ύψος επένδυσης και απόσβεση δανείου	70
5.3.3	Αναμενόμενη διάρκεια ζώνης της εγκατάστασης	71
5.3.4	Πρόβλεψη κόστους παράγωγης	71
5.4	Χρονοδιάγραμμα κατασκευής	71
5.5	Βιβλιογραφία	73

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

6.1	Υλικά και τεχνολογίες φωτοβολταϊκών	75
6.1.1	Πυρίτιο (Si)	75
6.1.1.1	Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	75
6.1.1.2	Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	76
6.1.1.3	Ribbon Πυρίτιο	76
6.1.1.4	Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ	76
6.1.1.5	Άμορφο Πυρίτιο	76
6.1.2	Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)	77
6.1.3	Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CIS)	77
6.1.4	Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)	77
6.1.5	Μερίδιο αγοράς	78
6.2	Φωτοβολταϊκή γεννήτρια	78
6.2.1	Φωτοβολταϊκό πλαίσιο	78
6.2.2	Φωτοβολταϊκή συστοιχία	79
6.2.2.1	Σταθερές συστοιχίες	80
6.2.2.2	Στρεφόμενες συστοιχίες	80
6.2.2.3	Συστοιχίες με ανακλαστήρες/κάτοπτρα	80
6.2.2.4	Στρεφόμενες συστοιχίες με κάτοπτρα	80
6.2.3	Βέλτιστη διάταξη συστοιχιών	81
6.2.4	Απόδοση φωτοβολταϊκού πλαισίου	82
6.3	Φωτοβολταϊκοί συγκεντρωτές	83
6.3.1	Τύποι οπτικών μέσων	83
6.4	Μετατροπέας συνεχούς τάσης (Converter)	84
6.5	Αντιστροφέας (DC/AC INVERTER)	85
6.5.1	Μονοφασικός αντιστροφέας	85
6.5.2	Τριφασικός αντιστροφέας	86
6.5.3	Ποιότητα της παραγόμενης τάσης	86
6.6	Συσσωρευτές	87
6.7	Φωτοβολταϊκό σύστημα	88
6.7.1	Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα	88
6.7.2	Διασυνδεδεμένο φωτοβολταϊκό σύστημα	89
6.8	Βιβλιογραφία	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 100 kWp

7.1	Κριτήρια επιλογής ισχύος	91
7.2	Επιλογή Αντιστροφέα	91
7.3	Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων	94
7.4	Συνδυασμός πλαισίου - Αντιστροφέα	96
7.5	Διαστασιολόγηση	98
7.6	Διάταξη του πάρκου	100
7.7	Κατασκευές υποδομής – Βάσεις στήριξης	103
7.8	Γείωση	105
7.9	Αντικεραυνική προστασία	106

7.10	Διασύνδεση με το δίκτυο	108
7.10.1	Αντιστροφείς	108
7.10.2	Καλώδια	108
7.10.3	Μέσα προστασίας	109
7.12	Βιβλιογραφία	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 :	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	111
---------------------	---------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	113
------------------	-----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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

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

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

Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές [1.1].

Το φως του ήλιου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τα φωτοβολταϊκά ή ηλιακά κύτταρα. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα (PV) είναι συσκευές ημιαγωγών, συνήθως κατασκευασμένες από πυρίτιο, οι οποίες δεν περιέχουν κανένα υγρό, διαβρωτική χημική ουσία ή κινούμενο μέρος. Παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με χρήση του φωτός, απαιτούν λίγη συντήρηση, δεν μολύνουν το περιβάλλον και λειτουργούν σιωπηλά, κάνοντας τη φωτοβολταϊκή ενέργεια την καθαρότερη και ασφαλέστερη μέθοδο ηλεκτρικής παραγωγής [1.2].

Τα ηλιακά ηλεκτρικά ή φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας άμεσα σε ηλεκτρική. Το πυρίτιο, το δεύτερο αφθονότερο στοιχείο στον φλοιό της γης, είναι το ίδιο υλικό ημιαγωγών που χρησιμοποιείται στους υπολογιστές. Όταν το πυρίτιο συνδυάζεται με ένα ή περισσότερα υλικά, παρουσιάζει ηλεκτρικές ιδιότητες στο φως του ήλιου. Τα ηλεκτρόνια διεγείρονται από το φως και κινούνται μέσω του πυριτίου. Αυτό είναι γνωστό ως φωτοβολταϊκή επίδραση και οδηγεί στην άμεση παραγωγή συνεχούς

ηλεκτρικής ενέργειας (DC). Τα Φ/Β πλαίσια έχουν μια οικονομικά ενεργή ζωή 20 - 30 ετών [1.3].

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

Ένα βασικό μειονέκτημα ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι, σε αντίθεση με πολλά άλλα συστήματα μετατροπής, η τροφοδοσία του (ηλιακή ακτινοβολία) δεν είναι καθόλου σταθερή αλλά αυξομειώνεται μεταξύ μιας μέγιστης και της μηδενικής τιμής, ακολουθώντας συχνά απότομες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις. Το ποσό της ενέργειας που περιέχεται στο φως του ήλιου, ονομάζεται ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και με μία πιο αυστηρή ορολογία, ροή ακτινοβολίας που ορίζεται ως το ποσό της ενέργειας της ακτινοβολίας που περνά στη μονάδα του χρόνου από τη μονάδα εμβαδού μιας επιφάνειας τοποθετημένης κάθετα στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας και εκφράζεται συνήθως σε kW/m^2 . Επίσης στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι δυνατή η μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια του συνόλου της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται στην επιφάνειά τους. Ένα μέρος από την προσπίπτουσα ακτινοβολία ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον, ενώ από τη ακτινοβολία που διεισδύει ένα μέρος πάλι συμβάλει στην εκδήλωση του φωτοβολταϊκού φαινομένου[1.4].

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

- **1839** Ο φυσικός Edmund Becquerel ανακαλύπτει το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, καθώς πειραματιζόταν με ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγωγίμο υγρό. Η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή.
- **1883** Ο Charles Fritz παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 1-2%.
- **1904** Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Για την θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel το 1921.
- **1918** Ο Πολωνός Jan Czochralski κατασκευάζει το πρώτο στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου
- **1932** Παρατηρείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στο κάδμιο σελήνιο. Σήμερα το CdS αποτελεί πολύ σημαντικό υλικό παραγωγής φωτοβολταϊκών panel.
- **1954** Στα Bell Laboratories, ανακαλύπτουν ότι το πυρίτιο μαζί με συγκεκριμένες ρυπαρότητες είναι πολύ ευαίσθητο στο φως. Το αποτέλεσμα είναι τα πρώτα πρακτικά φωτοβολταϊκά στοιχεία με απόδοση 6%.
- **1958** Κατασκευάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 9%. Στις 17 Μαρτίου εκτοξεύεται το Vanguard I, ο πρώτος δορυφόρος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά, που θα δουλέψει συνεχόμενα για 8 χρόνια. Στην Georgia κατασκευάζεται ο πρώτος τροφοδοτούμενος από φωτοβολταϊκά στοιχεία τηλεφωνικός αναμεταδότης.

- **1959** Παράγονται φωτοβολταϊκά με 10% απόδοση. Η Αμερική εκτοξεύει τους δορυφόρους Explorer VI & VII με 9.600 φωτοβολταϊκά στοιχεία.
- **1960** Παράγονται φωτοβολταϊκά με 14% απόδοση.
- **1963** Η Ιαπωνία εγκαθιστά φωτοβολταϊκά σε φάρους-η μεγαλύτερη φωτοβολταϊκή διάταξη της εποχής.
- **1972** Οι Γάλλοι εγκαθιστούν άμορφα CdS φωτοβολταϊκά σε ένα σχολείο στην επαρχία Niger.
- **1976** Ξεκινούν οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών για την τροφοδότηση ψυγείων, τηλεπικοινωνιακού & ιατρικού εξοπλισμού, άντλησης νερού και φωτισμού.
- **1977** Η συνολική παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 500 kW. Στην Αυστραλία στο Pentax World Solar Challenge νικά ένα κινούμενο από φωτοβολταϊκά αυτοκίνητο της General Motors με μέση ταχύτητα 71 km/h.
- **1983** Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών ξεπερνά τα 21,3 MW.
- **1984** Κυκλοφορούν τα άμορφα φωτοβολταϊκά.
- **1999** Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 1000 MW.
- **2002** Η συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ σε φωτοβολταϊκά φτάνει τα 2000MW.
- **Σήμερα**
Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές φωτοβολταϊκών είναι η συμπληρωματική παραγωγή ενέργειας. Στη Βόρεια Αμερική πολλές εταιρίες παραγωγής ενέργειας υποστηρίζουν τα φορτία του κλιματισμού τους θερινούς μήνες με φωτοβολταϊκά συστήματα
- **Αυριανός στόχος**
Το 20% της συνολικής παραγωγής ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές [1.5].

1.2 Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ Α.Π.Ε. ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η πρώτη προσπάθεια ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν. 1559/85, με τον οποίο δόθηκε η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ σε ιδιώτες και τους ΟΤΑ (αυτοπαραγωγούς), μέχρι το τριπλάσιο της ισχύος των εγκαταστάσεών τους και την πώληση της περίσσειας στη ΔΕΗ. Η συνεισφορά του νόμου στην ανάπτυξη των ΑΠΕ ήταν μηδαμινή, λόγω της χαμηλής τιμής αγοράς της ενέργειας από την ΔΕΗ αλλά και των πολύπλοκων διαδικασιών αδειοδότησης

Η ουσιαστική έναρξη της ανάπτυξης των ΑΠΕ έγινε με τον Ν.2244/94, ο οποίος έδωσε την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και σε ιδιώτες με μοναδικό σκοπό την πώληση της παραγόμενης ενέργειας στη ΔΕΗ, ενώ αύξησε τις δυνατότητες αυτοπαραγωγής. Όρισε επίσης σχετικά επαρκείς τιμές αγοράς της πωλούμενης στην ΔΕΗ ενέργειας και δεκαετή διάρκεια συμβάσεων. Παράλληλα θεσπίστηκαν

αναπτυξιακά κίνητρα (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας, Αναπτυξιακός Νόμος κ.ά.), τα οποία περιλάμβαναν επιδοτήσεις των δαπανών εγκαταστάσεως ΑΠΕ και Συμπαγωγής, ώστε, παρά τα εμπόδια λόγω των πολύπλοκων διαδικασιών αδειοδότησης, που δεν κατέστη δυνατόν να ξεπεραστούν, να σημειωθεί σημαντική πρόοδος κατά τα τελευταία ιδίως έτη.

Στις 8/12/2000 απευθύνθηκε από τη ΡΑΕ πρόσκληση υποβολής Αιτήσεων για τη χορήγηση Αδειών Παραγωγής, με βάση τον «Κανονισμό Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας», τον οποίο εξέδωσε το ΥΠΙΑΝ μετά από πρόταση της ΡΑΕ, σύμφωνα με τα οριζόμενα στον Ν. 2773/99

Τον Απρίλιο του 2007 παρουσιάστηκε από το Υπουργείο Ανάπτυξης η πρώτη φάση του Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Σταθμών, το οποίο καταρτίστηκε από τη ΡΑΕ και θέτει τις βασικές αρχές και τη στρατηγική για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών που εγκαθίστανται στην ελληνική επικράτεια, συνολικής ισχύος 500 μεγαβάτ (MWp) για σταθμούς που συνδέονται με το Σύστημα (ηπειρωτικό δίκτυο) και συνολικής ισχύος 200 MWp, για σταθμούς που συνδέονται στο Δίκτυο των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών.

Έτσι το πρόγραμμα προβλέπει χρονική κλιμάκωση στην αδειοδότηση και εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών με ολοκλήρωση της φάσης αδειοδότησής τους ως το 2010, και της ένταξής τους στο Σύστημα ή το Δίκτυο ως το 2012-2014.

Περαιτέρω, κρίθηκε απαραίτητη η κατά το δυνατόν μεγαλύτερη διασπορά των φωτοβολταϊκών σταθμών παραγωγής στη χώρα με βάση την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κάθε περιοχής, σε επίπεδο Διοικητικής Περιφέρειας, καθώς και η προώθηση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών σταθμών μικρού σχετικά μεγέθους, χωρίς, ωστόσο, να θίγεται το δικαίωμα των επενδυτών για την εγκατάσταση σταθμών μεγαλύτερης ισχύος. Για τους λόγους αυτούς υιοθετήθηκε επιμερισμός της συνολικής ισχύος ανά Διοικητική Περιφέρεια.

Τον Ιούνιο του 2007, και μετά το μεγάλο αριθμό αιτήσεων που κατατέθηκαν, υπήρξε τροποποίηση του Προγράμματος και αύξηση του αρχικού στόχου από τα 700 MWp στα 840 MWp. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται η νέα κατανομή για τις διάφορες περιοχές της χώρας. Σημειωτέον ότι στα νησιά αδειοδοτούνται προς το παρόν μόνο συστήματα ισχύος έως 150 kWp.

Πίνακας 1.1: Περιθώριο φωτοβολταϊκών σταθμών ανά περιοχή

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ	Περιθώριο Φωτοβολταϊκών σταθμών (kW)		ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΝΗΣΙΩΝ	Περιθώριο Φωτοβολταϊκών σταθμών (kW)
ΑΓΑΘΟΝΗΣΙ	20,61		ΜΥΚΟΝΟΣ	2.174,98
ΑΓ.ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ	42,31		ΔΗΛΟΣ	0,00
ΑΜΟΡΓΟΣ	175,41		ΣΥΡΟΣ	1.820,78
ΑΝΑΦΗ	43,76		ΟΘΩΝΟΙ	30,75
ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΑ	0,00		ΠΑΡΟΣ	1.580,80
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑ	277,00		ΝΑΞΟΣ	1.562,60
ΔΟΝΟΥΣΑ	22,56		ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	127,17
ΕΡΕΙΚΟΥΣΑ	26,64		ΚΟΥΦΟΝΗΣΙ	41,14
ΘΗΡΑ	1.992,81		ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	26,18
ΘΗΡΑΣΙΑ	14,61		ΗΡΑΚΛΕΙΑ	11,22
ΙΚΑΡΙΑ	508,19		ΣΙΚΙΝΟΣ	22,44
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	605,19		ΙΟΣ	265,55
ΚΑΣΟΣ	64,27		ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	63,58
ΚΥΘΝΟΣ	56,57		ΣΑΜΟΣ	2.717,63
ΚΩΣ	4.442,58		ΦΟΥΡΝΟΙ	58,84
ΚΑΛΥΜΝΟΣ	1.139,45		ΘΥΜΑΙΝΑ	5,60
ΛΕΡΟΣ	608,13		ΠΑΤΜΟΣ	287,80
ΤΕΛΕΝΔΟΣ	6,40		ΣΕΡΙΦΟΣ	343,72
ΨΕΡΙΜΟΣ	6,40		ΣΙΦΝΟΣ	246,10
ΓΥΑΛΙ	6,40		ΣΚΥΡΟΣ	275,67
ΝΙΣΥΡΟΣ	83,22		ΣΥΜΗ	567,66
ΤΗΛΟΣ	57,61		ΧΙΟΣ	3.841,76
ΛΕΙΨΟΙ	51,21		ΟΙΝΟΥΣΕΣ	54,99
ΛΕΣΒΟΣ	5.511,36		ΨΑΡΑ	31,43
ΛΗΜΝΟΣ	1.187,51		ΡΟΔΟΣ	12.808,89
ΜΕΓΙΣΤΗ	105,12		ΧΑΛΚΗ	25,67
ΜΗΛΟΣ	661,31		ΚΡΗΤΗ	52.499,02
ΚΙΜΩΛΟΣ	48,13			

Σύνολο : 99.257 kW

Με τον Ν.2773/99, για την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρείται το καθεστώς του Ν. 2244/95, με την προσθήκη ότι οι οριζόμενες τιμές αγοράς ενέργειας ΑΠΕ και Συμπαγωγής θεωρούνται ως οι μέγιστες και μπορούν να μειωθούν κατά τη χορήγηση της Άδειας, με απόφαση του ΥΠΑΝ μετά από γνωμοδότηση της ΡΑΕ. Επίσης προβλέπεται ότι κάθε παραγωγός ΑΠΕ επιβαρύνεται με ανταποδοτικό τέλος, που αντιστοιχεί σε ποσοστό επί των πωλήσεων ενέργειας και αποδίδεται στον ΟΤΑ. (Με Υ.Α. ορίστηκε σε 2% των ακαθαρίστων εσόδων). Τέλος ο Ν.2773/99 προβλέπει την κατά προτεραιότητα απορρόφηση της παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ, ώστε αυτές να αξιοποιούνται στον μέγιστο βαθμό που επιτρέπει η καλή λειτουργία του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας [1.6].

Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών πάρκων στον νομό Δωδεκανήσου είναι ακόμα σε νηπιακή μορφή. Ωστόσο η εφαρμογή του νόμου 3468/2006 για θέματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων καθώς και η πρόσκληση ενδιαφέροντος της ΡΑΕ που αναφέρεται παρακάτω για την περιοχή αυτή **αναμένεται** να ωφελήσει στην εξέλιξη αυτών.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο ήλιος δίνει ρεύμα, γι' αυτό και [αυξάνεται διαρκώς ο αριθμός](#) όσων προσπαθούν να αντλήσουν ενέργεια και χρήμα από τη δύναμή του. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα, που αντλούν ενέργεια από τον ήλιο, δεν είναι απλώς «της μόδας» τελευταία στη χώρα μας. Εκτός από την προφανή περιβαλλοντική συνεισφορά τους, προσθέτουν [οικονομική ανάταση σε](#) όσους τα εκμεταλλεύονται. Σύμφωνα με τη νομοθεσία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που ψηφίστηκε πέρυσι (Ν. 3468/2006), κάθε κιλοβατώρα που παράγεται από τον ήλιο και τροφοδοτεί το δίκτυο της ΔΕΗ θα ενισχύεται με 0,40-0,50 ευρώ. Η σύμβαση πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας ισχύει για δέκα χρόνια και μπορεί να επεκταθεί για άλλα δέκα μονομερώς, με έγγραφη δήλωση του παραγωγού. Η τιμή αναπροσαρμόζεται κάθε χρόνο με βάση τις μεσοσταθμικές αυξήσεις των τιμολογίων της ΔΕΗ ή με βάση το 80% του πληθωρισμού.

Ένας ιδιώτης ηλεκτροπαραγωγός φωτοβολταϊκών συστημάτων θα κάνει απόσβεση του φωτοβολταϊκού συστήματος σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα, από 6 ως 8 χρόνια, ανάλογα με τη δυναμικότητα της μονάδας. Η νέα νομοθεσία απλοποιεί τις διαδικασίες αδειοδότησης για φωτοβολταϊκά συστήματα. Έτσι για συστήματα ισχύος ως και 150 κιλοβάτ (kW) δεν απαιτούνται πλέον άδειες παραγωγής, εγκατάστασης και λειτουργίας. Τα συστήματα κάτω των 20 kW απαλλάσσονται και από την έγκριση περιβαλλοντικών όρων εφόσον δεν τοποθετούνται σε ευαίσθητες και προστατευόμενες περιοχές.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα συλλέγει τις ακτίνες του ήλιου και τις μετατρέπει σε ρεύμα. Μπορεί να παρέχει αυτόνομα ρεύμα σε μια κατοικία ή μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο της ΔΕΗ. Στη δεύτερη περίπτωση, μέσω ενός διπλού μετρητή υπολογίζεται το ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά και το ρεύμα που καταναλώνεται και έτσι η ΔΕΗ πληρώνει την αξία του επιπλέον ρεύματος στον ιδιώτη αντί 0,45 ευρώ την κιλοβατώρα. Ένα κιλοβάτ δίνει 1.150-1.350 κιλοβατώρες τον χρόνο, ενώ μία κατοικία με πλήρη εξοπλισμό για τετραμελή οικογένεια χρειάζεται από 2 ως 3 κιλοβάτ ετησίως.

Όλα αυτά τα δεδομένα θα αναλυθούν παρακάτω, όπου γίνεται μια παρουσίαση των παραμέτρων που πρέπει να λάβει υπ' όψιν της μια εταιρία αν θελήσει να προχωρήσει στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας προς όφελος της. Συγκεκριμένα αναφέρονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει ένας ιδιώτης, την ανάλυση αυτών ώστε να πάρει την απόφαση που είναι πιο συμφέρουσα γι αυτόν. [Η μελέτη που παρουσιάζεται παρακάτω είναι πραγματική και στηρίζεται σε πραγματικά δεδομένα.](#)

Θα παρουσιαστούν όλες οι μελέτες που χρειάστηκε να γίνουν, η διαδικασία ίδρυσης μιας εταιρίας, τα τραπεζικά προϊόντα και ο ρόλος των τραπεζών στην όλη διαδικασία, οι αδειοδοτήσεις που [πρέπει](#) να ληφθούν και τέλος γίνεται μια πλήρη αναφορά στην εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου. [Εμφανίζονται τα μέρη του πάρκου, η διαδικασία επιλογής των μερών της κατασκευής, η συναρμολόγηση αυτών και τέλος η λειτουργία και η απόλυτη αρμονία μεταξύ των.](#)

1.4 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.4.1 Ηλιακή ενέργεια

Η ισχύς που ακτινοβολεί ο Ήλιος προς όλες τις κατευθύνσεις είναι ίση με $4 \cdot 10^{26}$ W. Φυσικά η περισσότερη διασκορπίζεται στο αχανές σύμπαν και μόνο ένα πολύ μικρό μέρος φτάνει στη Γη. Συγκεκριμένα, σε κάθε τετραγωνικό μέτρο του πλανήτη μας προσπίπτει ισχύς μόνο 1 kW. Παρόλο το μικρό μέγεθος της ισχύος αυτής, η ενέργεια που δέχεται η Γη σε όλη της την επιφάνεια είναι 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που ξοδεύει όλη η ανθρωπότητα για τις ανάγκες της με οποιαδήποτε μορφή.

Μέχρι σήμερα εκμεταλλευόμαστε κατά ένα πολύ μικρό μέρος την ηλιακή ενέργεια μόνο ως θερμότητα. Χαρακτηριστική συσκευή είναι αυτή του ηλιακού θερμοσίφωνα. Δεν έχουμε, όμως, ανάγκη μόνο από ζεστό νερό. Το ζεστό νερό δεν μπορεί να ικανοποιήσει τις ενεργειακές ανάγκες μας. Χρειαζόμαστε την ηλεκτρική ενέργεια όσο τίποτε άλλο. Για τον λόγο αυτό η επιστήμη αναζήτησε μεθόδους μετατροπής της ηλιακής ενέργειας κατευθείαν σε ηλεκτρική. Ήδη από τον προηγούμενο αιώνα, περίπου από το 1840, διαπιστώθηκε ότι αυτό είναι δυνατό με τη βοήθεια των ημιαγωγών. Το φαινόμενο της μετατροπής αυτής ονομάστηκε φωτοβολταϊκό και οι αντίστοιχες συσκευές φωτοβολταϊκές γεννήτριες [1.7].

1.4.2 Ηλιακή γεωμετρία

Προκειμένου να υπολογιστεί η ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα επίπεδο στη επιφάνεια της γης, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε εκτός των άλλων και τη θέση του ήλιου στον ουράνιο θόλο.

1.4.2.1 Γεωγραφικό πλάτος – γεωγραφικό μήκος

Οι κύκλοι που είναι παράλληλοι στον ισημερινό ονομάζονται παράλληλοι κύκλοι. 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° μέχρι 90° για το βόρειο ημισφαίριο και από 0° μέχρι -90° για το νότιο ημισφαίριο. (σχήμα 1.1)

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° μέχρι -180° για τόπους ανατολικά του Greenwich και από 0° μέχρι 180° για τόπους δυτικά του Greenwich. (σχήμα 1.1)

1.4.2.2 Σφαιρικές συντεταγμένες

Αζιμούθιο του ήλιου (α) ονομάζεται το τόξο ΝΛ. Μετράται επί του ορίζοντος από το νότιο (N) προς τη δύση από 0° μέχρι 180° και από το νότιο (N) προς την ανατολή από 0° μέχρι -180° (σχήμα 1.1)

Ύψος του ήλιου (h) ονομάζεται το τόξο ΛΗ. Μετράται από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από 0° μέχρι 90° και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ (Z') από 0° μέχρι -90° . (σχήμα 1.1)

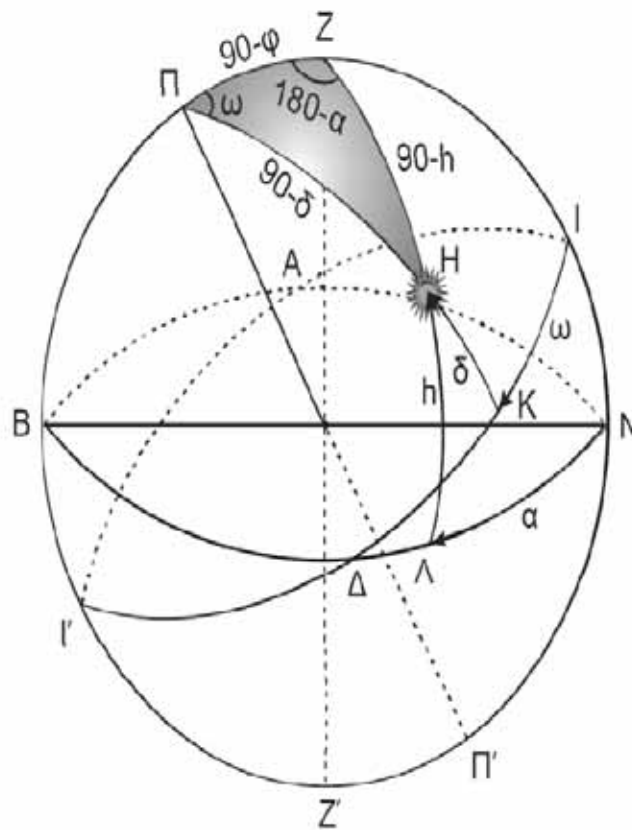
Ζενίθια γωνία του ήλιου (θ_z). Μετράται από τον ορίζοντα προς το ζενίθ από 0° μέχρι 90° και από τον ορίζοντα προς το ναδίρ από 0° μέχρι -90° (σχήμα 1.1). Επομένως σύμφωνα με τα παραπάνω:

$$h = 90 - \theta_z \quad (1.1)$$

Ωριαία γωνία (ω) του ήλιου καλείται το τόξο ΙΚ. Μετράται επί του ουρανού ισημερινού από το Ι προς τη δύση από 0° μέχρι 360° θετικά, ή από την αντίθετη κατεύθυνση αρνητικά (σχήμα 1.1).

Απόκλιση (δ) του ήλιου ονομάζεται το τόξο KH (σχήμα 1.1). Γενικά η απόκλιση του ήλιου μπορεί να οριστεί 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 και η σχέση που μας επιτρέπει τον υπολογισμό για οποιαδήποτε ημέρα (n) του έτους είναι:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (1.2)$$



Σχήμα 1.1: Ουράνιος θόλος

Γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων (θ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης των ηλιακών ακτίνων (HO) και της καθέτου στο κεκλιμένο επίπεδο (σχήμα 1.2).

Αζιμούθιο της επιφάνειας (γ) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της διεύθυνσης βορρά – νότου και της προβολής της ΓΟ στο οριζόντιο επίπεδο (σχήμα 1.2). Έχει θετικές τιμές δυτικά του νότου και αρνητικές τιμές ανατολικά του νότου. Όταν μια επιφάνεια έχει εντελώς νότιο προσανατολισμό τότε $\gamma=0$. Η εφαρμογή του νόμου του συνημίτονου στο σφαιρικό τρίγωνο ΗΚΓ δίνει:

$$\cos \theta = \cos \beta \cdot \cos \theta_z + \sin \beta \cdot \sin \theta_z \cdot \cos(\alpha - \gamma) \quad (1.3)$$

Πίνακας 1.1: Συγκεντρωτικός πίνακας ηλιακών γωνιών[1.9]

Δ	=	ηλιακή απόκλιση
n	=	αριθμός μέρας
L	=	γεωγραφικό πλάτος
β	=	γωνία ύψους ηλίου
β_N	=	γωνία ύψους ηλίου το ηλιακό μεσημέρι
H	=	γωνία ώρας
H_{SR}	=	γωνία ώρας κατά την ανατολή του ηλίου
φ_s	=	γωνία αζιμούθιου ηλίου (+ πριν το ηλιακό μεσημέρι, - μετά)
φ_C	=	γωνία αζιμούθιου συλλέκτη (+ ανατολικά του νότου, - δυτικά του νότου)*
ST	=	ηλιακή ώρα
CT	=	τοπική ωρολογιακή ώρα
LTM	=	μεσημβρινός τοπικής ώρας
LL	=	γεωγραφικό μήκος
E	=	διαφορά μεταξύ μίας μέρας 24 ωρών και μίας ηλιακής μέρας
Q	=	συντελεστής ρύθμισης της μετεωρολογικής ώρας
Σ	=	γωνία κλίσης συλλέκτη
θ	=	γωνία πρόσπτωσης μεταξύ ηλίου και επιφάνειας συλλέκτη

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left[\frac{360 \cdot (n - 81)}{365} \right]$$

$$\beta_N = 90^\circ - L + \delta$$

$$\sin \beta = \cos L \cdot \cos \delta \cdot \cos H + \sin L \cdot \sin \delta$$

$$\sin \varphi_s = \frac{\cos \delta \cdot \sin H}{\cos \beta}$$

$$\alpha \nu \cos H \geq \frac{\tan \delta}{\tan L}, \text{ τότε } |\varphi_s| \leq 90^\circ \text{ αλλιώς } |\varphi_s| > 90^\circ$$

$$H = \left[\frac{15^\circ}{\omega \rho \alpha} \right] \cdot (\text{αριθμός ωρών πριν το ηλιακό μεσημέρι})$$

$$E = 9.87 \cdot \sin(2 \cdot B) - 7.53 \cdot \cos B - 1.5 \cdot \sin B$$

$$B = \frac{360}{364} \cdot (n - 81)$$

$$ST = CT + 4 \cdot (LTM - LL) + E$$

$$H_{SR} = \cos^{-1}[-\tan L \cdot \tan \delta] \quad (+ \text{ για την ανατολή του ήλιου})$$

$$Q = \frac{3.467}{\cos L \cdot \cos \delta \cdot \sin H_{SR}}$$

$$\cos \theta = \cos \beta \cdot \cos(\varphi_s - \varphi_C) \cdot \sin \Sigma + \sin \beta \cdot \cos \Sigma$$

* Αντίθετα πρόσημα στο Νότιο Ημισφαίριο

1.5 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

1.5.1 Μέση μηνιαία ηλιακή ένταση

Το σημείο εκκίνησης είναι μακροχρόνιες μετρήσεις ηλιακής έντασης σε οριζόντια επιφάνεια σε συγκεκριμένη τοποθεσία. Οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τις μετρήσεις αυτές σε αναμενόμενη ηλιακή ένταση σε κεκλιμένη επιφάνεια εξαρτώνται από τη δυνατότητα να υπολογιστεί πόσο τμήμα της συνολικής μετρημένης οριζόντιας ηλιακής έντασης I_H είναι διάχυτη I_{DH} και πόσο είναι απευθείας ηλιακή ένταση I_{BH} :

$$I_H = I_{DH} + I_{BH} \quad (1.4)$$

Μόλις γίνει αυτός ο διαχωρισμός, η μετατροπή της οριζόντιας διάχυτης ηλιακής έντασης σε διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ένταση στην επιφάνεια του συλλέκτη γίνεται απευθείας χρησιμοποιώντας εξισώσεις από το πίνακα (1.1). Οι διαδικασίες διαχωρισμού της συνολικής οριζόντιας ηλιακής έντασης σε διάχυτη και απευθείας ηλιακή ένταση ξεκινούν με τον ορισμό ενός δείκτη καθαρότητας K_T είναι:

$$K_T = \frac{I_H}{I_0} \quad (1.5)$$

Με I_H η μέση οριζόντια ηλιακή ένταση στη συγκεκριμένη τοποθεσία και I_0 η μέση εξωγήινη ηλιακή ένταση σε οριζόντια επιφάνεια. Η μέση εξωγήινη ημερήσια ηλιακή ένταση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_0 = \left(\frac{24}{\pi} \right) \cdot SC \cdot \left[1 + 0,034 \cdot \cos \left(\frac{360 \cdot n}{365} \right) \right] \cdot (\cos L \cdot \cos \delta \cdot \sin H_{SR} + H_{SR} \cdot \sin L \cdot \sin \delta) \quad (1.6)$$

Με SC η ηλιακή σταθερά και H_{SR} η γωνία ώρας ανατολής του ηλίου. Η μέση διάχυτη και ανακλώμενη ηλιακή ένταση σε ένα κεκλιμένο συλλέκτη είναι:

$$\begin{aligned} I_{DC} &= I_{DH} \cdot \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) \\ I_{RC} &= \rho \cdot I_H \cdot \left(\frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \end{aligned} \quad (1.7)$$

Με ρ το συντελεστή του εδάφους. Η απευθείας ηλιακή ένταση στο συλλέκτη θα είναι:

$$I_{BC} = I_{BH} \cdot \left(\frac{\cos \theta}{\sin \beta} \right) = I_{BH} \cdot R_B \quad (1.8)$$

Με θ είναι η γωνία πρόσπτωσης μεταξύ του συλλέκτη και της απευθείας ακτινοβολίας, και β είναι η γωνία ύψους του ήλιου. Η ποσότητα μέσα στην παρένθεση ονομάζεται συντελεστής κλίσης της ηλιακής ακτινοβολίας, R_B .

Η εξίσωση ισχύει σε στιγμιαία βάση, αλλά επειδή εργαζόμαστε με μηνιαίους μέσους όρους, αυτό που χρειάζεται είναι η μέση τιμή του συντελεστή κλίσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο συντελεστής κλίσης της ηλιακής ακτινοβολίας υπολογίζεται απλά

παίρνοντας τη μέση τιμή του $\cos\theta$ για εκείνες τις ώρες της μέρας στις οποίες ο ήλιος είναι μπροστά από το συλλέκτη και διαιρώντας με τη μέση τιμή του $\sin\beta$ για εκείνες τις ώρες της μέρας στις οποίες ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα. Για συλλέκτες με νότιο προσανατολισμό και γωνία κλίσης Σ , προκύπτει ότι η μέση τιμή του συντελεστή κλίσης της ηλιακής ακτινοβολίας είναι:

$$R_B = \frac{\cos(L - \Sigma) \cdot \cos\delta \cdot \sin H_{SRC} + H_{SRC} \cdot \sin(L - \Sigma) \cdot \sin\delta}{\cos L \cdot \cos\delta \cdot \sin H_{SR} + H_{SR} \cdot \sin L \cdot \sin\delta} \quad (1.9)$$

όπου H_{SR} είναι η γωνία της ώρας ανατολής του ήλιου (σε ακτίνια) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H_{SR} = \cos^{-1}(-\tan L \cdot \tan\delta) \quad (1.10)$$

και H_{SRC} είναι η γωνία ανατολής του ήλιου για το συλλέκτη (όταν ο ήλιος προσπίπτει για πρώτη φορά στο συλλέκτη είναι $\theta = 90^\circ$):

$$H_{SRC} = \min\left\{\cos^{-1}(-\tan L \cdot \tan\delta), \cos^{-1}\left[-\tan(L - \Sigma) \cdot \tan\delta\right]\right\} \quad (1.11)$$

μόλις διαχωριστεί η συνολική οριζόντια ηλιακή ένταση σε απευθείας και διάχυτη, μπορεί να ανασυνδυαστεί σε ηλιακή ένταση που προσπίπτει στο συλλέκτη, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση:

$$I_c = I_H \cdot \left(1 - \frac{I_{DH}}{I_H}\right) \cdot R_B + I_{DH} \cdot \left(\frac{1 + \cos\Sigma}{2}\right) + \rho \cdot I_H \cdot \left(\frac{1 - \cos\Sigma}{2}\right) \quad (1.12)$$

Με R_B να υπολογίζεται από τη σχέση (1.9) χρησιμοποιώντας νότιο προσανατολισμό [1.9].

1.5.2 Μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία

Από τη σχέση (1.12) προκύπτει η σχέση που δίνει την μέση ημερησία ηλιακή ακτινοβολία, έτσι προκύπτει:

$$H_T = H_b \cdot \left(1 - \frac{H_{DH}}{H_b}\right) \cdot R_B + H_{DH} \cdot \left(\frac{1 + \cos\Sigma}{2}\right) + \rho \cdot H_b \cdot \left(\frac{1 - \cos\Sigma}{2}\right) \quad (1.13)$$

Με H_b η συνολική μετρημένη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, H_{DH} η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και R_B ο τύπος (1.9). Η μέση μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία τώρα θα είναι [1.8]:

$$H_T = H_b \cdot R_B + H_{DH} \cdot \frac{1 + \cos\Sigma}{2} + H_b \cdot \rho \cdot \frac{1 - \cos\Sigma}{2} \quad (1.14)$$

1.5.3 Μέση ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και επιλογή κλίσης

Η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία σε κεκλιμένο επίπεδο είναι από τα πιο σημαντικά μεγέθη στις ηλιακές εφαρμογές. Ο υπολογισμός της μπορεί να γίνει με βάση τη μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή αρκεί απλά να αθροίσουμε τις τιμές της μηνιαίας ακτινοβολίας, που αντιστοιχούν στην επιλεγμένη κλίση, για όλους τους μήνες του έτους [1.8]:

$$H_T = \sum_{i=1}^{12} H_{T_i} \quad (1.15)$$

Αυτό που μας ενδιαφέρει σε μια ηλιακή εφαρμογή είναι η εύρεση εκείνης της γωνίας κλίσης των συλλεκτών, που θα έχει ως αποτέλεσμα τη μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία (β_{opt}). Παλιότερες μελέτες υποδείκνυαν την επιλογή γωνίας ίση με το γεωγραφικό πλάτος ($\beta_{opt}=\varphi$) και κατεύθυνση προς τον νότο ($\gamma=0^\circ$) (για επιφάνειες στο βόρειο ημισφαίριο). Η πρόταση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι μια επιφάνεια θα δέχεται τη μέγιστη ακτινοβολία όταν αυτή προσπίπτει κάθετα σε αυτή. Επομένως η βέλτιστη κλίση για μια επιφάνεια που βρίσκεται σε γεωγραφικό πλάτος φ και είναι στραμμένη προς τον νότο προκύπτει από το μέγεθος $\varphi+\delta$, όπου δ η απόκλιση. Η γωνία αυτή κυμαίνεται μεταξύ $\varphi+23,45^\circ$ τον χειμώνα (21 Δεκεμβρίου) και $\varphi-23,45^\circ$ το καλοκαίρι (21 Ιουνίου). Είναι λογικό επομένως να επιλεγεί η μέση τιμή της μεταβολής αυτής της γωνίας, για να έχουμε τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή γωνία ίση με το γεωγραφικό πλάτος φ . Διαφορετικά σκεπτόμενοι μπορούμε να πούμε ότι η επιλογή γωνίας κλίσης ίσης με το γεωγραφικό πλάτος ισοδυναμεί με μια οριζόντια επιφάνεια στο επίπεδο του ισημερινού και η οριζόντια επιφάνεια αυτή θα έχει τη μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία.

Νεότερες μελέτες έχουν δείξει ότι κάτι τέτοιο δεν είναι απόλυτα ακριβές. Η βέλτιστη γωνία κλίσης προκύπτει σημαντικά μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος και η απόκλιση αυτή μεγαλώνει ταυτόχρονα με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε κάποιους παράγοντες, οι οποίοι καταδεικνύουν και τις αδυναμίες-παραδοχές της προηγούμενης πρότασης:

- Μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, συνεπάγεται μεγαλύτερη διαφορά στη διάρκεια της μέρας ανάμεσα στο καλοκαίρι και τον χειμώνα και επομένως μεγαλύτερη διαφορά στην ηλιακή ακτινοβολία.
- Ο καιρός είναι στη γενική περίπτωση καλύτερος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό.
- Η συνιστώσα της διάχυτης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη σε μικρότερες τιμές της γωνίας κλίσης του επιπέδου.
- Υπάρχει λιγότερη ατμοσφαιρική απορρόφηση όταν ο ήλιος είναι ψηλότερα στον ουρανό.
- Μικρότερες γωνίες κλίσης μειώνουν τη διάρκεια που ο ήλιος βρίσκεται πίσω από την επιφάνεια (κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου).

Η ανάλυση που έχει γίνει παραπάνω για την εύρεση της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο λαμβάνει υπ' όψιν τους παραπάνω παράγοντες, για αυτό τον λόγο παρατηρούμε το β_{opt} να είναι μικρότερο από το γεωγραφικό πλάτος. Μια πολύ χρήσιμη προσεγγιστική σχέση που συνδέει την βέλτιστη γωνία κλίσης με το γεωγραφικό πλάτος είναι η εξής:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \varphi \quad (1.16)$$

Επιπλέον όσον αφορά τον απόλυτα νότιο προσανατολισμό ($\gamma=0^\circ$), αυτός θεωρείται βέλτιστος, όταν στη περιοχή που τοποθετούνται τα φ/β πλαίσια, ο άξονας Α-Δ (**Ανατολή-Δύση**) δεν παρουσιάζει εμπόδια που μπορεί να δημιουργήσουν μείωση στη διάρκεια της ημερήσιας ηλιοφάνειας. Για παράδειγμα αν υποθέσουμε ότι τα φ/β πλαίσια τοποθετούνται σε μια περιοχή, όπου στα ανατολικά υπάρχει ένα ψηλό βουνό, έστω και σε μεγάλη απόσταση,

τότε όπως είναι αναμενόμενο χάνεται ένα μέρος της ηλιοφάνειας κατά την ανατολή του ήλιου και μέχρι αυτός να ξεπεράσει σε ύψος την κορυφή του βουνού. Αν ακόμα υποθέσουμε ότι στα δυτικά δεν υπάρχει κάποιο αντίστοιχο εμπόδιο, αλλά ο ορίζοντας είναι ανοιχτός, τότε προκύπτει μια ασυμμετρία ως προς την πρόσληψη ηλιακής ακτινοβολίας από τα φ/β στοιχεία κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Επομένως είναι φανερό ότι ο απόλυτα νότιος προσανατολισμός δεν είναι βέλτιστος για την περιοχή που περιγράφηκε. Η βέλτιστη λύση είναι να στραφούν οι συστοιχίες προς τα δυτικά και υπό τέτοια γωνία, ώστε να μεγιστοποιείται η ημερήσια προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία[1.10].

1.6 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

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

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

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

Η εκδήλωση της τάσης αυτής ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η διάταξη αποτελεί μια πηγή ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου. Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται κατάλληλη ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, που η τιμή του θα είναι ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά το στοιχείο[1.4].

1.7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Το ηλιακό φως είναι ουσιαστικά μικρά πακέτα ενέργειας που λέγονται φωτόνια. Τα 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 γνωστόν ο ηλεκτρισμός δεν είναι τίποτε άλλο παρά κίνηση ηλεκτρονίων. Σ' αυτή την απλή αρχή της φυσικής λοιπόν βασίζεται μια από τις πιο εξελιγμένες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρισμού στις μέρες μας.

Τα ηλιακά κελιά που συναντάμε στα κομπιουτεράκια και στους τεχνητούς δορυφόρους, είναι φωτοβολταϊκά κελιά ή συστήματα (σύνολο από κελιά, ηλεκτρικά συνδεδεμένα και πακεταρισμένα σε ένα πλαίσιο). Το φωτοβολταϊκό κελί, όπως υποδεικνύει η λέξη,(φωτο=φως, βολταϊκό=ηλεκτρισμός) μετατρέπει άμεσα το φως σε ηλεκτρισμό. Ενώ

κάποτε έβρισκαν χρήση σχεδόν αποκλειστικά στο διάστημα, τώρα πια χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε καθημερινή βάση και στη γη.

Τα φωτοβολταϊκά (PV) κελιά είναι κατασκευασμένα από ειδικά υλικά, τους ημιαγωγούς με κυριότερα το Γερμάνιο, το Πυρίτιο και το Σελήνιο. Από αυτά το πιο σημαντικό είναι το πυρίτιο, γιατί βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στη φύση. Ουσιαστικά, όταν πέφτει φως σε ένα κελί, μια συγκεκριμένη ποσότητα αυτού απορροφάται μέσα στο ημιαγωγικό υλικό. Αυτό σημαίνει ότι η ενέργεια του φωτός που απορροφάται, μεταφέρεται στον ημιαγωγό. Η απορροφούμενη ενέργεια από τα άτομα προκαλεί την απελευθέρωση ηλεκτρονίων από τα άτομα, επιτρέποντάς τους να περιφέρονται ελεύθερα. Τα PV κελιά έχουν ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά πεδία, τα οποία κατευθύνουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η ομαδική κίνηση ηλεκτρονίων προς μια κατεύθυνση ονομάζεται ρεύμα και τοποθετώντας μεταλλικές επαφές στην κορυφή και την βάση του PV κελιού μπορούμε να πάρουμε αυτό το ρεύμα και να το χρησιμοποιήσουμε εξωτερικά. Για παράδειγμα, το ρεύμα αυτό μπορεί να τροφοδοτήσει ένα κομπιουτεράκι. Αυτό το ρεύμα μαζί με την τάση που δημιουργεί το κελί (η οποία είναι αποτέλεσμα του ενσωματωμένου ηλεκτρικού πεδίου), προσδιορίζει την ενέργεια που παράγει το ηλιακό κελί [1.11].

1.8 ΧΡΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα υπάρχουν σε πολλά μεγέθη, αλλά συνήθως ένα κύτταρο 10cm x 10cm παράγει μισό βολτ. Τα κύτταρα συνδέονται μαζί για να παράγουν υψηλότερες τάσεις και παρεχόμενη ισχύ. Μια ενότητα 12-βολτ, παραδείγματος χάριν θα μπορούσε να έχει 30 έως 40 κύτταρα PV. Μια ενότητα που παράγει 50 Watt έχει μέγεθος 40cm x 100cm. Τα Φ/β κύτταρα δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτικά, μετατρέποντας μόνο 12 έως 15 τοις εκατό του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, αλλά τα εργαστηριακά πρωτότυπα φθάνουν σε 30 τοις εκατό αποδοτικότητας.

Αν και τα φωτοβολταϊκά (Φ/β) παράγουν συνεχές ρεύμα (DC), (το είδος ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις μπαταρίες) και οι λάμπες μπορούν να λειτουργήσουν με συνεχές ρεύμα, οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές απαιτούν εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) 220-βολτ. Μια συσκευή γνωστή ως αντιστροφέας (inverter) μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. Οι αντιστροφείς ποικίλλουν σε μέγεθος και σε ποιότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχουν. Οι λιγότερο ακριβοί αντιστροφείς είναι κατάλληλοι για απλά φορτία, όπως φώτα και υδραντλίες, αλλά οι περισσότερο ποιοτικοί που δίνουν καλής ποιότητας κυματομορφή απαιτούνται για να τροφοδοτήσουν ηλεκτρονικές συσκευές όπως τηλεοράσεις, στερεοφωνικά συγκροτήματα, φούρνους μικροκυμάτων και υπολογιστές.

Ένα σύνθετο Φ/β σύστημα αποτελείται από τα πλαίσια, το σύστημα διαχείρισης ενέργειας και τις μπαταρίες. Ο αριθμός των πλαισίων επιλέγεται αναλόγως του επιθυμητού ρεύματος απορρόφησης ανά ημέρα/εβδομάδα. Το σύστημα διαχείρισης ενέργειας αποτελείται από τις ηλεκτρονικές συσκευές που παίρνουν την τάση και ρεύμα που δίνουν τα πλαίσια και τη μεταβιβάζουν αναλόγως στα ac/dc φορτία ή και τις μπαταρίες για φόρτιση. Οι μπαταρίες επιλέγονται σε αριθμό και χωρητικότητα (Ah) βάση τις απαιτούμενης ισχύος σε Wh (Bat ανά ώρα). Οι εφαρμογές των φωτοβολταϊκών μπορούν να χωρισθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Απλό ή ανεξάρτητο φωτοβολταϊκό σύστημα
- Φωτοβολταϊκό σύστημα με αποθήκευση σε μπαταρίες
- Φωτοβολταϊκό σύστημα συνδεδεμένο στον οργανισμό κοινής ωφελείας
- Φωτοβολταϊκό σύστημα σε επίπεδο εργοστασίου παραγωγής ενέργειας
- Μικτά / Υβριδικά συστήματα

Η ενέργεια παράγεται όπου και όταν χρειάζεται και το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι απλό σε όλα τα στάδια - από την καλωδίωση, την αποθήκευση του έως και τα κέντρα

ελέγχου του. Τα μικρά συστήματα (έως 500W) έχουν χαμηλό βάρος και είναι πολύ εύκολα στη μεταφορά και στην εγκατάστασή τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η εγκατάσταση ενός συστήματος διαρκεί μερικές ώρες. Ένα παράδειγμα είναι οι αντλίες νερού που απαιτούν συχνή συντήρηση, ενώ το φωτοβολταϊκό σύστημα που τις τροφοδοτεί με ηλεκτρικό απαιτούν μόνο ένα περιοδικό έλεγχο της κατάστασής του και καθαρίσμα. Εμείς κυρίως θα ασχοληθούμε με την περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος συνδεδεμένου στον οργανισμό κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ) και πώλησης ρεύματος σε αυτή [1.12].

1.9 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η περιβαλλοντική μελέτη του έργου που περιλαμβάνει τα στοιχεία της περιοχής, της έκτασης εκπόνησης του έργου και τέλος το ηλιακό **δυναμικό** της περιοχής.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η οικονομική μελέτη του έργου, δηλαδή το επιχειρηματικό σχέδιο της εταιρίας, οι επιχορηγήσεις που λαμβάνει, ο τρόπος αποπληρωμής δανείου μέσω της λειτουργίας της εγκατάστασης και τέλος το ασφαλιστικό πακέτο που καλύπτει όλα τα στάδια κατασκευής και λειτουργίας του έργου.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι κρατικοί και μη φορείς που απευθύνεται η εταιρία ώστε να πάρει όλες τις απαιτούμενες άδειες για την αρχή λειτουργίας της εγκατάστασης και η ανάλυση των αδειών αυτών και τέλος τα κριτήρια που πρέπει να εκπληρώνει η εταιρία ώστε να **γίνουν αποδεκτές οι αιτήσεις της προς τους αρμόδιους φορείς**.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η τεχνικοοικονομική μελέτη που παραδίδεται στην ΔΕΗ ώστε να πάρει την άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνικοοικονομική μελέτη περιλαμβάνει και κάποια στοιχεία της περιβαλλοντικής μελέτης και ένα χρονοδιάγραμμα ολόκληρης της διαδικασίας.

Στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται αναλυτικά τα μέρη που απαρτίζουν την εγκατάσταση και οι τεχνολογίες που προτιμούνται.

Τέλος στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται η μελέτη του διασυνδεδεμένου δικτύου, ποια μέρη επιλέγονται, πως συνεργάζονται μεταξύ τους, η διαστασιολόγηση της εγκατάστασης και η τελική εμφάνιση του πάρκου.

1.10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>, "Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας"
- [1.2] <http://www.pvsunenergy.gr/>
- [1.3] <http://www.ilioaeroenergiaki.gr>, "Ιστορία του Ήλιου - Ηλιακή ενέργεια"
- [1.4] <http://ape.chania.teicrete.gr>, "Τεχνολογία και ήλιος"
- [1.5] <http://exikonomisi.blogspot.com>, "Μια σύντομη ματιά στην ιστορία του φωτοβολταϊκού"
- [1.6] <http://www.rae.gr>, "Έκθεση της Ρ.Α.Ε., Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Επικαιροποιημένη έκθεση Μαΐου 2002"
- [1.7] <http://www.rgasystems.gr>, "Ηλιακή Ενέργεια"
- [1.8] T. Markvart, "Ηλεκτρισμός από Ηλιακή Ενέργεια", Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2003
- [1.9] Π. Σ. Γεωργιάκης, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2006
- [1.10] J. Duffie and W.Beckman, "Solar Engineering of Thermal Processes", 2nd Edition, Εκδόσεις Wiley-Interscience, Νέα Υόρκη Νοέμβριος 1991
- [1.11] <http://www.sk-solar.gr>, "Προφίλ Εταιρίας"
- [1.12] www.conergy.com "Βασικές πληροφορίες για τα φωτοβολταϊκά"

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνει η περιβαλλοντική μελέτη του έργου που διαπραγματευόμαστε. Συγκεκριμένα, τα στοιχεία της περιοχής, της έκτασης εκπόνησης του έργου και τέλος το ηλιακό δυναμικό της περιοχής που είναι και το πιο σημαντικό ώστε να γίνει γνωστό αν μπορεί το έργο να εκπληρώσει τη τιμή ισχύος που έβαλε ως στόχο η εταιρία και την κλίση που θα έχει η συστοιχία των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Να αναφέρουμε ότι μερικά στοιχεία της περιβαλλοντικής μελέτης δεν αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο αλλά στο κεφάλαιο 5 (τεχνικοοικονομική μελέτη).

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ – ΕΚΤΑΣΗ – ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗ ΥΠΑΓΩΓΗ

Το έργο θα κατασκευαστεί στη κοινότητα Μάσαρη, του δήμου Αρχαγγέλου του νομού Δωδεκανήσου και σε ευθεία απόσταση περίπου 43 χιλιομέτρων από το κέντρο της πόλης της Ρόδου. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες σύμφωνα με το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς είναι $37^{\circ} 12'00.00''$ N και $26^{\circ} 18'00.00''$ E. Η περιοχή όπου είναι εγκατεστημένο το εργοστάσιο απέχει:

- 2 Km από τον κοντινότερο οικισμό
- 10 Km από τον κοντινότερο αρχαιολογικό χώρο που βρίσκεται στην περιοχή της Λίνδου
- 5 Km από τις κοντινότερες μεγάλες δασικές εκτάσεις
- Στη γύρω περιοχή δεν υπάρχουν κτίρια ευαίσθητων χρήσεων, όπως νοσοκομεία.

Οδικώς το οικόπεδο εξυπηρετείται από δίκτυο αγροτικών δρόμων από διάφορα σημεία και από την παλαιά εθνική οδό. Η έκταση που βρίσκεται εγκατεστημένο το έργο είναι ιδιόκτητο οικόπεδο έκτασης 10 στρεμμάτων. Το έργο υπάγεται στην Υπηρεσία περιβάλλοντος της Νομαρχίας Ν. Δωδεκανήσου [2.1].

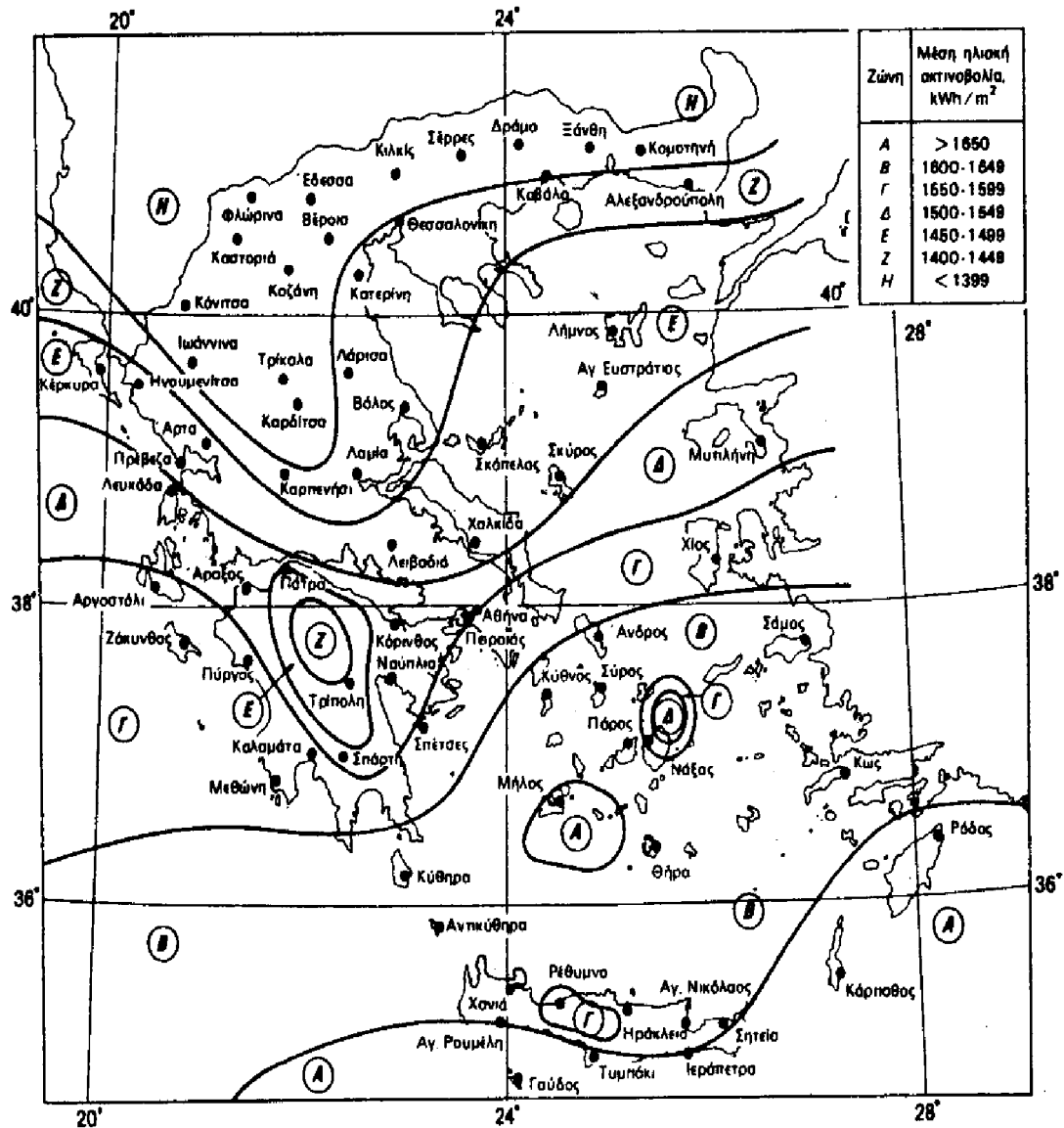


Σχήμα 2.1: Μορφολογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής

2.2 ΜΕΤΕΡΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.2.1 Ηλιακό δυναμικό στην Ελλάδα

Η τοποθεσία ενός φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει την παραγόμενη ισχύ, λόγω των καιρικών φαινομένων της συγκεκριμένης περιοχής και της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται. Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας θεωρείται από τα υψηλότερα της Ευρώπης, κάνοντας τα φ/β ελκυστικά για αξιοποίηση. Όμως δεν μπορούν να εξαχθούν ανάλογα συμπεράσματα για όλες τις περιοχές τις χώρας, καθώς κάποια σημεία δέχονται υψηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας (π.χ. νησιά νοτιοανατολικού Αιγαίου), ενώ άλλα πολύ χαμηλότερα (π.χ. βόρεια Ελλάδα). Για αυτό το λόγο ακολουθεί η παρακάτω ανάλυση, που σκοπό έχει να δείξει τις περιοχές μεγάλου ηλιακού δυναμικού, αλλά και την εύρεση της βέλτιστης κλίσης ανά τοποθεσία. Ο ελλαδικός χώρος μπορεί να χωριστεί σε εφτά ζώνες ανάλογα με το ποσό της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται.



Σχήμα 2.3: Κατανομή της μέσης συνολικής ετήσιας έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

Από τον παραπάνω χάρτη είναι εμφανή τα σημεία που έχουν υψηλές τιμές ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας και είναι τα νησιά του νότιου, νοτιοανατολικού Αιγαίου και η Κρήτη. Αν συγκρίνουμε την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία στις περιοχές με υψηλό δυναμικό με αυτές που έχουν το χαμηλότερο, τότε οι πρώτες εμφανίζονται να έχουν ετήσια ηλιακή ακτινοβολία κατά 25% περίπου υψηλότερο. Παρακάτω επιλέγονται επτά πόλεις της Ελλάδας, μια από κάθε περιοχή και υπολογίζεται η βέλτιστη γωνία κλίσης και η αντίστοιχη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Ως αφετηρία χρησιμοποιείται η τιμή της ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο.

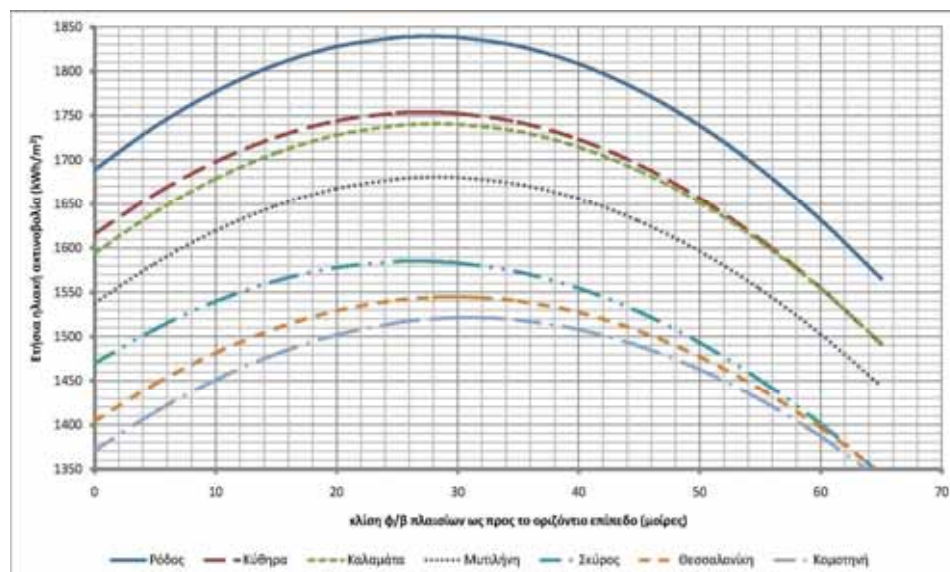
Πίνακας 2.1: Συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία και γεωγραφικό πλάτος ανά ζώνη και πόλη

Πόλη	Ζώνη	Συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο H (kWh/m ²)	Γεωγραφικό Πλάτος ϕ (μοίρες)
Ρόδος	A	1686	36,17
Κύθηρα	B	1615	36,17
Καλαμάτα	Γ	1596	37,03
Μυτιλήνη	Δ	1539	39,10
Σκύρος	E	1480	38,90
Θεσσαλονίκη	Z	1403	40,64
Κομοτηνή	H	1368	41,10

Πίνακας 2.2: β_{opt} και συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για β_{opt}

Πόλη	Ζώνη	β_{opt} (μοίρες)	Συνολική ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για β_{opt} (kWh/m ²)	$\phi - \beta_{opt}$ (μοίρες)
Ρόδος	A	28	1839,43	8
Κύθηρα	B	27	1754,08	9
Καλαμάτα	Γ	28	1740,83	9
Μυτιλήνη	Δ	28	1680,50	11
Σκύρος	E	27	1585,15	12
Θεσσαλονίκη	Z	30	1544,79	11
Κομοτηνή	H	31	1521,38	10

Παρατηρείται ότι για τη γωνία κλίσης που επιλέχθηκε για τις παραπάνω πόλεις η συνολική ετήσια ακτινοβολία της Ρόδου έχει τη μεγαλύτερη τιμή, που σημαίνει ότι υπάρχει ένα κίνητρο παραπάνω για τη δημιουργία του έργου στη περιοχή. Οπότε όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τη κλίση θα έχουμε το παρακάτω σχήμα [2.2].



Σχήμα 2.4: Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας συναρτήσει της κλίσης για επτά πόλεις της Ελλάδας

2.2.2 Κλιματολογικές συνθήκες της Περιοχής της Ρόδου

Η μορφολογία του εδάφους και η θέση της Ρόδου στο κέντρο της Μεσογείου έχουν άμεση απήχηση στο κλίμα του νομού Δωδεκανήσου, που χαρακτηρίζεται εύκρατο μεσογειακό και ιδιαίτερα ξηροθερμικό, με την ηλιοφάνεια να καλύπτει το 80% των ημερών του έτους. Ο χειμώνας είναι ήπιος και ο καιρός από το Δεκεμβριο μέχρι τον Μάρτιο χαρακτηρίζεται κρύος, όχι όμως παγερός, ενώ δε βρέχει συχνά. Χιόνι στην περιοχή έχει να παρατηρηθεί από το 1992 πράγμα που δείχνει τη σπανιότητα του φαινομένου. Τον Απρίλη ο καιρός είναι γλυκός κι ευχάριστος και είναι λίγες η φορές που η λιακάδα μπορεί ξαφνικά να αντικατασταθεί από λίγη βροχή. Τον Οκτώβρη σπάνια βρέχει, ο καιρός διατηρείται ζεστός και ήπιος και το μπάνιο στην θάλασσα είναι ακόμη ευχάριστο. Ο Μάης και ο Σεπτέμβρης είναι κατά κανόνα ηλιόλουστοι, αλλά όχι υπερβολικά ζεστοί. Το καλοκαίρι όμως είναι αρκετά ζεστό και ξηρό. Ο Ιούνιος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι πιο ζεστοί μήνες του χρόνου χωρίς βροχοπτώσεις. Στα ημιορεινά και τα ορεινά του νομού η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, ενώ αντίθετα στα νότια παράλια και την πεδινή ενδοχώρα είναι κατά μερικούς βαθμούς υψηλότερη. Παρακατω παρουσιάζονται τα κύρια μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής [2.3].

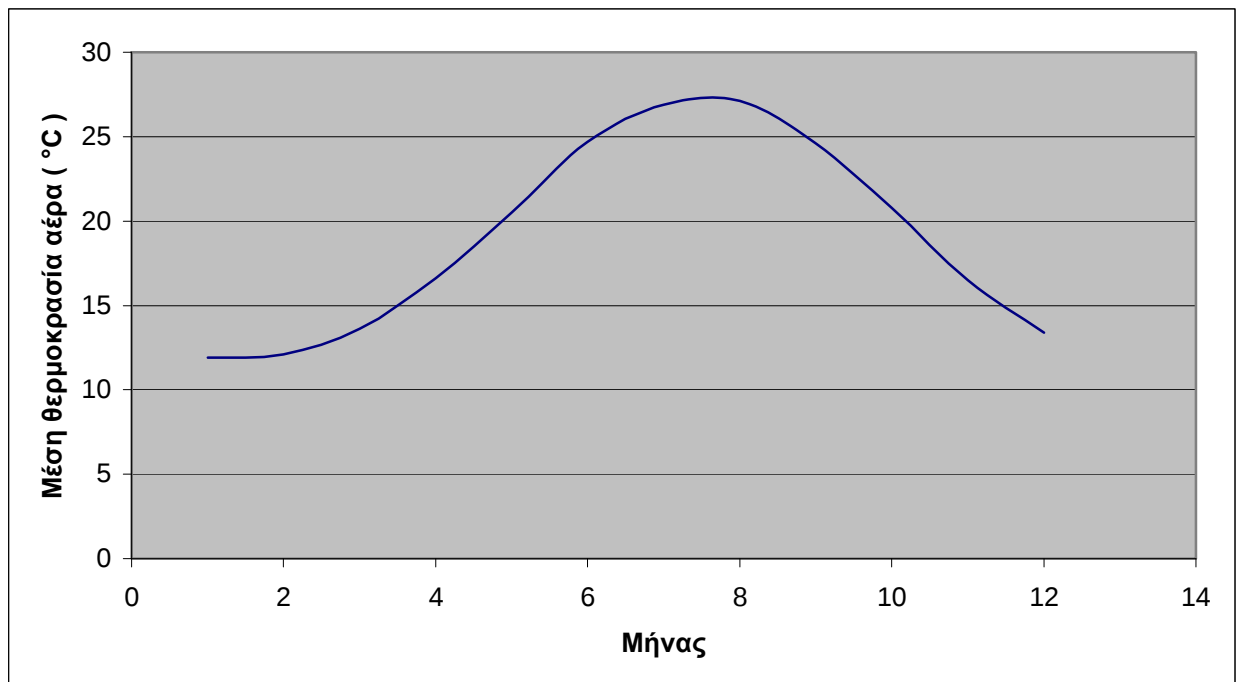
Πίνακας 2.3: Κλιματολογικά στοιχεία Ρόδου (Μέρος Α)

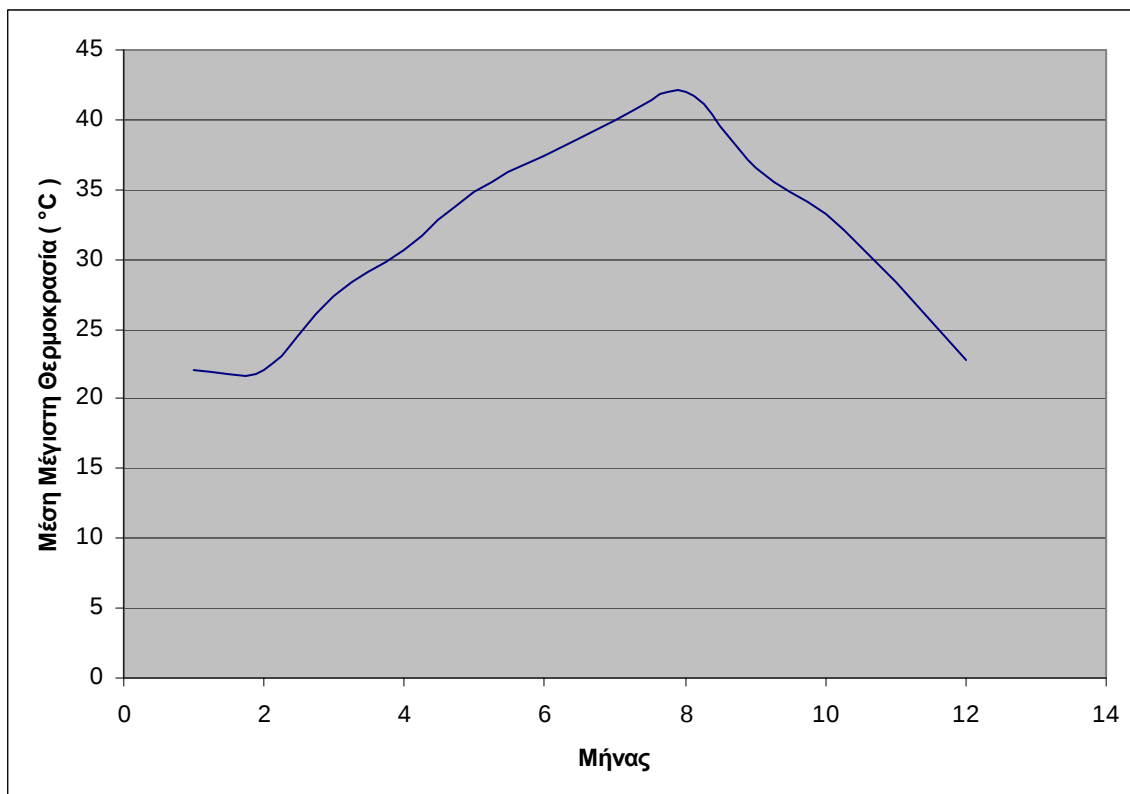
Μήνας	Ώρες ηλιοφάνειας	Βαρομετρική πίεση	Μέση θερμοκρασία αέρα	Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία	Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία
	h	mm Hg	°C	°C	°C	%
1	135,7	1015,7	11,9	22	-4	70,1
2	142	1014,8	12,1	22	-2,2	69,1
3	206	1013,4	13,6	27,4	0,2	68,7
4	246,7	1012	16,6	30,6	5,2	66,5
5	314,5	1011,7	20,5	34,8	5	64,4
6	355,5	1009,8	24,7	37,4	12,6	58,5
7	387,1	1006,9	26,9	40	14,6	57,6
8	373,3	1007,5	27,1	42	17	59,9
9	313,6	1011,4	24,6	36,6	10,6	61,4
10	239,6	1014,7	20,8	33,2	7,2	67,5
11	184,4	1016,4	16,5	28,4	2,4	71,4
12	142,1	1015,8	13,4	22,8	1,2	72,4
Σύνολο	3041					

Πίνακας 2.4: Κλιματολογικά στοιχεία Ρόδου (Μέρους Β)

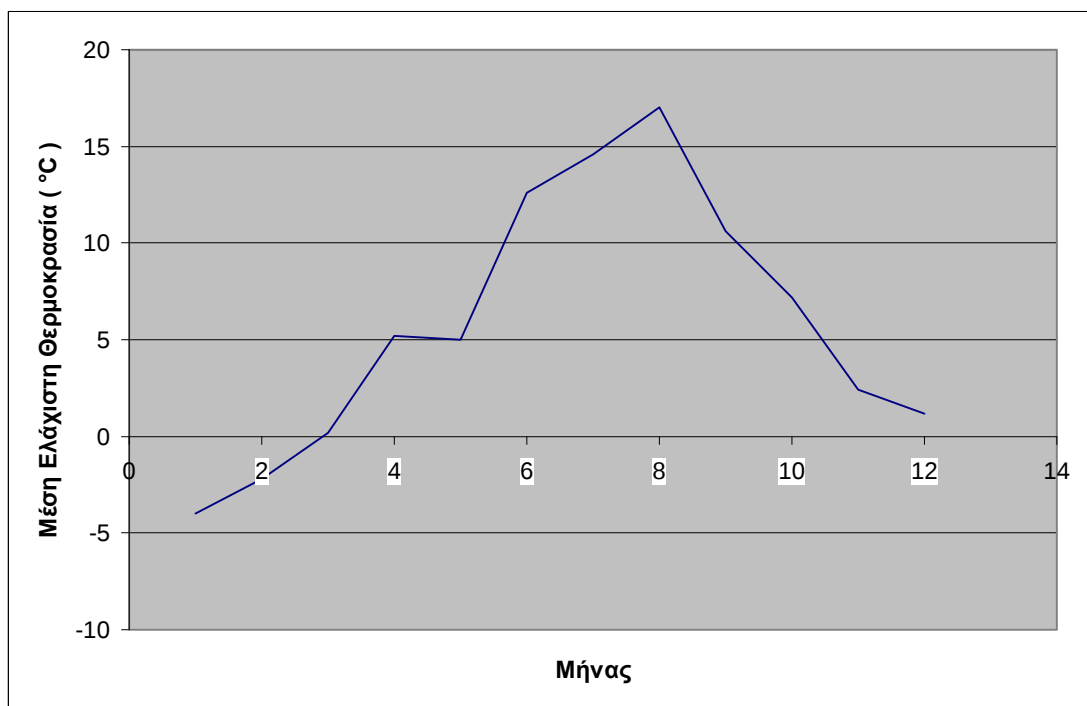
Μήνας	Μέση Νέφωση	Βροχό- πτωση	Διεύθυνση ανέμου	Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο	Ταχύτητα ανέμου
	όγδοα	σε mm				m/sec
1	4,3	149,6	Βορειοδυτι κή	54,91	25,44	3,4
2	4,2	105,7	Βορειοδυτι κή	65,56	29,69	3,6
3	3,9	75,6	Δυτική	104,72	41,92	4
4	3,5	27,8	Δυτική	128,61	48,22	4,4
5	2,7	18,6	Δυτική	164,72	49,08	4,2
6	1,1	2,3	Δυτική	183,06	42,17	5,7
7	0,3	0,4	Δυτική	184,17	45,94	6,1
8	0,3	0,2	Δυτική	176,11	39,36	5,7
9	0,8	5,8	Δυτική	140,28	32,75	4,6
10	2,4	65,5	Δυτική	99,72	31,36	3
11	3,5	94,1	Δυτική	65,83	23,58	3,2
12	4,2	157,4	Βορειοδυτι κή	51,11	22,39	3,4
Σύνολο				1418,80	431,92	

Και παρακάτω παρουσιάζονται τα στοιχεία αυτά σε καμπύλες.

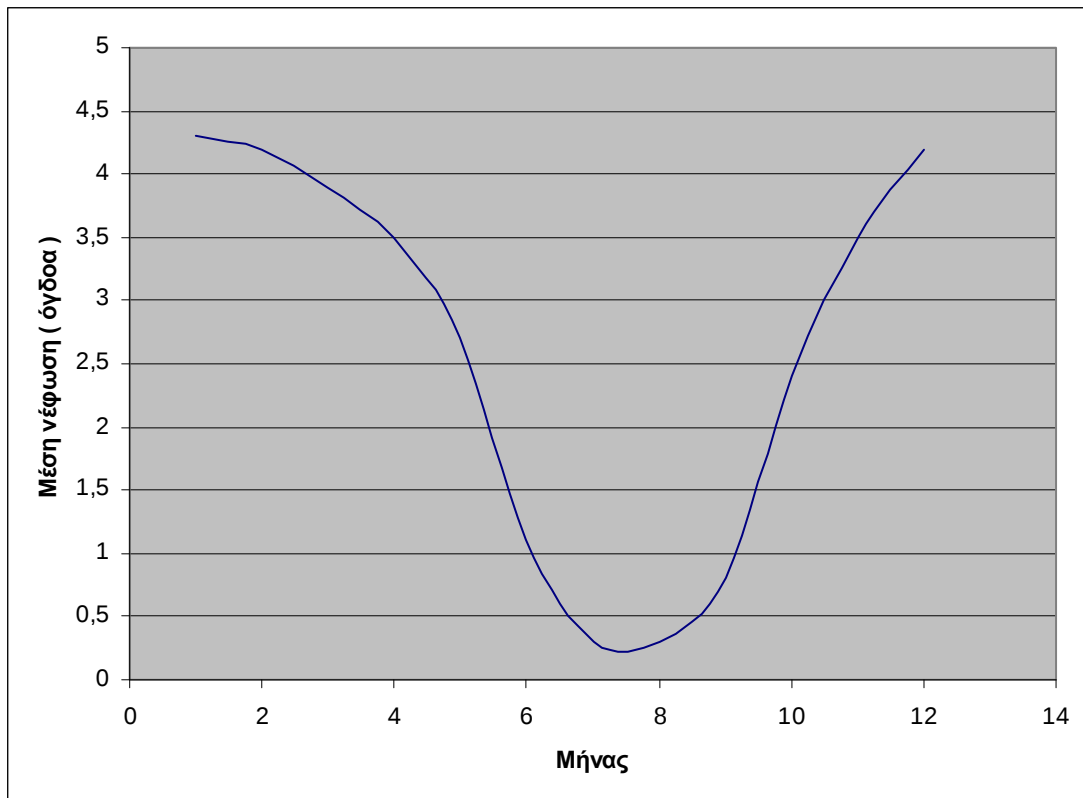
**Σχήμα 2.5:** Ετήσια στοιχεία θερμοκρασίας αέρα



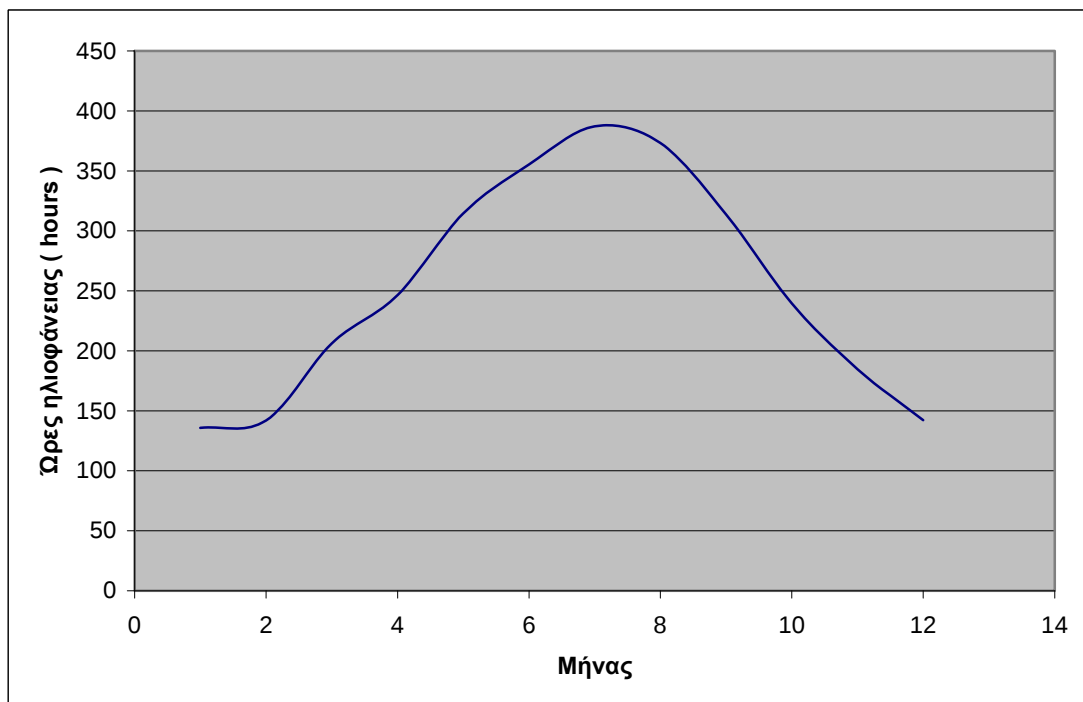
Σχήμα 2.6: Ετήσια στοιχεία μέσης μέγιστης θερμοκρασίας



Σχήμα 2.7: Ετήσια στοιχεία μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας



Σχήμα 2.8: Ετήσια στοιχεία μέσης νέφωσης

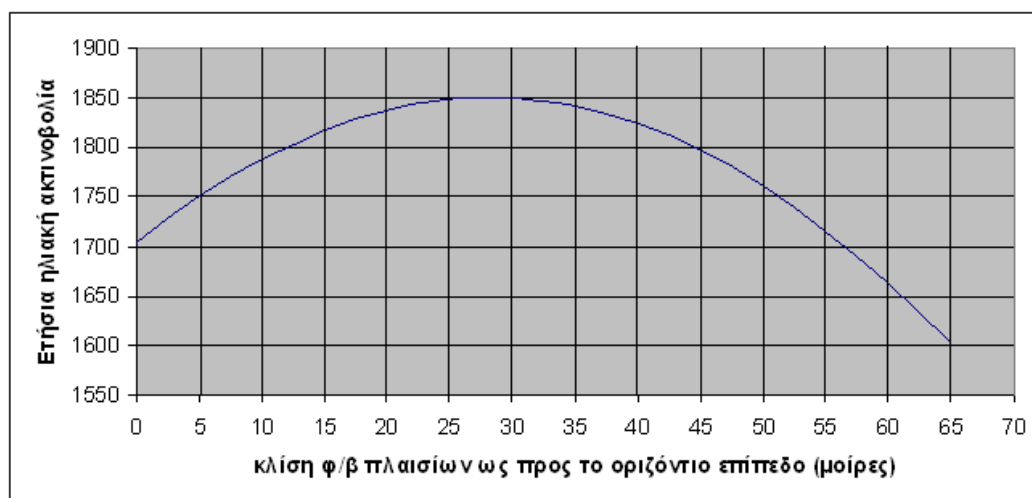


Σχήμα 2.9: Ετήσια στοιχεία ωρών ηλιοφάνειας

Όσον αφορά τώρα το ηλιακό δυναμικό της περιοχής της Ρόδου αξίζει να αναφερθούν ορισμένα πράγματα που θα μας οδηγήσουν στη βέλτιστη κλίση των φωτοβολταϊκών πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Αρχικός στόχος είναι η εύρεση της βέλτιστης κλίσης των φ/β συστοιχιών ως προς το οριζόντιο επίπεδο σε ετήσια βάση, δηλαδή εκείνη η κλίση που θα εξασφαλίσει τη μέγιστη ετήσια ηλιακή ακτινοβολία. Όσον αφορά την τιμή της αζιμούθιας γωνίας γ , προφανώς αυτή επιλέγεται μηδενική, δηλαδή επιλέγεται απόλυτα νότιος προσανατολισμός. Οι τιμές της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο στη Ρόδο, όπου θα εγκατασταθεί η φ/β γεννήτρια, καθώς και οι τιμές της για κλίσεις από 0° μέχρι 65° υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ η καμπύλη που προέκυψε φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Πίνακας 2.5: Τιμές ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας ανά κλίση

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο β (μοίρες)	Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία H_T (kWh/m ²)
0	1704
5	1750,5
10	1788,6
15	1817,88
20	1838,04
25	1848,86
26	1849,9
27	1850,55
28	1850,83
29	1850,72
30	1850,24
35	1842,12
40	1824,57
45	1797,71
50	1761,77
55	1717,04
60	1663,91
65	1602,84



Σχήμα 2.10: Καμπύλη τιμών ετήσιας ακτινοβολίας ανά κλίση

Παρατηρούμε ότι η βέλτιστη γωνία κλίσης είναι κοντά στις 28ο-29ο και διαφέρει σημαντικά από το γεωγραφικό πλάτος της Ρόδου που είναι 36,17°. Η βέλτιστη γωνία κλίσης προκύπτει σημαντικά μικρότερη από το γεωγραφικό πλάτος και η απόκλιση αυτή μεγαλώνει ταυτόχρονα με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στους παρακάτω παράγοντες:

- Μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, συνεπάγεται μεγαλύτερη διαφορά στη διάρκεια της μέρας ανάμεσα στο καλοκαίρι και τον χειμώνα και επομένως μεγαλύτερη διαφορά στην ηλιακή ακτινοβολία.
- Ο καιρός είναι στη γενική περίπτωση καλύτερος κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όπου ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό.
- Η συνιστώσα της διάχυτης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη σε μικρότερες τιμές της γωνίας κλίσης του επιπέδου.
- Υπάρχει λιγότερη ατμοσφαιρική απορρόφηση όταν ο ήλιος είναι ψηλότερα στον ουρανό.
- Μικρότερες γωνίες κλίσης μειώνουν τη διάρκεια που ο ήλιος βρίσκεται πίσω από την επιφάνεια (κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου) [1.10].

Ένα επίσης πολύ σημαντικό γεγονός που προκύπτει από τους υπολογισμούς είναι ότι για αποκλίσεις $\pm 5^\circ$ από τη βέλτιστη γωνία, η ετήσια ηλιακή ακτινοβολία μεταβάλλεται μόλις κατά 0,5%. Δηλαδή η μεταβολή της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας είναι ανεπαίσθητη για μικρές μεταβολές της κλίσης.

Είναι άξιο αναφοράς ότι θα μπορούσαν να γίνουν υπολογισμοί για επιλογή 2 διαφορετικών κλίσεων των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η επιλογή δύο κλίσεων στη διάρκεια ενός έτους γίνεται με σκοπό τη βελτίωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Στηρίζεται στο γεγονός ότι το καλοκαίρι ευνοούνται μικρές τιμές της κλίσης (συνήθως 10° - 25°), ενώ το χειμώνα μεγαλύτερες τιμές (45° - 60°). Επομένως η κλίση των συστοιχιών θα αλλάζει μεταξύ δύο θέσεων κάθε 6 μήνες. Ως καλοκαιρινούς μήνες θεωρούμε τους 6 μήνες με τις μεγαλύτερες τιμές ηλιακής ακτινοβολίας και ως χειμερινούς τους 6 με τις μικρότερες. Επομένως καλοκαιρινοί μήνες θεωρούνται οι μήνες από τον Απρίλιο μέχρι το Σεπτέμβριο, ενώ χειμερινοί από το Οκτώβριο μέχρι το Μάρτιο. Εφόσον η επιλογή έχει να γίνει μεταξύ των δύο παραπάνω εκδοχών, θεωρείται ότι το κέρδος που προσφέρει η εναλλαγή μεταξύ δύο κλίσεων όσον αφορά την προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία δεν αντισταθμίζει τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από μια τέτοια επιλογή.

Αρχικά η κλίση των 11° για το καλοκαίρι ευνοεί της επικάθηση σκόνης και άλλων ρύπων στη επιφάνεια των συλλεκτών και κάνει δύσκολη των απομάκρυνσή τους από τον αέρα. Το γεγονός αυτό μπορεί να μειώσει αρκετά την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς αυτή εξαρτάται άμεσα από τον συντελεστή ρύπανσης, αναιρώντας ουσιαστικά οποιοδήποτε κέρδος προέκυπτε από την προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον το κόστος του χειροκίνητου μηχανισμού των αρθρωτών στηριγμάτων είναι μεγαλύτερο από αυτό των σταθερών βάσεων στήριξης. Τελικά επιλέγεται η εκδοχή των αμετακίνητων στηριγμάτων σε γωνία 29° για όλη την διάρκεια του έτους.

2.3 Βιβλιογραφία

- [2.1] Στοιχεία της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ρόδου
- [2.2] Στοιχεία του Αστεροσκοπείου Αθηνών
- [2.3] Στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Ρόδου

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

3.1 ΙΔΡΥΣΗ ΕΤΑΙΡΙΑΣ

Η εκκίνηση εργασιών εκ του μηδενός ενός ιδιώτη μπορεί να αποδειχτεί περιπλοκή. Γι' αυτό παρακάτω αναφέρονται τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν αν θέλει ένας ιδιώτης να ασχοληθεί με την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών. Πρώτο βήμα είναι η σύσταση μιας Ομόρρυθμης Εταιρίας με μετόχους δύο (2) **τουλάχιστον** άτομα που επιβάλλεται σύμφωνα με το άρθρο 4 παρ.1 του Ν.3190/1955. Ανάλογα με το ποσό που θα καταβάλει το κάθε άτομο θα έχει το ανάλογο ποσοστό στην εταιρία. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα η εταιρία μας ανάγεται στην κατηγορία της «πολύ μικρής εταιρίας». Αυτή η κατηγοριοποίηση της εταιρίας μας θα μας βοηθήσει αργότερα στην εύρεση του ποσοστού χρηματοδότησης κεφαλαίου για το εγχείρημα μας.

Πίνακας 3.1: Κατηγοριοποίηση εταιρίας

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΤΑΙΡΙΩΝ ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ				
	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ	ΜΙΚΡΗ	ΜΕΣΑΙΑ	ΜΕΓΑΛΗ
Εργαζόμενοι	<10	<50	<250	>250
Κύκλος Εργασιών	<2 εκ. €	<10 εκ. €	<50 εκ. €	≥50 εκ. €
Σύνολο ενεργητικού	<2 εκ. €	<10 εκ. €	<43 εκ. €	≥43 εκ. €

Οι μέτοχοι της εταιρίας πρέπει να **γνωρίζουν** ότι η χρηματοδότηση για επενδύσεις που αφορούν τα φωτοβολταϊκά συστήματα πρέπει να είναι τουλάχιστον το 25% της συνολικού προϋπολογισμού του επενδυτικού σχεδίου, βάση του Αναπτυξιακού νόμου 3299/2004 που τέθηκε σε ισχύ την 1^η Ιανουαρίου 2007. Το ποσοστό αυτό της επένδυσης που έχει εγκριθεί με την απόφαση υπαγωγής, δεν είναι δυνατόν να μειωθεί μετά την έκδοση της απόφασης αυτής. Η ίδια συμμετοχή του επενδυτή του επενδυτικού σχεδίου που εντάσσεται στο καθεστώς ενίσχυσης της επιχορήγησης αποτελεί το εταιρικό κεφάλαιο. Ως ίδια συμμετοχή του επενδυτή για τους νεοϊδρυόμενους φορείς νοείται το καταβεβλημένο κεφάλαιο τους. Για τις υφιστάμενες εταιρίες νοείται ως:

- Το ποσό αύξησης του μετοχικού τους κεφαλαίου (με εισφορές σε μετρητά από τους εταίρους). Αυτό μπορεί να γίνεται και πριν την αίτηση υπαγωγής στο καθεστώς της επιχορήγησης, ωστόσο ισχύει η προϋπόθεση ότι αυτό πραγματοποιήθηκε μέσα στο τελευταίο έτος (12 μήνες) πριν την υποβολή της αίτησης.
- Κατά περίπτωση τα φορολογηθέντα αποθεματικά (πλην του τακτικού), χωρίς να απαιτείται αύξηση του μετοχικού κεφαλαίο, με την προϋπόθεση ότι τα αποθεματικά αυτά δεν μπορούν να διανεμηθούν πριν την παρέλευση πενταετίας από την έναρξη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω το εταιρικό κεφάλαιο της εταιρίας πρέπει να είναι της τάξεως των 150.000 ευρώ. Το ποσό αυτό θα είναι προϊόν χρηματοδότησης που θα παρθεί από δάνειο τράπεζας, η επιλογή της οποίας θα γίνει μετά από έρευνα αγοράς. **Επομένως** πρώτο βήμα είναι η **πρόσληψη** ενός λογιστή προκειμένου να γίνει η ίδρυση της εταιρίας μας και η σύνταξη του καταστατικού της.

3.2 ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ

Η οικονομική βιωσιμότητα ενός ενεργειακού επενδυτικού σχεδίου αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα για την προσέλκυση επενδυτικού ενδιαφέροντος. Επιπλέον σημαντικό ρόλο παίζει το ρίσκο που πάντα συνεπάγεται μια επένδυση. Η διαδικασία επιλογής ενός σχεδίου επένδυσης περιλαμβάνει συνήθως τα ακόλουθα στάδια:

- Το πρώτο είναι ο προσδιορισμός των εφικτών εναλλακτικών παραλλαγών του σχεδίου επένδυσης. Είναι σχέδια επενδύσεων τεχνικά ασυμβίβαστα, με την έννοια ότι η πραγματοποίησή του ενός αποκλείει την πραγματοποίηση των άλλων.
- Το δεύτερο, είναι η εκτίμηση της ροής των εσόδων και δαπανών που συνοδεύουν το έργο.
- Το τρίτο, είναι η αξιολόγηση των εναλλακτικών σχεδίων και η επιλογή ενός, το οποίο θα κατασκευασθεί.
- Το τέταρτο, είναι η παρακολούθηση και η καταγραφή των αποκλίσεων ως προς τις προβλέψεις, μετά την πραγματοποίησή του, για την άσκηση μιας θετικής κριτικής για το μέλλον.

Από όλα τα στάδια το πρώτο είναι ίσως το πιο σημαντικό, γιατί περιλαμβάνει την καταγραφή των εναλλακτικών σχεδίων και γενικότερα τις νέες ιδέες και τα **νέα** σχέδια για καρποφόρες επενδύσεις σε όλους τους τομείς. Το σημαντικότερο μειονέκτημα των φ/β εγκαταστάσεων είναι το υψηλό κόστος αγοράς των φ/β γεννητριών. Παρακάτω ακολουθεί μια τεchnοοικονομική ανάλυση του φ/β σταθμού παραγωγής 100 kWp. Αρχικά υπολογίζεται το κόστος προμήθειας και εγκατάστασης των φ/β γεννητριών [3.1].

Πίνακας 3.2: Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους

ΠΡΟΪΟΝ	ΜΟΝΑΔΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ
KYOCERA-KC 130 GHT-2	Τεμ.	756	620 €	468.720 €
SMA - SUNNY MINI CENTRAL 8000TL	Τεμ.	12	2.950 €	35.400 €
Συστήματα έλεγχου διαχείρισης ενέργειας	Τεμ.	1	3.000 €	3.000 €
Πρόσθετο υλικό για αντιστροφείς				1.200 €
Χωματουργικές οικοδομικές εργασίες				3.000 €
Εγκατάσταση φ/β συστοιχιών	Τεμ.	12	2.000 €	24.000 €
Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός				25.000 €
Λοιπά έξοδα (Γραφειοκρατικά κτλ)				2.500 €
Σύνολο				562.820 €

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η τιμή πώλησης της ενέργειας της εγκατάστασης που υλοποιήθηκε σύμφωνα με τον αναπτυξιακό νόμο 3468/2006. Εφόσον η περιοχή εκπόνησης του έργου ανήκει στα μη διασυνδεδεμένα νησιά με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη από 100kWp, τότε η τιμή της ενέργειας είναι 0, 50 €/kWh.

Πίνακας 3.3: Τιμή ενέργειας

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από:	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη ή ίση των 100kWp	0, 45	0, 5
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκές μονάδες, με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 100kWp	0, 4	0, 45

Τα κύρια σημεία του επενδυτικού σχεδίου αφορούν μια επένδυση της τάξεως των 600.000 €, όπου το 50% αυτής θα καλυφτεί μέσω επιχορήγησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το υπόλοιπο ποσό πρέπει να καλυφτεί με ίδια κεφάλαια της εταιρίας που θα προκύψουν από μια διαδικασία δανειοδότησης. Να αναφερθεί τέλος ότι το συμβόλαιο με τη Δ.Ε.Η για την πώληση ρεύματος σε αυτήν διαρκεί 10 + 10 χρόνια με μονομερή ανανέωση και για αυτό οι αναλύσεις παρακάτω γίνονται με διάρκεια τα είκοσι χρόνια [3.2].

3.3 ΔΑΝΕΙΑΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η εταιρία υποχρεούται εφόσον δεν έχει διαθέσιμο το κεφάλαιο των 300.000 € να προχωρήσει σε διαδικασία δανειοδότησης. Αυτή η διαδικασία

πρέπει να ξεκινήσει ταυτόχρονα με την περίοδο σύνταξης του φάκελου που κατατίθεται στη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), διότι ένας βασικός όρος για αποδοχή του φάκελου είναι η προέγκριση δανείου. Είναι άξιο αναφοράς ότι το καλοκαίρι του 2007, όταν είχε ήδη ανοίξει ο δρόμος για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ήταν σε έξαρση τα λεγόμενα πράσινα δάνεια. Όλες σχεδόν οι τράπεζες προσπάθησαν να εκμεταλλευτούν την τάση που ήθελε τον άνθρωπο να εκμεταλλεύεται προς οικονομικό του όφελος τη φύση. Αυτή η προσπάθεια οδήγησε σε εμφάνιση πολλών πράσινων δανειακών προϊόντων από τις τράπεζες με συνέπεια τον ανταγωνισμό σε όφελος του ιδιώτη.

Επισκεφτήκαμε επτά τράπεζες και η καθεμία από αυτές παρουσίασε τα προϊόντα της. Οι τράπεζες αυτές ήταν η Εμπορική Τράπεζα, η Τράπεζα Πειραιώς, η Αγροτική Τράπεζα, η Millennium Bank, η Τράπεζα Δωδεκανήσου, η Alpha Bank και τέλος η Citibank. Από αυτές οι τέσσερις είχαν δανειακά προϊόντα που να είναι χρήσιμα στην εταιρία. Οι υπόλοιπες απλά βλέποντας το ποσό επένδυσης ανέφεραν ότι το ποσό αυτό χορηγείται μέσω ενός δανείου κατοικίας, οι όροι του οποίου ήταν ασύμφοροι όσο αφορά την αποπληρωμή. Οι τέσσερις αυτές τράπεζες ήταν η Εμπορική Τράπεζα, η Τράπεζα Πειραιώς, η ALPHA Bank και η Αγροτική Τράπεζα.

Η Τράπεζα Πειραιώς είναι η μοναδική τράπεζα που πρωτοπορεί καθώς προσφέρει την υπηρεσία Leasing. Leasing (Χρηματοδοτική Μίσθωση) είναι ο όρος που χρησιμοποιείται διεθνώς για την απόκτηση από επιχειρήσεις παγίου εξοπλισμού μέσω μίσθωσης. Η εταιρία leasing κατόπιν εντολής του πελάτη της (μισθωτή) αγοράζει τον εξοπλισμό και στην συνέχεια τον μισθώνει στον μισθωτή. Η μίσθωση έχει συγκεκριμένη διάρκεια και στη λήξη της ο μισθωτής μπορεί να αγοράσει τον εξοπλισμό αντί προσυμφωνημένου τιμήματος. Ενδιάμεσα ο μισθωτής καταβάλλει τα μισθώματα σε τακτά διαστήματα. Leasing μπορεί να γίνει σε κάθε πάγιο εξοπλισμό που είναι απαραίτητος για τον επαγγελματικό σκοπό της επιχείρησης. Στην έννοια αυτή περιλαμβάνονται ακίνητα (επαγγελματική στέγη, αποθήκες κτλ), φορητά, χρωματουργικά μηχανήματα, αεροπλάνα, μηχανολογικός εξοπλισμός εργοστασίων, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, εξοπλισμός γραφείου κ.ά. Μεγάλο πλεονέκτημα του Leasing είναι ότι μέσω της μίσθωσης, η τράπεζα εγγυάται την βιωσιμότητα της επένδυσης, αφού δεν θα προχωρούσε σε μια αγορά που δεν έχει να της προσφέρει τίποτα. Αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχει δυνατότητα πρόωρης λήξης με κοινή συναίνεση των συμβαλλόμενων [3.3].

Όμως η διεύθυνση της τράπεζας βλέποντας ότι τα γραφειοκρατικά προβλήματα που προέκυπταν, καθυστερούσαν πολύ την αποπεράτωση διαδικασιών ώστε να ξεκινήσει η λειτουργία του έργου, αποφάσισε να κάνει πίσω στο θέμα Leasing. Όμως μέσω πράσινων προϊόντων της προσφέρει επιτόκιο αναγωγής 7% όπου μετά από την έρευνα αγοράς αποδείχτηκε η καλύτερη δυνατή πρόταση.

Παρακάτω παρουσιάζεται η βιωσιμότητα της επένδυσης και η οικονομική ανάλυση που περιλαμβάνει την απόδοση της επένδυσης με επιχορήγηση ιδίων κεφαλαίων, την καθαρά παρούσα αξία, τις αναλυτικές ροές καθώς και τη διαδικασία αποπληρωμής του δανείου σε δυο περιπτώσεις.

1.	Γενική Περιγραφή					
		MONAAA	Total Watt	cost/unit	m2/unit	Total Area
	Pcs	1.000	100.000	570.000	4,5	4.500
1.1	Συνολική Ισχύς Σταθμού					0,10000000 MW
	Στατιστικές Ώρες					1.350 h
1.2	Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας					135,0 MWh
						135000,00 KWh
1.3	Capacity Factor					15,41%
2.	Συνολική Επένδυση					
2.1	Κόστος Εξοπλισμού και Εγκατάστασης					600.000 €
2.2	Κόστος Απόκτησης Εκτασείας					0 €
2.3	Συνολικό Κόστος	100%				600.000 €
2.4	Επιχορήγηση	50,0%		%		300.000 €
2.5	Ίδια Συμμετοχή	25,0%		%		150.000 €
2.6	Δάνειο	25,0%				150.000 €
2.8	Επιτόκιο Αναγωγής					7,0%
2.9	Έξοδα Εξυπηρέτησης Δανείου					16.469,2 €
3.	Τιμές Πώλησης					
3.1	Τιμή πώλησης ενέργειας (με συντελεστή προσαύξησης 2,5% ετήσιος)					60.750,000 €/MWh
3.2	Πωλήσεις Ισχύος από Φ/Β					0,00 €/MW / μήνα
4	Ετήσια Αποτελέσματα (σε €)					
4.1	Έσοδα από πώληση ενέργειας					60.750 €
4.2	Έσοδα από πώληση ισχύος					0 €
4.3	Λειτουργικά Έξοδα (με 2,5% ετήσια αύξηση)					600 €
4.4	Έξοδα Ασφάλισης (με 2,5% ετήσια αύξηση)					1.000 €
4.5	ΑΕΝ ΓΣΧΥΕΙ Ανταποδοτικό τέλος ΟΤΑ (2% επί ακαθ. Εσόδων)					0 €
4.6	Συντελεστής Φόρων (Πίστωση Φόρου = 10%)					20%
4.7	Μικτό κέρδος (χωρίς εξυπηρέτηση δανείου)					59.150 €
5.	Δείκτες ανά KW					
5.1	Ύψος επένδυσης ανά KW					1500,00 €/KW
5.2	Μεσοσταθμικός Τζίρος ανά έτος & KW					35,65 €/KW / a
5.3	Μεσοσταθμικό Κέρδος ανά έτος & KW					23,51 €/KW / a
6.	Δείκτες Χρηματικών Ροών					
6.1	Καθαρή Παρούσα Αξία (€)-NPV					404.045
6.2	IRR (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)					27,6%
6.3	Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής (έτη)					4,5

Σχήμα 3.1: Βιωσιμότητα της επένδυσης

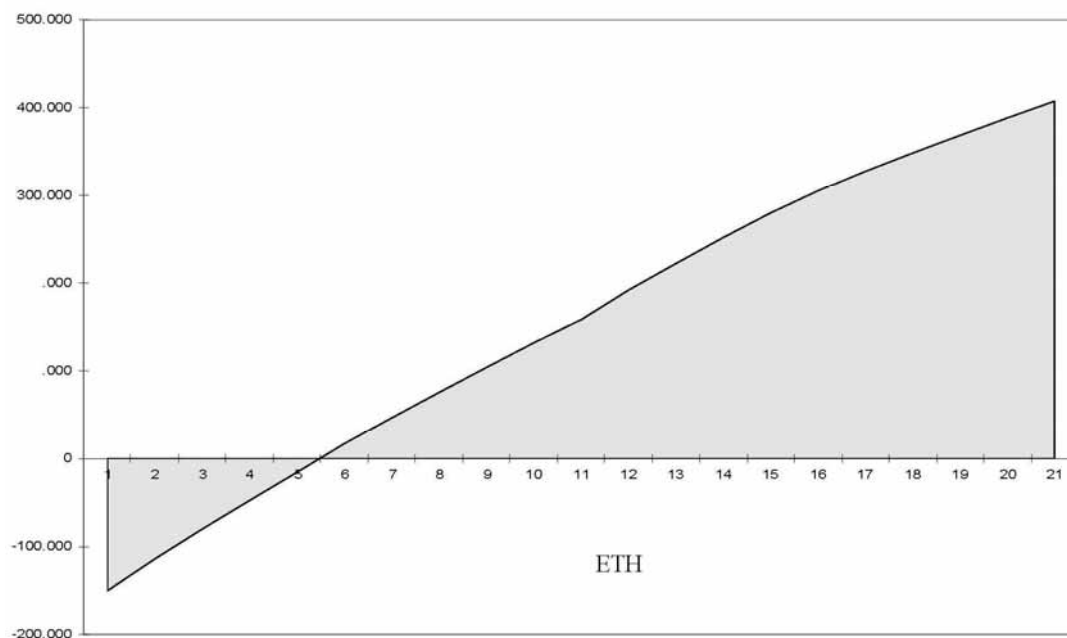
Απόδοση της Επένδυσης με Επιχορήγηση επί των Ιδίων Κεφαλαίων (Μετά Τοκοχρεολυσίων και Φόρων)											
Έτος	Εσοδα*	Λειτουργικές Δαπάνες	Τέλος ΟΤΑ	Μικτό Κέρδος	Αποσβέσεις	Χρεολύσια	Τόκοι	Φόροι	Καθαρή Χρηματική Ροή	Αθροιστική Χρηματική Ροή	Παρούσα Αξία
0									-150.000	-150.000	-150.000
1	60.750	1.600	0	59.150	20.000	5.969	10.500	5.730	36.951	-113.049	-113.049
2	62.269	1.640	0	60.629	20.000	6.387	10.082	6.109	38.050	-74.999	-74.999
3	63.825	1.681	0	62.144	20.000	6.834	9.635	6.502	39.173	-35.826	-35.826
4	65.421	1.723	0	63.698	20.000	7.313	9.157	6.908	40.321	4.495	-1.331
5	67.057	1.766	0	65.291	20.000	7.824	8.645	7.329	41.492	45.987	31.005
6	68.733	1.810	0	66.923	20.000	8.372	8.097	7.765	42.688	88.676	53.693
7	70.451	1.856	0	68.596	20.000	8.958	7.511	8.217	43.910	132.585	73.854
8	72.213	1.902	0	70.311	20.000	9.585	6.884	8.685	45.156	177.742	102.185
9	74.018	1.949	0	72.069	20.000	10.256	6.213	9.171	46.428	224.170	129.666
10	75.868	1.998	0	73.870	20.000	10.974	5.495	9.675	47.726	271.896	156.316
11	77.777	2.048	0	75.729	20.000	11.742	4.727	10.200	49.053	320.949	183.192
12	79.744	2.099	0	77.645	20.000	12.561	3.905	10.747	50.403	371.352	210.334
13	81.769	2.152	0	79.617	20.000	13.434	3.025	11.312	51.775	423.127	237.789
14	83.852	2.206	0	81.646	20.000	14.364	2.084	11.897	53.178	476.305	265.609
15	85.993	2.261	0	83.732	20.000	15.352	1.077	12.500	54.605	530.910	293.849
16	88.192	2.317	0	85.875	0	0	0	13.869	55.477	586.387	322.668
17	90.450	2.375	0	88.075	0	0	0	14.216	56.864	643.251	352.117
18	92.767	2.435	0	90.332	0	0	0	14.571	58.286	701.537	382.250
19	95.144	2.495	0	92.649	0	0	0	14.936	59.743	761.280	413.119
20	97.581	2.558	0	95.023	0	0	0	15.309	61.236	822.516	444.845

Επιτόκιο Αναγωγής **6,0%**
 Καθαρή Παρούσα Αξία (€) **404.045**
 IRR **27,58%**
 ΕΠΑ (6%) **4,53**
 ΠΑ **3,89**

* Τα έσοδα παρουσιάζουν ετήσια αύξηση 2,5% (μέχρι το δέκατο έτος και μετά λόγω πτώσης απόδοσης της εγκατάστασης)

Τα έτη 11,12,15,16 το σύστημα παρουσιάζει πτώση απόδοσης 5% κάθε έτος με αποτέλεσμα ο τελικός συντελεστής να κυμαίνεται στο 95% το έτος 11, στο 90% τα έτη 12,13,14, στο 85% το έτος 15 και στο 80% τα έτη 16,17,18,19,20.

Σχήμα 3.2: Απόδοση επένδυσης με επιχορήγηση ιδίων κεφαλαίων



Σχήμα 3.3: Καθαρά παρούσα αξία

ΕΤΗΣΙΑ ΠΟΣΑ σε Ευρώ																				
Α/Α	ΧΡΗΜΑΤΙΚΕΣ ΕΞΙΣΧΥΣΕΙΣ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Επένδυση																			
1.1	Όλα Συμμετοχή	-150.000																		
1.2	Επιδότηση	-300.000	300.000																	
1.3	Δάνειο	-150.000																		
1.4	Επιπλέον Δανείου	150.000																		
	Σύνολο	-450.000	300.000																	
2	Εσοδα																			
2.1	Ετήσιες Πωλήσεις Ενέργειας		60.750	62.269	63.825	65.421	67.057	68.733	70.451	72.213	74.018	75.868	73.877	71.938	73.736	75.579	73.595	71.664	73.455	75.282
	Σύνολο		60.750	62.269	63.825	65.421	67.057	68.733	70.451	72.213	74.018	75.868	73.877	71.938	73.736	75.579	73.595	71.664	73.455	75.282
3	Εξοδα																			
3.1	Σύνολο Λειτουργικών		1.600	1.640	1.681	1.723	1.766	1.810	1.856	1.902	1.949	1.998	2.048	2.099	2.152	2.206	2.261	2.317	2.375	2.435
3.2	Τέλος ΟΤΑ		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Σύνολο		1.600	1.640	1.681	1.723	1.766	1.810	1.856	1.902	1.949	1.998	2.048	2.099	2.152	2.206	2.261	2.317	2.375	2.435
4	Αποπληρωμή Δανείου																			
4.1	Τόκοι Πληρωτέοι		10.500	10.082	9.635	9.157	8.645	8.097	7.511	6.884	6.213	5.495	4.727	3.905	3.025	2.084	1.077	0	0	0
4.2	Χρεωλύσιο		5.969	6.367	6.834	7.313	7.824	8.372	8.958	9.585	10.256	10.974	11.742	12.564	13.444	14.385	15.382	0	0	0
	Τοκοχρεωλύσιο		16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	16.469	0	0	0
5	Λειτουργικό Αποτέλεσμα																			
5.1	Εσοδα-Εξοδα-Τόκοι Πληρωτέοι		48.650	50.547	52.509	54.541	56.646	58.826	61.085	63.427	65.856	68.375	67.102	65.933	68.559	71.289	70.257	69.346	71.080	72.857
5.2	Κέρδη προ Φόρων/Όλα Κεφάλαια		32%	34%	35%	36%	38%	39%	41%	42%	44%	46%	45%	44%	46%	48%	47%	46%	47%	50%
6	Αποσβέσεις																			
6.1	Ετήσιες Αποσβέσεις		20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	0	0	0
7	Φόροι																			
7.1	Φορολογητέο Εισόδημα		28.650	30.547	32.509	34.541	36.646	38.826	41.085	43.427	45.856	48.375	47.102	45.933	48.559	51.289	50.257	49.346	51.080	52.857
7.2	Φόρος Εισοδήματος		5.730	6.109	6.502	6.908	7.329	7.765	8.217	8.685	9.171	9.675	9.420	9.187	9.712	10.258	10.051	13.869	14.216	14.936
8	Καθαρή Χρηματική Ροή	-450.000	336.951	38.050	39.173	40.321	41.492	42.688	43.910	45.156	46.428	47.726	45.939	44.182	45.403	46.647	44.814	55.477	56.864	58.286
8.1	Κέρδη/Όλα Κεφάλαια			25%	26%	27%	28%	28%	29%	30%	31%	32%	31%	29%	30%	31%	30%	37%	38%	40%

9	Επτόκιο Αναγωγής																			7%
10	Καθαρή Παρούσα Αξία																			404.045
11	Εσωτερικός Δείκτης Αποδόσεως																			27,58%
12	Εντοκή Περίοδος Αποπληρωμής																			4,5

Σχήμα 3.4: Αναλυτικές ροές

Ακολουθούν οι όροι και ο τρόπος αποπληρωμής δανείου για δυο περιπτώσεις. Η πρώτη είναι η περίπτωση που το ποσό του δανείου ανέρχεται στο 25% της επένδυσης (150.000 €). Σε αυτήν την περίπτωση παρατηρείται ότι γίνεται απόσβεση δανείου σε δεκαπέντε χρόνια με τη διάφορα όμως ότι όλα τα έσοδα της εταιρίας δεν πάνε στην αποπληρωμή του δανείου. Επίσης ο συνολικός τόκος θα είναι της τάξεως των 97.038 €. Στη δεύτερη περίπτωση το ποσό του δανείου ανέρχεται στο 50% της επένδυσης (300.000€). Εδώ πλέον χρησιμοποιώντας όλα τα έσοδα της εταιρίας για την εξόφληση του δανείου, η εξόφληση διαρκεί οχτώ έτη [3.4].

Όροι Δανείου							
α.	Ποσό δανείου (€)	150.000					
β.	Ετήσιο Επιτόκιο	7,0%					
Αποπληρωμή Δανείου							
Ετος	Ποσό Δανείου	Ετήσια Τοκοχρεωλυτική Δόση	Χρεωλύσιο	Τόκος	Επιδότηση Τόκου	Τόκοι Πληρωτέοι	Ανεξόφλητο Υπόλοιπο
0	150.000						
1		16.469	5.969	10.500		10.500	144.031
2		16.469	6.387	10.082		10.082	137.644
3		16.469	6.834	9.635		9.635	130.810
4		16.469	7.313	9.157		9.157	123.497
5		16.469	7.824	8.645		8.645	115.673
6		16.469	8.372	8.097		8.097	107.301
7		16.469	8.958	7.511		7.511	98.342
8		16.469	9.585	6.884		6.884	88.757
9		16.469	10.256	6.213		6.213	78.501
10		16.469	10.974	5.495		5.495	67.527
11		16.469	11.742	4.727		4.727	55.785
12		16.469	12.564	3.905		3.905	43.220
13		16.469	13.444	3.025		3.025	29.777
14		16.469	14.385	2.084		2.084	15.392
15		16.469	15.392	1.077		1.077	0
Σύνολο:		247.038	150.000	97.038	0	97.038	

Σχήμα 3.5: Όροι και αποπληρωμή δανείου με δανειοδότηση 25% (Περίπτωση 1)

Όροι Δανείου								
α.	Ποσό δανείου (€)		300.000					
β.	Ετήσιο Επιτόκιο		7,0%					
Αποπληρωμή Δανείου			315.777	15.777	77.996	7,00%		
	Ετος	Ποσό Δανείου	Ετήσια Τοκοχρεωλυτική Δόση	Χρεωλύσιο	Τόκος	Επιδότηση Τόκου	Τόκοι Πληρωτέοι	Ανεξοφλήτο Υπόλοιπο
	0	300.000	-300.000					
	1		51.720	30.720	21.000		21.000	269.280
	2		52.903	34.053	18.850		18.850	235.227
	3		54.116	37.650	16.466		16.466	197.577
	4		55.358	41.528	13.830		13.830	156.049
	5		56.632	45.709	10.923		10.923	110.340
	6		57.938	50.214	7.724		7.724	60.125
	7		59.277	55.068	4.209		4.209	5.057
	8		5.411	5.057	354		354	0
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	Σύνολο:		393.355	300.000	93.356	0	93.356	

Σχήμα 3.6: Όροι και αποπληρωμή δάνειου με δανειοδότηση 50% (Περίπτωση 2)

3.4 ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ

3.4.1 Σπουδαιότητα ασφαλιστικού πακέτου

Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει η εταιρία, δηλαδή η ανέγερση φωτοβολταϊκού πάρκου με σκοπό την πώληση ρεύματος, υποχρεώνει την εταιρία να ελέγξει την παράμετρο της ασφάλειας της εγκατάστασης, της λειτουργίας και των λοιπών έργων που έχουν ολοκληρωθεί ή βρίσκονται σε κατάσταση κατασκευής. Ένα ασφαλιστικό πακέτο το οποίο θα καλύπτει ανάγκες σε περίπτωση εκτάκτων περιπτώσεων και μπορεί να καλύψει τυχόν ζημιές ή καταστροφές μερών της εγκατάστασης, των γύρω έργων ή την περίπτωση κακής λειτουργίας του έργου κρίνεται απόλυτα αναγκαίο και αυτό θα καλυφτεί παρακάτω.

Σε ένα έργο όπως αυτό, το οποίο αποτελείται από μεγάλα κομμάτια υλικών, είναι φυσικό να παρουσιάσει προβλήματα από αστάθμητους παράγοντες που ίσως να μην είχαν προβλεφθεί. Για παράδειγμα η μεταφορά των υλικών αυτών ίσως να παρουσιάσει προβλήματα (μετακίνηση φορτίου, κακή μεταχείριση από μεταφορική εταιρία) και να δημιουργηθούν ζημιές. Επίσης κατά την κατασκευή ένα ανθρώπινο λάθος ή αμέλεια, ένας λανθασμένος χειρισμός, μια απροσεξία, μια αδεξιότητα ή μια κακόβουλη ενέργεια τρίτων μπορεί να κοστίσει ακριβά στην κατασκευή της εγκατάστασης. Η εταιρία οφείλει επίσης να παρέχει ασφάλεια στο προσωπικό της από τυχόν εργατικά ατυχήματα. Πρέπει λοιπόν να διασφαλίζεται τόσο η αξία του έργου όσο και η αξία του ανθρώπινου δυναμικού.

Η περιοχή της Ρόδου δεν είναι γνωστή για τα ακραία καιρικά φαινόμενα, όμως η περίπτωση εμφάνισης ενός από αυτά μπορεί κάλλιστα να αποβεί μοιραίο στην λειτουργία της εγκατάστασης. Για παράδειγμα την τελευταία πεντηκονταετία έχουν αναφερθεί στη Ρόδο μόνο 8 περιπτώσεις ακραίων φαινομένων (είτε χιονόπτωση είτε έντονη χαλαζόπτωση, εμφάνισης παγετού ή πλημμύρας). Όμως οι πληγές από τέτοια φαινόμενα είναι ακόμα ορατές. Έτσι λοιπόν μια επένδυση σαν αυτή της εταιρίας δεν είναι δυνατόν να είναι έρμαιο των καιρικών συνθηκών. Έτσι λοιπόν κρίνεται αναγκαία η ασφάλεια που αφορά έντονα καιρικά φαινόμενα.

Αν τα καιρικά φαινόμενα δεν είναι τόσο καταστροφικά, αυτό που αποτελεί πρόβλημα για την περιοχή είναι η ένταξη της στις έντονα σεισμογενείς. Είναι χαρακτηριστικό ότι κάθε χρόνο συμβαίνουν περίπου δεκατρείς σεισμοί, αντιλήψιμοι ή όχι. Η κατασκευή που διαπραγματευόμαστε στηρίζεται κυρίως σε μεταλλικές δοκούς που με τη σειρά τους στηρίζονται σε τσιμεντένιες κολόνες ικανοποιητικού εστιακού βάθους. Αυτή ακριβώς η σχέση με το υπέδαφος καθιστά απαραίτητη την περίπτωση ασφάλισης από σεισμική δραστηριότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι επειδή η περιοχή κατασκευής του έργου βρίσκεται σε μικρή απόσταση από τον ποταμό «Γαδουρά» υπάρχει και η περίπτωση καθίζησης η οποία πρέπει να διασφαλιστεί. Επίσης, άλλοι κίνδυνοι που είναι δυνατόν να εμφανιστούν και για αυτό θα πρέπει να υπάρχει ασφαλιστική μέριμνα είναι:

- Απεργία, Οχλαγωγία και Πολιτικές Ταραχές
- Κίνδυνος Τρομοκρατικών Ενεργειών
- Κάλυψη Αστικής Ευθύνης Αλλήλων
- Κάλυψη Επισκέψεων Συντήρησης
- Κάλυψη Εκτεταμένης Συντήρησης
- Κάλυψη Υπερωριών, Νυχτερινών Εργασιών, Ταχέων Αποστολών
- Κάλυψη Αεροπορικού Ναύλου
- Κίνδυνος Κατασκευαστών
- Κάλυψη Υπόγειων Καλωδιώσεων και Λοιπών Υπόγειων Εγκαταστάσεων/Δικτύων

Βασικά στοιχεία που χρειάζονται για την αξιολόγηση κινδύνου είναι:

- Το είδος της συναρμολόγησης
- Το ύψος του πραγματικού προϋπολογισμού
- Η χρονική διάρκεια και η έκταση της κάλυψης
- Η περίοδος και το είδος των δοκιμών
- Η τεχνική περιγραφή της συναρμολόγησης και η ανάλυση του προϋπολογισμού

3.4.2 Περιεχόμενα ασφαλιστικού πακέτου

Η εταιρία έρχεται σε **επαφή** με γνωστό ασφαλιστικό γραφείο όπου συζητείται ποιες υπηρεσίες μπορεί να προσφέρει το γραφείο και υπό ποιες προϋποθέσεις. Παρακάτω αναφέρονται όλα τα περιεχόμενα του ασφαλιστικού πακέτου.

Φωτιά – Πτώση κεραυνού

Καλύπτονται οι υλικές ζημιές από φωτιά, αιθάλη και νερά πυρόσβεσης, που οφείλονται σε ζημιά που έχει συμβεί είτε στο χώρο, είτε σε γειτονικό χώρο. Καλύπτονται επίσης οι ζημιές από **πτώση κεραυνού**.

Φωτιά από δάσος

Καλύπτονται οι **υλικές ζημιές** που προέρχονται άμεσα από **πυρκαγιά δασών, θάμνων, συστάδων δέντρων** ή είναι αποτέλεσμα εκχέρσωσης του εδάφους με φωτιά.

Έκρηξη

Καλύπτονται οι υλικές ζημιές που θα προκληθούν από ασφαλισμένα αντικείμενα (έστω και αν δεν επακολούθησε φωτιά) από φυσική ή χημική έκρηξη.

Πτώση αεροσκαφών ή τμημάτων που αποσπάστηκαν από αυτά

Καλύπτονται οι υλικές ζημιές (από πυρκαγιά ή μη), οι οποίες θα προκληθούν στα ασφαλιζόμενα αντικείμενα με άμεσο τρόπο, συνέπεια πτώσης αεροσκαφών ή άλλων αεροπορικών μέσων ή/και αντικειμένων – τμημάτων που τυχόν αποσπασθούν από αυτά.

Κλοπή από διάρρηξη

Καλύπτεται η απώλεια (κλοπή) των αντικειμένων, οι ζημιές ή η ολοκληρωτική καταστροφή αυτών, που προκληθήκαν κατά τη διενέργεια της κλοπής (καταστροφή, βανδαλισμός).

Κακόβουλες ενέργειες

Καλύπτονται οι ζημιές ή η ολοκληρωτική καταστροφή των αντικειμένων, που προκλήθηκαν από κακόβουλες ενέργειες τρίτων.

Φυσικά φαινόμενα

Καλύπτονται οι **υλικές ζημιές** που θα προκληθούν στα ασφαλισμένα αντικείμενα που οφείλονται σε:

- Πλημμύρα
- Καταιγίδα – Θύελλα

- Χιόνι – Παγετός
- Χαλάζι

Βραχυκύκλωμα

Καθίζηση / κατολίσθηση ως συνέπεια καιρικών φαινομένων

Απώλεια εσόδων ως συνέπεια ασφαλιζόμενου κινδύνου

Καλύπτεται η περίπτωση απώλειας εσόδων από ασφαλιστικό κίνδυνο διακοπής λειτουργίας της εταιρίας (κάλυψη λειτουργικών εξόδων και κερδών) ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης:

- Έως 20 KW κάλυψη για € 20.000 το χρόνο
- Έως 60 KW κάλυψη για € 40.000 το χρόνο
- Άνω των 60 KW μετά από συνεννόηση με την εταιρία

Αστική ευθύνη πυρός – λειτουργίας

Καλύπτεται η αστική ευθύνη του ασφαλιζόμενου προς τρίτους, για τις υλικές ζημιές που προκλήθηκαν σε αυτούς, που οφείλονται άμεσα από μετάδοση πυρκαγιάς - λειτουργίας, της ασφαλισμένης επιχείρησης.

Σεισμός

3.4.3 Προϋποθέσεις κάλυψης

Το ασφαλιστικό γραφείο αξιώνει κάποιες προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν ώστε να ισχύει η συμφωνία. Οι προϋποθέσεις αυτές είναι διαφορετικές ανάλογα την εγκατάσταση (μέγεθος παραγωγής κ.α.). Για την περίπτωση που μας ενδιαφέρει (εγκαταστάσεις άνω των 60 kW) ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Πιστοποιητικό Πυροπροστασίας σε ισχύ καθ' όλη τη διάρκεια της ασφάλισης.
- Έλεγχος και συντήρηση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων ανά 6μηνο (έλεγχος διακοπών, συσφίξεων, αυτοματισμών κ.λ.π.) όπως ορίζεται από τον κατασκευαστή και ο οποίος θα βεβαιώνεται ενυπόγραφα από τον τεχνικό. Ο κίνδυνος κατολίσθησης – καθίζησης - υποχώρησης εδάφους **καλύπτεται** υπό την προϋπόθεση διεξαγωγής γεωτεχνικής μελέτης υπεδάφους κατά την εγκατάσταση της μονάδας
- Ο κίνδυνος του χαλαζιού **καλύπτεται** υπό την προϋπόθεση ότι τα εγκατεστημένα συστήματα αντέχουν στους συνήθεις κινδύνους χαλαζόπτωσης (εγγύηση από τον κατασκευαστή).
- Ως ελάχιστα μέτρα προστασίας ορίζονται, η ύπαρξη περίφραξης (συρματόπλεγμα) ύψους το λιγότερο 1, 80 μ., οι εγκαταστάσεις να προστατεύονται με σύστημα συναγερμού καθ' όλο το **εικοσιτετράωρο**, να λειτουργεί κλειστό κύκλωμα παρακολούθησης ή να φυλάσσεται η εγκατάσταση από φύλακα.
- Για τον κίνδυνο του σεισμού θα πρέπει να έχει γίνει μελέτη στατικής επάρκειας της κατασκευής σύμφωνα με τον ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό της περιόδου της άδειας κατασκευής της εγκατάστασης [3.5].

3.4.4 Κόστος ασφάλιστρων

Το μέσο κόστος ασφάλισης ανέρχεται στα 4 € ανά 1000 € ασφαλιζόμενης αξίας. Όμως υπάρχει δυνατότητα εκπτώσεων ή απαλλαγών. Για την εγκατάσταση μας λοιπόν ισχύουν οι παρακάτω απαλλαγές.

- Για την κάλυψη της πλημμύρας, θύελλας, καταιγίδας, **παγετού, χιονιού και χαλαζιού** ισχύει απαλλαγή 10% για κάθε ζημιά με ελάχιστο όριο τα 3.000 €.
- Για την κάλυψη της καθίζησης – κατολίσθησης συνεπείας καιρικών φαινομένων ισχύει απαλλαγή 10% με ελάχιστο όριο τα 3.000 €.
- Για την κάλυψη του βραχυκυκλώματος συμφωνείται απαλλαγή 500 € για κάθε ζημιά με μέγιστο ποσό αποζημίωσης 10.000 €.
- Για την κάλυψη της κλοπής **διαρρήξεως** ισχύει απαλλαγή 10% για κάθε ζημιά με ελάχιστο όριο τα 3.000 €.
- Για την κάλυψη των κακόβουλων ενεργειών ισχύει απαλλαγή 10% για κάθε ζημιά με ελάχιστο όριο τα 3.000 €.
- Για την κάλυψη του σεισμού ισχύει απαλλαγή 2% επί του ασφαλιζομένου κεφαλαίου.

3.5 Βιβλιογραφία

- [3.1] Γ. Κτενίδης, “Μελέτη Διασυνδεδεμένου Φωτοβολταϊκού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας των 100kW” Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2008
- [3.2] www.helapco.gr, “Επενδυτικός οδηγός για φωτοβολταϊκούς σταθμούς”
- [3.3] <http://www.piraeusbank.gr/>, “Υπηρεσίες Leasing”
- [3.4] Γ. Πατέλης, “Οικονομική Μελέτη φωτοβολταϊκού σταθμού”, Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών & Εφαρμογές. Ο Νέος Νόμος για τις ΑΠΕ, Σεμινάριο της American society of heating, refrigerating and air conditioning engineers inc., Αθήνα Δεκέμβριος 2006
- [3.5] Ασφαλιστικό γραφείο “ΟΚΤΟ”, “Πρόγραμμα ασφάλισης Φ/Β πάρκων”

ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΕΙΣ

4.1 ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Ακολουθώντας τα στάδια δημιουργίας της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, θα χρειαστεί η συνεργασία με κάποιες αρχές ή υπηρεσίες. Η συνεργασία αυτή κυρίως περιλαμβάνει την κατάθεση δικαιολογητικών, την σύναψη συμβάσεων και λήψη αδειών, ενέργειες οι οποίες είναι αναγκαίες και υποχρεωτικές ώστε να γίνει πραγματικότητα η εγκατάσταση καθώς και η λειτουργία του πάρκου. Παρακάτω αναφέρονται ποιες είναι αυτές οι αρχές και υπηρεσίες και ποιος ο ρόλος τους.

4.1.1 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας

Η Ρ.Α.Ε. συστήθηκε με το νόμο 2773/22-12-99 ο οποίος τροποποιήθηκε με το άρθρο 5 του νόμου 2837/2000, είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες στον τομέα της ενέργειας. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια της εναρμόνισης της ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική οδηγία 96/92 και συνδυάζεται με την πολιτική του εκσυγχρονισμού των ενεργειακών αγορών στην Ελλάδα.

Ο ρόλος της Ρ.Α.Ε. δεν είναι ελεγκτικός ή δικαστικός. Σκοπός της Ρ.Α.Ε. είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά με σκοπό να εξυπηρετηθεί σε τελευταία ανάλυση καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής (ιδιώτης και επιχείρηση) αλλά και να επιζήσει βρίσκοντας νέες ευκαιρίες η μικρή και μεσαία επιχείρηση, η οποία είναι φορέας ανάπτυξης και απασχόλησης. Θα παρακολουθεί και θα εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις καθώς και θα πληροφορεί και θα βοηθάει τους επενδυτές και τους καταναλωτές.

Σκοπός της Ρ.Α.Ε. επίσης, είναι να εξασφαλίσει με θεσμικό τρόπο συμβατό με τους μηχανισμούς της απελευθερωμένης αγοράς, τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημοσίου συμφέροντος. Τέτοιοι στόχοι είναι η επαρκής, αξιόπιστη και ισότιμη τροφοδοσία όλων των καταναλωτών, η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας, το περιβάλλον, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι νέες τεχνολογίες, η αποτελεσματική χρήση και προμήθεια ενέργειας και η εξασφάλιση επαρκούς υποδομής για την ενέργεια. Η ενσωμάτωση στην αγορά αυτών των μεγάλων ζητημάτων της ενεργειακής πολιτικής είναι ίσως το δυσκολότερο έργο της Ρ.Α.Ε.. Απαιτείται η επίτευξη λεπτής ισορροπίας, χρησιμοποιώντας όλα τα εργαλεία που είναι συμβατά με τους μηχανισμούς της αγοράς, όπως οι χρεώσεις στη μεταφορά ενέργειας για λόγους δημοσίου συμφέροντος, το εμπόριο αδειών ρύπανσης, το εμπόριο προθεσμιακών παραγώγων και συμβολαίων, οι όροι στην δανειοδότηση, το εμπόριο «πράσινου» ηλεκτρισμού, κλπ.

Η Ρ.Α.Ε. αναλαμβάνει επίσης διεθνείς συνεργασίες τόσο με τις χώρες των Βαλκανίων όσο και στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου θα συντελεσθούν μεγάλες θεσμικές αλλαγές με στόχο την ενιαία ανταγωνιστική εσωτερική αγορά ενέργειας. Η Ρ.Α.Ε. φιλοδοξεί να αναπτύξει τους ίδιους μηχανισμούς στα πλαίσια της Βαλκανικής Αγοράς Ενέργειας στην οποία η Ελλάδα δίνει μεγάλη προτεραιότητα.

Η προώθηση της δημιουργίας Προθεσμιακής Αγοράς Ενέργειας είναι ένας από τους πρώτους στόχους της Ρ.Α.Ε. με σκοπό και την περιφερειακή αγορά αλλά και την εξομάλυνση των απότομων διακυμάνσεων των τιμών και τις οικονομίες που αυτή θα επιφέρει ώστε να εξυπηρετηθούν οικονομικότερα οι καταναλωτές αλλά και να μειωθεί ο κίνδυνος που αναλαμβάνουν οι προμηθευτές ενέργειας.

Η Ρ.Α.Ε. είναι η υπηρεσία λοιπόν **στην οποία** κατατίθενται τα δικαιολογητικά και όλα τα έγγραφα που όλα μαζί θα καταρτίσουν ένα φάκελο. Ο φάκελος αυτός περνά από έλεγχο στην εν λόγω υπηρεσία ώστε να δοθεί η **άδεια** για τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού σταθμού. Θα αναφερθούν παρακάτω τα περιεχόμενα του φακέλου αυτού και οι ενέργειες που έγιναν για την συλλογή αυτού του υλικού [4.1].

4.1.2 Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού ιδρύθηκε το 1950 με σκοπό τη χάραξη και εφαρμογή μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής η οποία, μέσα από την εντατική εκμετάλλευση των εγχώριων πόρων, θα έκανε το ηλεκτρικό ρεύμα κτήμα και δικαίωμα του κάθε Έλληνα πολίτη. Από 1.1.2001 λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία ενώ από 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου. Η Δ.Ε.Η. είναι σήμερα η μεγαλύτερη εταιρία παραγωγής και η μοναδική εταιρία προμηθείας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα με περισσότερους από 7.2 εκατομμύρια πελάτες. Επίσης είναι η μοναδική εταιρία που έχει στην ιδιοκτησία της το Εθνικό σύστημα μεταφοράς της χώρας μας.

Κατέχει περίπου το 89% της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα η οποία προέρχεται από λιγνιτικές, πετρελαϊκές και υδροηλεκτρικές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου, καθώς και από αιολικά και ηλιακά πάρκα. Συγχρόνως κατέχει τα δύο μεγάλα λιγνιτωρυχεία της χώρας στην Πτολεμαΐδα και στη Μεγαλόπολη. Το σύνολο των λιγνιτικών σταθμών της χώρας παράγει το 56% περίπου της παραγόμενης από τη ΔΕΗ ηλεκτρικής ενέργειας (δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή ένωση). Κατά το 2006 έγινε παραγωγή 62.5 εκατομμυρίων τόνων λιγνίτη.

Σήμερα η Δ.Ε.Η. καλύπτει απόλυτα τις ραγδαία αυξανόμενες ανάγκες της χώρας σε ηλεκτρισμό που από 88 KWh ανά κάτοικο το 1950, έφτασε το 2006 τις 4.883 KWh. Με την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και στη χώρα μας (Φεβρουάριος 2001) απέκτησαν δικαίωμα ηλεκτροπαραγωγής εκτός από τη ΔΕΗ και άλλες εταιρίες και ιδιώτες. Έτσι η ευθύνη της μεταφοράς Η/Ε πέρασε σε μια ανεξάρτητη της ΔΕΗ εταιρία που συστήθηκε για τον σκοπό αυτό, τη Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας). Όπως και τη γενική εποπτεία του Ελληνικού Ηλεκτρικού Συστήματος (Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή Η/Ε) ανέλαβε πλέον η Ρ.Α.Ε..

Η Δ.Ε.Η. είναι η μεγαλύτερη βιομηχανική επιχείρηση στην Ελλάδα. Το 2006 η εταιρία παρουσίασε κύκλο εργασιών ύψους 4.8 εκατομμυρίων € και κέρδη προ φόρων 42 εκατομμύρια € (σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα χρηματοοικονομικής αναφοράς). Η συνολική ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από 98 ιδιόκτητους σταθμούς παραγωγής, μεταφέρεται μέσω 11.650 χιλιομέτρων γραμμών υψηλής τάσης και διανέμεται στους καταναλωτές μέσω δικτύου μήκους 210.200 χιλιομέτρων.

Η Δ.Ε.Η. θα είναι ο αγοραστής του ρεύματος που θα παράγουμε. Η τιμή έχει καθοριστεί από την Αρχή Ρυθμιστικής Ενέργειας. Στη Δ.Ε.Η. θα κατατεθεί η τεχνικοοικονομική μελέτη ώστε να μας δοθεί άδεια σύνδεσης στο δίκτυο της [4.2].

4.1.3 ΔΕΣΜΗ

Μετά από μια μακρά περίοδο αναζητήσεων, προετοιμασίας, μελετών και οργανωτικών βημάτων τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο, δημιουργείται βαθμιαία ελεύθερη αγορά και στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό θα επιτρέψει σε πελάτες να επιλέγουν τον προμηθευτή τους και σε νέους παραγωγούς να ανταγωνιστούν τη ΔΕΗ, που σήμερα είναι ο μόνος παραγωγός. Πρόκειται για μια επανάσταση στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας, που παραδοσιακά κυριαρχούνταν διεθνώς από μονοπώλια και απόλυτη ρύθμιση. Οι αλλαγές αυτές είναι για τη χώρα μας πρωτόγνωρες αλλά και διεθνώς η εμπειρία από την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι μεγάλη.

Στην Ελλάδα ο Νόμος 2773/99 αποτελεί το βασικό θεσμικό υπόβαθρο. Έχει επίσης δημιουργηθεί η Ρ.Α.Ε. και η Ανώνυμη Εταιρεία Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ενέργειας (ή Διαχειριστής του Συστήματος ή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.), η εταιρεία που διαχειρίζεται το Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Πρόκειται για τους δύο βασικούς φορείς λειτουργίας της απελευθερωμένης αγοράς. Είναι σημαντικό να διευκρινιστούν οι ρόλοι των διαφόρων φορέων μια και εδώ και 50 χρόνια γνωρίζουμε μόνο τη Δ.Ε.Η. και μάλιστα πολύ συχνά εξακολουθεί να συγχέεται η Δ.Ε.Η. Α.Ε. με τον Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. και ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. με την Ρ.Α.Ε..

Η Ρ.Α.Ε. είναι μια ανεξάρτητη αρχή που φροντίζει, εισηγείται και προωθεί την ύπαρξη συνθηκών ίσων ευκαιριών, και υγιούς ανταγωνισμού και παρέχει την άδεια λειτουργίας σε παραγωγούς, προμηθευτές και λοιπούς φορείς της αγοράς. Ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι μια εταιρεία που έχει ένα διπλό ρόλο:

- Ο ένας ρόλος είναι αυτός που ασκούσε η Δ.Ε.Η. σε σχέση με το Σύστημα Μεταφοράς: φροντίζει να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ισορροπία παραγωγής και κατανάλωσης και η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται κατά τρόπο αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό.
- Ο δεύτερος ρόλος του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι να εκκαθαρίζει την αγορά, να λειτουργεί σαν ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε ημέρα ποιός οφείλει σε ποιόν. Ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. δεν εμπορεύεται ηλεκτρική ενέργεια και ότι βασικές συναλλακτικές σχέσεις είναι διμερείς μεταξύ παραγωγών/προμηθευτών και των πελατών τους.

Η Δ.Ε.Η. είναι μία μόνο από τις πολλές εταιρείες που θα λειτουργούν στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας. Για να χρησιμοποιήσουμε ένα οικείο ανάλογο, η Δ.Ε.Η. είναι μια εισηγμένη εταιρεία, ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι το Χρηματιστήριο και η Ρ.Α.Ε. είναι η Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς.

Ο Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι ανώνυμη εταιρεία που ανήκει κατά 51% στο δημόσιο και κατά 49% στις εταιρείες παραγωγής που υπάρχουν στην Ελλάδα. Αυτό σημαίνει ότι η Δ.Ε.Η. σήμερα κατέχει αυτό το 49% αλλά το ποσοστό της θα μειώνεται δίνοντας χώρο στους όποιους νέους παραγωγούς εμφανιστούν. Η εταιρεία έχει σήμερα περί τα 160 άτομα (τα οποία θα διπλασιαστούν στην πλήρη ανάπτυξή της) και ετήσιο προϋπολογισμό περίπου 15 εκατομμυρίων ευρώ. Ο Διαχειριστής του Συστήματος έχει την ευθύνη μιας σειράς διαδικασιών:

- Κατ' αρχήν η ενέργεια που παράγεται, διακινείται και καταναλώνεται πρέπει να μετράται κατά τρόπο αξιόπιστο, ακριβή και μη αμφισβητούμενο από τους παράγοντες της αγοράς. Ένα μετρητικό σύστημα, επίσημα πιστοποιημένο, είναι μια πρώτη διαδικασία της ευθύνης του Διαχειριστή του Συστήματος.
- Μια δεύτερη διαδικασία, που αποτελεί και την καρδιά του συστήματος είναι η

κατανομή φορτίου. Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα ιδιότυπο εμπορικό αγαθό που δεν αποθηκεύεται και επομένως θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να παράγεται ακριβώς όση καταναλώνεται. Η Κατανομή Φορτίου λοιπόν είναι αυτή που υπαγορεύει το ποιός σταθμός θα παράγει και πόσο. Παράλληλα η κατανομή φορτίου στους σταθμούς γίνεται έτσι ώστε να διατηρούνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει (συχνότητα, τάση κλπ), να υπάρχει ελάχιστο κόστος λειτουργίας και να υπάρχει σεβασμός των διμερών εμπορικών σχέσεων πελάτη-προμηθευτή.

- Για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή, ο Διαχειριστής του Συστήματος χρειάζεται ειδικές, επικουρικές λεγόμενες υπηρεσίες, δυνατότητα ειδικών ρυθμίσεων κλπ που θα αγοράζει με διαφανείς διαδικασίες από τους παραγωγούς της αγοράς, σε πρώτη φάση από τη Δ.Ε.Η..
- Μια διαδικασία απολύτως συναρτημένη με την απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι η εκκαθάριση, το ποιος δηλαδή οφείλει σε ποιόν. Για την Ελληνική αγορά έχει επιλεγεί ένα σύστημα διμερών βασικά εμπορικών σχέσεων, δηλαδή μεταξύ καταναλωτή και προμηθευτή-παραγωγού. Ο Διαχειριστής του Συστήματος δεν παρεμβαίνει στα διμερή αυτά συμβόλαια τα οποία είναι στην απόλυτη δικαιοδοσία των συμβαλλόμενων μερών. Όμως κατά την καθημερινή λειτουργία για διάφορους λόγους η παραγωγή ενός προμηθευτή δεν αντιστοιχεί απολύτως στην κατανάλωση ενός πελάτη. Αυτή η απόκλιση μετράται και τιμολογείται από το Διαχειριστή του Συστήματος ο οποίος υπαγορεύει σε κάθε ελλειμματικό παραγωγό το τί θα πληρώσει μέσω του Διαχειριστή του Συστήματος σε κάποιον άλλο, πλεονασματικό παραγωγό. Η διαδικασία αυτή λέγεται εκκαθάριση της αγοράς και γίνεται με τρόπο που να ενθαρρύνεται η οικονομική λειτουργία του Συστήματος.
- Μια άλλη πολύ βασική λειτουργία του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η συντήρηση του συστήματος και η περαιτέρω ανάπτυξή του για να υποδεχθεί νέους παραγωγούς και νέους πελάτες. Η συντήρηση αυτή θα γίνεται υπαμοιβή από την ΔΕΗ ενώ οι επεκτάσεις χρεώνονται με βάση πολύ συγκεκριμένους κανόνες που περιλαμβάνονται στους κώδικες.
- Τέλος, στα καθήκοντα του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η υποστήριξη και περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς και η ενημέρωση των ενδιαφερομένων. Ο Διαχειριστής του Συστήματος κάνει προβλέψεις για τις ανάγκες του συστήματος, σε βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση, δημοσιεύει εκτιμήσεις, εισηγείται βελτιώσεις στους κανόνες της αγοράς και διαχείρισης του Συστήματος και εξασφαλίζει μια υψηλού βαθμού διαφάνεια στη λειτουργία της αγοράς, στη διαχείριση του Συστήματος και στην ίδια τη λειτουργία της εταιρίας. Ουσιαστικά, κάθε ενέργεια του Διαχειριστή του Συστήματος γίνεται μέσω του διαδικτύου και φαίνεται στο διαδίκτυο.

Στόχος του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. είναι να εξασφαλίσει μια αξιόπιστη και αμερόληπτη λειτουργία του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας αλλά και της αγοράς που στηρίζεται σε αυτό έτσι ώστε οι νέοι παραγωγοί, οι επιλεγέντες πελάτες αλλά και όλοι οι καταναλωτές να διαθέτουν την παραδοσιακή αξιοπιστία του Συστήματος που 50 χρόνια τώρα υπηρετεί την Ελλάδα, πλαισιωμένη με τη διαφάνεια και αμεροληψία που απαιτούν οι κανόνες της νέας αγοράς [4.3].

4.1.4 Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) είναι το εθνικό κέντρο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), την Ορθολογική Χρήση Ενέργειας (Ο.Χ.Ε.) και την Εξοικονόμηση Ενέργειας (Ε.Ξ.Ε.). Με το Νόμο 2244/94 ("Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας") και το Νόμο 2702/99 το Κ.Α.Π.Ε.

ορίστηκε ως το Εθνικό Συντονιστικό Κέντρο στους τομείς δραστηριότητάς του.

Το Κ.Α.Π.Ε. ιδρύθηκε το Σεπτέμβριο του 1987 με το Προεδρικό Διάταγμα 375/87, είναι Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου, εποπτεύεται από το Υπουργείο Ανάπτυξης - Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (Γ.Γ.Ε.Τ.), και έχει οικονομική και διοικητική αυτοτέλεια. Ο κύριος σκοπός του είναι η προώθηση των εφαρμογών Α.Π.Ε./Ο.Χ.Ε./Ε.Ξ.Ε. σε εθνικό και διεθνές επίπεδο, καθώς και η κάθε είδους υποστήριξη δραστηριοτήτων στους παραπάνω τομείς συνυπολογίζοντας τις περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις. Το Κέντρο διοικείται από επταμελές Διοικητικό Συμβούλιο, το οποίο περιλαμβάνει εκπροσώπους της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας/Υπουργείο Ανάπτυξης, της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού καθώς και του Σ.Ε.Β. (Συνδέσμου Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών) και του Ε.Β.Ε.Α. (Εμπορικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Αθηνών). Το Κ.Α.Π.Ε. διαθέτει ένα επιστημονικό επιτελείο 120 και πλέον επιστημόνων, έμπειρων και εξειδικευμένων στους τομείς που δραστηριοποιείται. Η οργανωτική δομή του Κ.Α.Π.Ε. περιλαμβάνει τις ακόλουθες βασικές μονάδες:

- Διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Διεύθυνση Ενεργειακής Αποδοτικότητας
- Διεύθυνση Ενεργειακής Πολιτικής και Σχεδιασμού
- Διεύθυνση Διοικητικών και Οικονομικών Υπηρεσιών
- Διεύθυνση Αναπτυξιακών Προγραμμάτων
- Γραφείο Διασφάλισης Ποιότητας
- Νομική Υπηρεσία

Το Κ.Α.Π.Ε. έχει διαμορφώσει μια δυναμική παρουσία στον Ελληνικό και διεθνή χώρο, έχοντας να παρουσιάσει πρωτότυπο ερευνητικό έργο και μεγάλο αριθμό συμβολαίων που υλοποίησε για την Ελληνική Κυβέρνηση, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και Κυβερνήσεις Τρίτων Χωρών σε θέματα υποστήριξης της σχεδίασης, αξιολόγησης και υλοποίησης επενδυτικών προγραμμάτων. Στα πλαίσια της αποστολής του το Κ.Α.Π.Ε.:

- εκτελεί εφαρμοσμένη έρευνα και αναπτύσσει νέες τεχνολογίες που είναι ταυτόχρονα τεχνικοοικονομικά βιώσιμες και περιβαλλοντικά φιλικές
- οργανώνει, επιβλέπει και εκτελεί επιδεικτικά και πιλοτικά προγράμματα με σκοπό την προώθηση των ως άνω τεχνολογιών
- υλοποιεί εφαρμογές Α.Π.Ε./Ο.Χ.Ε./Ε.Ξ.Ε. σε έργα του ιδιωτικού τομέα, της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, επαγγελματικών ενώσεων, κ.λ.π.
- παρέχει τεχνικές υπηρεσίες και συμβουλές με τη μορφή εξειδικευμένης τεχνογνωσίας και πληροφόρησης προς τρίτους
- προβαίνει σε δράσεις διάδοσης της τεχνολογίας σε τομείς της αρμοδιότητάς του και παρέχει αντικειμενική πληροφόρηση και υποστήριξη προς κάθε ενδιαφερόμενο φορέα και επενδυτή
- οργανώνει ή/και συμμετέχει σε τεχνικά και επιστημονικά σεμινάρια, εκπαιδευτικά προγράμματα, εξειδικευμένες εκπαιδευτικές εκδηλώσεις, συναντήσεις, κ.λ.π.

Το Κ.Α.Π.Ε. είναι υπεύθυνο σε συνεργασία με την τοπική αυτοδιοίκηση ή το Υπουργείο Ανάπτυξης για την έκδοση άδειας λειτουργίας και άδειας εγκατάστασης μετά από εκτίμηση της αίτησης μας. Αναλαμβάνει τον τεχνικό έλεγχο με τα αρμόδια όργανα κατά τη δοκιμαστική λειτουργία και ελέγχει τα αναγκαία λειτουργικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού του σταθμού [4.4].

4.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΕΓΓΡΑΦΑ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΣΥΝΟΔΕΥΟΥΝ ΤΗΝ ΑΙΤΗΣΗ ΓΙΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όπως προείπαμε στην ΡΑΕ θα κατατεθεί ο φάκελος που θα περιέχει τα έγγραφα και τα στοιχεία που χρειάζονται, ώστε να μας δοθεί άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα στοιχεία αυτά θα αναφερθούν παρακάτω. Ανάλυση αυτών θα γίνει εν μέρει, και πολλά από αυτά τα στοιχεία αναλύονται σε άλλα κεφάλαια που παρουσιάζονται μελέτες και έρευνες για την εγκατάσταση.

4.2.1 Στοιχεία αιτούντος

Αναφέρονται τα στοιχεία του αιτούντος αναλυτικά. Συγκεκριμένα αναφέρεται η επωνυμία της εταιρίας, ο νομικός εκπρόσωπος αυτής, ο τρόπος επικοινωνίας με την εταιρία και τέλος μια γενική εικόνα της εταιρίας. Στη γενική εικόνα της εταιρίας αναφέρονται τα μέλη, το ποσοστό συμμετοχής των μελών της εταιρίας και τέλος μια συνολική παρουσίαση της εταιρίας όσο αφορά προηγούμενες επιχειρηματικές δραστηριότητες, η εμπειρία αυτής σε θέματα που διαχειριζόμαστε. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάσαμε την διαδικασία σύστασης της παρούσας εταιρίας. Αναφέρονται τα μέλη, το ποσοστό συμμετοχής αυτών καθώς και οι επιχειρηματικές δραστηριότητες αυτών.

4.2.2 Περιγραφή του έργου

Εδώ παρουσιάζεται η θέση του σταθμού παραγωγής, δηλαδή η τοποθεσία ο δήμος και ο νομος που ανηκει η περιοχή της εγκατάστασης. Αναφέρεται επίσης η χρησιμοποιούμενη μορφή ενέργειας και ποιος ο σκοπός διαχείρισής της. Θα αναφερθούν τα μέρη της εγκατάστασης και οι εργασίες που έλαβαν χώρα στην περιοχή για την μετατροπή της σε πάρκο (χωματουργικά έργα, περίφραξη κ.λ.π.). Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούν αναλυτικά όλα τα μέρη της εγκατάστασης, δηλαδή από τα φωτοβολταϊκά panels μέχρι και τις βάσεις στήριξης, όπως ακριβώς έγινε στην τεχνικοοικονομική μελέτη και πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο 6.

4.2.3 Ενεργειακή μελέτη και τεκμηρίωση δυναμικού Α.Π.Ε.

Εδώ γίνεται η παρουσίαση ενεργειακής μελέτης για τον υπολογισμό και τεκμηρίωση της παραγόμενης ενέργειας στη θέση εγκατάστασης του σταθμού βάσει του δυναμικού Α.Π.Ε. ή στην περίπτωση χρήσης ανανεώσιμου καυσίμου ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου του έργου. Επίσης γίνεται η τεκμηρίωση του δυναμικού Α.Π.Ε. στην προτεινόμενη θέση εγκατάστασης με παρουσίαση των μετρήσεων και δεδομένων στα οποία βασίζεται η ενεργειακή μελέτη. Σε περίπτωση που απαιτείται τροφοδοσία της εγκατάστασης, τεκμηρίωση της εξασφάλισης της προμήθειας / τροφοδοσίας της πρώτης ύλης **πρέπει να αναφεραται**. Τα στοιχεία αυτά έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 2 όπου υπάρχει μια εκτενής αναφορά για την περιοχή, το ενεργειακό της ισοζύγιο καθώς και η περιβαντολλογική μελέτη **η οποία αναφέρεται** και παρακάτω.

4.2.4 Εξασφάλιση θέσης

Εδώ παρουσιάζεται η τεκμηρίωση εξασφάλισης ή δυνατότητας εξασφάλισης θέσης. Υποβάλλονται έγγραφα με τα οποία τεκμηριώνεται η εξασφάλιση της θέσης εγκατάστασης του προτεινόμενου έργου ή η δυνατότητα εξασφάλισής της. Η τεκμηρίωση εξασφάλισης του κατόχου του κτήματος μπορεί να γίνει μέσω της Τοπικής Αυτοδιοίκησης, μέσω ενός συμβολαιογράφου που έχει το τοπογραφικό σχέδιο του οικοπέδου ή μέσω φορολογικής

ενημερότητας που εκδίδεται με τη συνεργασία του λογιστή και νομικού συμβούλου της εταιρείας.

4.2.5 Προκαταρκτική τεχνική μελέτη

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει τουλάχιστον τα εξής στοιχεία:

- Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας και των εγκαταστάσεων που θα απαιτηθούν.
- Προκαταρκτική εκτίμηση του τρόπου σύνδεσης με το Δίκτυο ή το Σύστημα.
- Σε περίπτωση που απαιτείται τροφοδοσία της εγκατάστασης, τεκμηρίωση της εξασφάλισης της προμήθειας / τροφοδοσίας της πρώτης ύλης.
- Χάρτες αποτύπωσης του σταθμού σε κλίμακα 1:5.000 και 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού.
- Σε περίπτωση Φ/Β σταθμού αποτυπώνεται το πολύγωνο του γηπέδου του σταθμού.
- Συντεταγμένες των ανωτέρω σημείων σε πίνακα και σε ηλεκτρονική μορφή σύμφωνα με το «Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α.) '87». Η μορφή των αρχείων αποτύπωσης είναι κατά σειρά προτίμησης SHAPFILE (*.SHP), ή GEOMEDIA ACCESS (*.MDB), ή MAPINFO (*.MIF), ή AUTOCAD (*.DWG).

Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5 που περιέχει αναλυτικά την τεχνικοοικονομική μελέτη του εγχειρήματος.

4.2.6 Επιχειρηματικό σχέδιο του έργου

Εδώ θα γίνει μια Συνοπτική παρουσίαση του επιχειρηματικού σχεδίου του έργου, στο οποίο περιλαμβάνονται τα εξής:

- Προϋπολογισμός του έργου ο οποίος περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:
 - Κόστος μελετών και αδειοδότησης.
 - Κόστος Η/Μ εξοπλισμού.
 - Κόστος έργων υποδομής (κατασκευή οδών πρόσβασης, εσωτερικής οδοποιίας, βελτίωση υφιστάμενων οδών, λοιπά έργα πολιτικού μηχανικού).
 - Κόστος διασύνδεσης με το δίκτυο και σχετική ανάλυση.
 - Χρηματοδοτική διάρθρωση της επένδυσης (ίδια κεφάλαια, δανειακά κεφάλαια/χρηματοδοτική μίσθωση, επιδότηση).
 - Τρόπος κάλυψης των απαιτούμενων ιδίων κεφαλαίων.
Αναλύεται ο τρόπος κάλυψης της ίδιας συμμετοχής, με αναφορά σε συγκεκριμένα ποσοτικά στοιχεία.
 - Υποθέσεις εργασίας, όπως π.χ. επιτόκιο δανεισμού, περίοδος αποπληρωμής

δανείου, κτλ.

- Χρονοδιάγραμμα κατασκευής και ημερομηνία έναρξης λειτουργίας.

- Προβλέψεις επενδυτικών, χρηματοδοτικών και λειτουργικών χρηματορροών για είκοσι έτη (περιλαμβανομένης της κατασκευαστικής περιόδου) διαρθρωμένες ως εξής:

- Επενδυτικές δαπάνες.
- Χρηματοδοτικές χρηματορροές.
- Λειτουργικές χρηματικές εισροές.
- Λειτουργικές χρηματικές εκροές (λειτουργία, συντήρηση, φόροι, κ.λ.π.).

Το επιχειρηματικό σχέδιο καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία που αναφέρονται παραπάνω, αναλύονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 3 της Οικονομικής μελέτης.

4.2.7 Στοιχεία τεκμηρίωσης της οικονομικής δυνατότητας του φορέα

Σε αυτό το μέρος παρατίθενται τα απαραίτητα στοιχεία που τεκμηριώνουν τη δυνατότητα του φορέα να καλύψει την απαιτούμενη ίδια συμμετοχή ανάλογα με τον τρόπο κάλυψης που δηλώνεται παραπάνω, σύμφωνα με την πιστοληπτική του ικανότητα και τη φερεγγυότητα του. Ειδικότερα, υποβάλλονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Στοιχεία τεκμηρίωσης της ικανότητας κάλυψης της απαιτούμενης ίδιας συμμετοχής
- Στοιχεία πιστοληπτικής ικανότητας του φορέα
- Στην περίπτωση χρηματοδοτικής μίσθωσης (όπως η δική μας) απαιτείται προέγκριση από εταιρεία Leasing για τη χορήγηση χρηματοδοτικής μίσθωσης.

Επίσης υποβάλλονται στοιχεία φερεγγυότητας του φορέα, εφόσον υπάρχουν, στοιχεία από προηγούμενες εγκρίσεις επιχορήγησης από τα προγράμματα του Υ.Π.Α.Ν. ή του Υ.Π.Ε.Θ.Ο. (τήρηση ή μη των όρων και των προϋποθέσεων της απόφασης υπαγωγής, ολοκλήρωση ή μη της επένδυσης κ.λ.π.).

Παρουσιάστηκαν παραπάνω τα στοιχεία του φακέλου που κατατίθεται στη ΡΑΕ για την άδεια παράγωγης ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι άξιο αναφοράς ότι η διαδικασία κρίσης του φακέλου διαρκεί από έναν έως τέσσερις μήνες. Για αυτό ακριβώς **το λόγο** η εταιρεία **προχωρεί** σε άλλες **διαδικασίες** ώστε να μη μένει πίσω στο χρονοδιάγραμμα της. Κάποιες από αυτές τις εργασίες είναι για παράδειγμα η αναζήτηση κατάλληλων μερών της εγκατάστασης ή η τελική σύναψη του δανείου. Η Ρ.Α.Ε. συνήθως **αξιολογεί** τα παρακάτω κριτήρια για την έγκριση μιας άδειας παραγωγής ρεύματος :

- Προστασία της δημόσιας υγείας και ασφάλειας
- Ενεργειακή αποδοτικότητα του έργου και οικονομική βιωσιμότητα του έργου
- Ωριμότητα του έργου σε σχέση με τη δυνατότητα ταχείας υλοποίησής του
- Ασφάλεια εγκαταστάσεων και του σχετικού εξοπλισμού του συστήματος και του δικτύου με τις απαιτήσεις του κώδικα διαχείρισης του δικτύου και του κώδικα διαχείρισης

του συστήματος και συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας

- Εξασφάλιση του δικαιώματος χρήσης της τοποθεσίας εγκατάστασης του έργου
- Δυνατότητα του αιτούντος να υλοποιήσει το έργο με βάση την οικονομική επιστημονική και τεχνική επάρκειά του
- Διασφάλιση παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας και προστασίας πελατών
- Προστασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις και σε σχέση με τη γνωμοδότηση που εκδίδει η αρμόδια υπηρεσία **περιβαλλοντικής** αδειοδότησης

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι εφόσον εγκριθεί ο φάκελος από την ΡΑΕ, αυτόματα ξεκινούν τα έργα στο πάρκο, αφού τότε το έργο που διαπραγματεύεται η εταιρία μπαίνει αυτόματα στον Αναπτυξιακό νόμο, άρα χαιρεί της επιχορήγησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και **είναι πλέον θέμα διαδικασίας** η έγκριση του δανείου από την τράπεζα

Υπάρχουν περιπτώσεις που η διάρκεια αυτή μπορεί να μεγαλώσει, πράγμα που σημαίνει να μείνει πίσω η εταιρία στο χρονοδιάγραμμά της. Μεγάλο πρόβλημα τότε θα είναι οι οφειλές που τρέχουν και η καθυστέρηση ανάληψης του δανείου, που αποτελεί ανάσα για την μικρή επιχείρηση, αφού το ίδιο κεφάλαιο είναι μικρό.

Τα γραφειοκρατικά προβλήματα των αιτήσεων στη Ρ.Α.Ε. αποτελούν έναν από τους βασικότερους λόγους που η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάρκων και η θέληση για πώληση ενέργειας στη ΔΕΗ έχει μείνει τόσο πίσω. Αξίζει να αναφερθεί ότι μεγάλες εταιρίες που έχουν ικανοποιητικό ίδιο κεφάλαιο και έχουν και την εμπειρία να διαχειρίζονται τέτοιες καταστάσεις γραφειοκρατικών κωλυμάτων έχουν σίγουρα μεγαλύτερη τύχη στην αγορά της πώλησης ενέργειας σε σχέση με τις μικρομεσαίες και μικρότερες επιχειρήσεις [4.1].

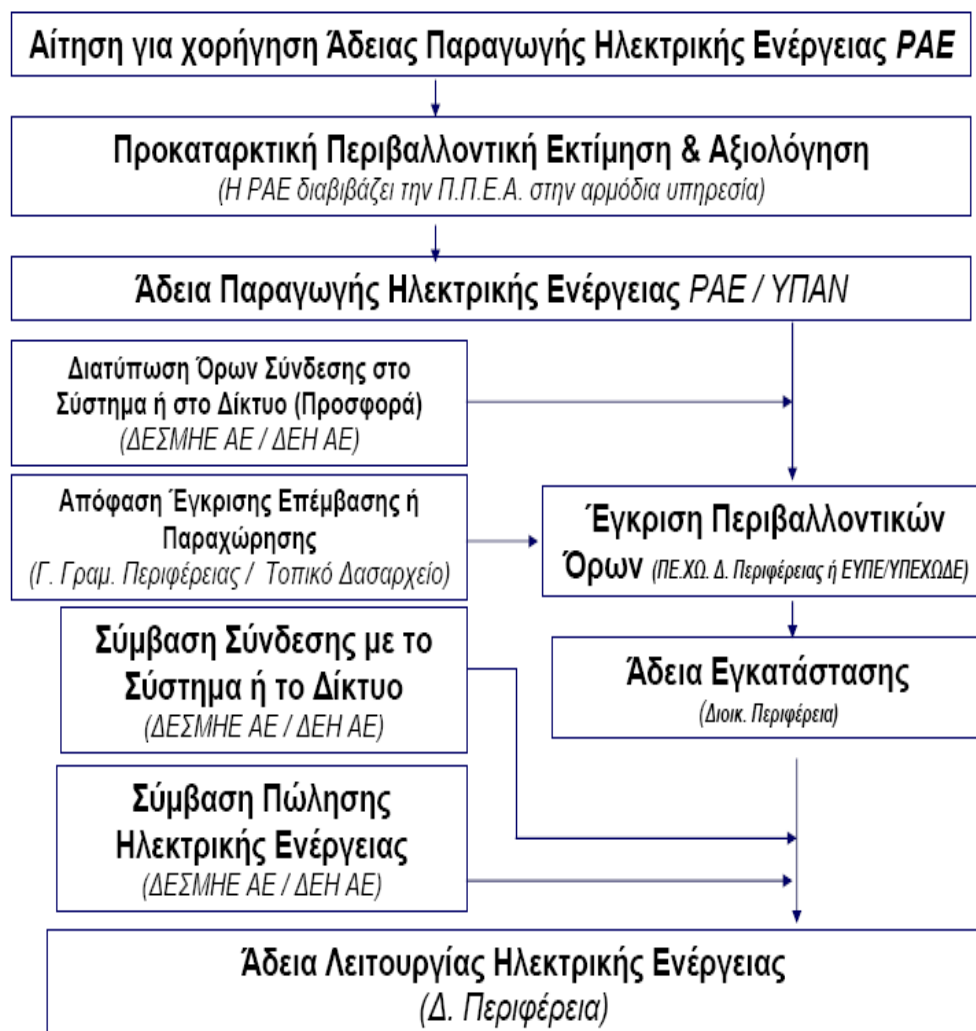
4.3 ΣΥΜΒΑΣΗ ΜΕ Δ.Ε.Η., ΣΥΜΒΑΣΗ ΜΕ Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε., ΑΛΛΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΛΛΑΓΕΣ.

Για να μη μείνει η εταιρία πίσω στο χρονοδιάγραμμα που έχει κάνει, ταυτόχρονα με την κρίση του φακέλου της από τη Ρ.Α.Ε. λαμβάνουν χώρα και άλλες αιτήσεις. Απευθυνόμαστε λοιπόν στη Δ.Ε.Η. όπου κάνουμε αίτηση για σύνδεση του πάρκου με το υπάρχον δίκτυο. Παραδίδουμε μαζί με την αίτηση την τεχνικοοικονομική μελέτη του φωτοβολταϊκού πάρκου. Η κρίση της αίτησης και η ανακοίνωση αποτελέσματος συνήθως διαρκεί δέκα με δεκαπέντε εργάσιμες μέρες.

Στη συνέχεια θα γίνει η αίτηση προς τη Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για να δοθεί στην εταιρία άδεια πώλησης ενέργειας στη Δ.Ε.Η.. Όμως το φωτοβολταϊκό πάρκο θα έχει ισχύ 100 kW με τόπο κατασκευής τη Ρόδο που δεν ανήκει στα διασυνδεδεμένα νησιά στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. άρα δεν θα απευθυνθεί η εταιρία στην Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. για άδεια αγοραπωλησίας ενέργειας, αλλά στα τοπικά γραφεία της Δ.Ε.Η..

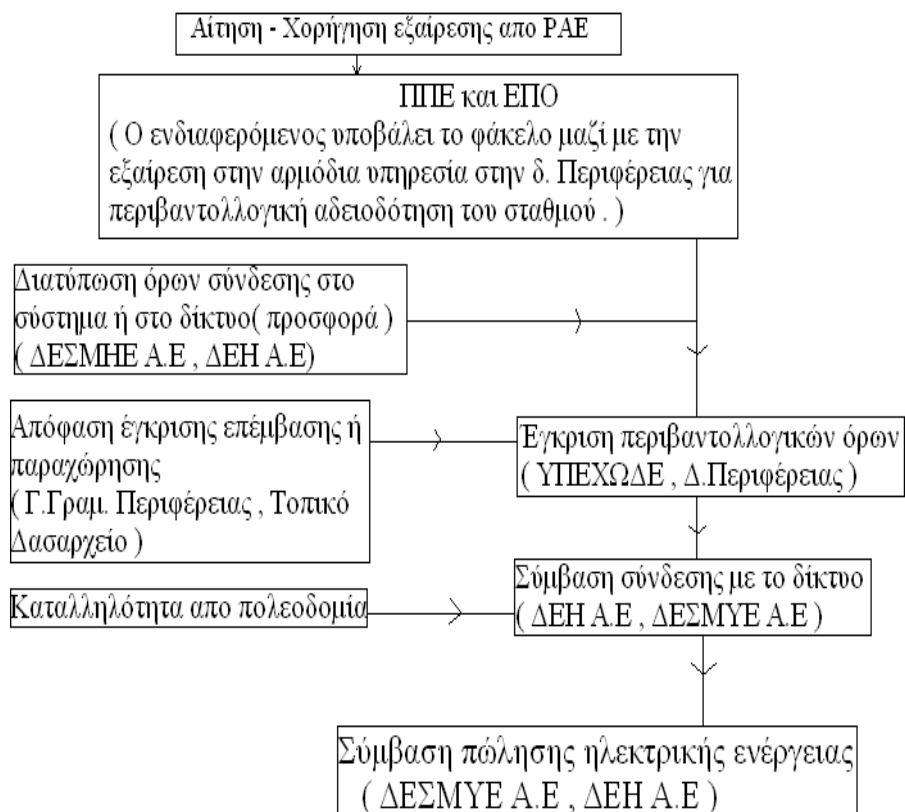
Η εταιρία ακριβώς επειδή ασχολείται με κατασκευή πάρκου φωτοβολταϊκών ισχύος 100 kW τυγχάνει κάποιων απαλλαγών. Ταυτόχρονα λοιπόν για να απολαμβάνει η εταιρία αυτές τις απαλλαγές πρέπει να κάνει κάποιες αιτήσεις εξαιρέσης. Επειδή λοιπόν η ισχύς του φωτοβολταϊκού πάρκου κυμαίνεται ανάμεσα σε 20 kW και 150 Kw η εταιρία δεν υποχρεούται να προχωρήσει σε σύναψη άδειας λειτουργίας του πάρκου. Επίσης για τον ίδιο λόγο δεν χρειάζεται άδεια εγκατάστασης, άδεια παραγωγής και άδεια δόμησης. Τα στοιχεία του οικοπέδου που διαχειριζόμαστε είναι τέτοια που δεν χρειάζεται ούτε κάποια πολεοδομική άδεια.

Για να μπορέσει λοιπόν η εταιρία να εξαιρεθεί της άδειας λειτουργίας πρέπει να κάνει σχετική αίτηση στη Ρ.Α.Ε. (διαφορετική από το φάκελο που καταθέτει). Στην αίτηση θα πρέπει να επισυνάπτεται και μια προμελέτη **περιβαλλοντικών** επιπτώσεων. Η εξαίρεση αυτή θα εκδοθεί από το Υπουργείο Ανάπτυξης με τη σύμφωνη γνώμη της Ρ.Α.Ε.. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα σχεδιάγραμμα για την πορεία των αδειοδοτήσεων μέχρι την αρχή λειτουργίας του πάρκου.



Σχήμα 4.1 : Πορεία δανειοδοτήσεων

Εδώ παρακάτω παρουσιάζουμε την ειδική περίπτωση που μας ενδιαφέρει, δηλαδή την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου σε νησί που δεν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.:



Σχήμα 4.2 : Πορεία δανειοδοτήσεων για πάρκο σε μη διασυνδεδεμένο δίκτυο

4.4 Βιβλιογραφία

- [4.1] <http://www.rae.gr/> , “Τι είναι η Ρ.Α.Ε., θεσμικό πλαίσιο ενεργειας”
- [4.2] <http://www.dei.gr/> , “Η Δ.Ε.Η σήμερα”
- [4.3] <http://www.desmie.gr> , “Γενικά αγοράς”
- [4.4] <http://www.cres.gr> , “Παρουσίαση του Κ.Α.Π.Ε.”

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΕΡΓΟ : Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού πάρκου, με σκοπό την πώληση
ρεύματος

ΘΕΣΗ	ΜΑΣΣΑΡΗ, ΔΗΜΟΣ ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ, ΡΟΔΟΣ, ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ
ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΑ ΙΣΧΥΣ	100 Kw



Σχήμα 5.1 : Κάτοψη έκτασης κατασκευής έργου

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχοντας σαν δεδομένο το υψηλό δυναμικό του δίπολου υψηλής θερμοκρασίας και διάρκειας ηλιοφάνειας στον Ελλαδικό χώρο, και την πρόθεση της πολιτείας (σύμφωνα με τους νόμους Ν. 1559/85 Ν.2244/94 Ν. 2773/99 Ν.3468/2006) να προχωρήσει στην λύση των ΑΠΕ για την εξοικονόμηση ενέργειας και εκμετάλλευση άλλων ειδών ενέργειας, και έχοντας σαν οδηγό την παρότρυνση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την εκμετάλλευση των γηγενών πηγών ενέργειας με στόχο την διασφάλιση της ενεργειακής ανεξαρτησίας στο μεγαλύτερο δυνατό **βαθμό**, και επίσης την εκμετάλλευση από την δημόσια υπηρεσία Ηλεκτρισμού της παρεχόμενης από ιδιώτη Ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, η εταιρία ΧΑΤΖΗΚΑΛΦΑΣ & ΣΙΑ Ο.Ε. προτίθεται να υλοποιήσει πάρκο εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών panels με σκοπό την πώληση ενέργειας στην αρμόδια εταιρία ηλεκτρισμού, στη θέση ΜΑΣΣΑΡΗ, δήμου ΑΡΧΑΓΓΕΛΟΥ, στην περιοχή ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΟΥ.

Το συγκεκριμένο πάρκο θα έχει εγκατεστημένα 12 συστοιχίες φωτοβολταϊκών panels των 8.3 kW, θα λειτουργεί ως ανεξάρτητη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής (ως ανεξάρτητος παραγωγός από Α.Π.Ε.) και θα είναι διασυνδεδεμένο με το υπάρχων δίκτυο της Δ.Ε.Η. μέσω εναέριας γραμμής διασύνδεσης κατάλληλης δυναμικότητας η οποία καταλήγει σε υποσταθμό στον οποίο διοχετεύεται η παραγόμενη ενέργεια σύμφωνα με τους **όρους** διασύνδεσης που εξέδωσε η Δ.Ε.Η. Α.Ε..

Όλες οι διαδικασίες ακολουθούν τους νόμους 2244/94 “Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις” και 2773/99 “Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – ρύθμιση θεμάτων πολιτικής και λοιπές διατάξεις”.

Παρουσιάζεται εδώ λοιπόν η τεχνική και οικονομική μελέτη του έργου που απαιτείται για την αίτηση σύνδεσης στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. και την άδεια εγκατάστασης από την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου.

Θα γίνει η περιγραφή αναλυτικά της θέσης εγκατάστασης του έργου, η σκοπιμότητα του έργου, τα αναμενόμενα οφέλη τόσο για την εταιρία όσο και για τον Δήμο Αρχαγγέλου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φωτοβολταϊκού πάρκου και των συστοιχιών των panels, οι απαιτούμενες παρεμβάσεις στο περιβάλλοντα χώρο, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία της εγκατάστασης αυτής. Επισημαίνεται ότι στα πλαίσια προώθησης των Α.Π.Ε. στην χώρα μας, ο προϋπολογισμός του έργου έχει εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή ένωση καθώς και από το Αναπτυξιακό και Επιχειρησιακό Πρόγραμμα του Υπουργείου Ανάπτυξης σε ποσοστό 60 %.

Στόχος είναι η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας που βρίσκεται σε αφθονία στην περιοχή αφού αποτελεί και ανεξάντλητο φυσικό πόρο που κατά τρόπο συμβάλει στο γενικότερο περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, του υπεδάφους και των υδάτινων πόρων λόγω της αντικατάστασης της παραγόμενης ενέργειας από τους συμβατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αλλά και την εξοικονόμηση καυσίμων προς όφελος της εθνικής οικονομίας.

Η εγκατάσταση εκτός από την οικονομική διάσταση του εγχειρήματος θα συμβάλλει στην ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής **δεδομένων των θέσεων** απασχόλησης που θα δημιουργηθούν κατά τη διαδικασία υλοποίησης του έργου αλλά και της λειτουργίας του, όπως και επίσης θα λυθούν εν μέρη τα προβλήματα ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάζονται στην περιοχή εξαιτίας της μη ένταξης της σε διασυνδεδεμένο δίκτυο της Δ.Ε.Η..

5.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ

Παρακάτω λοιπόν θα γίνει μια ανάλυση των μερών του φωτοβολταϊκού πάρκου καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή αυτών. Η τεχνολογία και η τεχνογνωσία εξελίσσεται με πολύ γοργούς ρυθμούς. Η εξέλιξη αυτή προκλήθηκε και από την πρόκληση ενδιαφέροντος του κράτους για ενασχόληση του ιδιωτικού τομέα με τις Α.Π.Ε, καθώς και από την Ευρωπαϊκή οδηγία για την ανάλογη περίπτωση.

Έτσι λοιπόν βασικές προϋποθέσεις για την επιλογή των καταλλήλων μερών ενός φωτοβολταϊκού πάρκου θα είναι:

- Χρόνος ζωής άνω των 20 ετών (αφού το συμβόλαιο με τη Δ.Ε.Η. έχει διάρκεια 10 + 10 χρόνια).
- Διαθεσιμότητα πάνω από 95%.
- Ασφαλής λειτουργία τόσο για το περιβάλλον όσο και για το ανθρώπινο δυναμικό.
- Σίγουρη παραγωγή χωρίς διακοπές από αστάθμητους παράγοντες όπως σκόνη, ακραία καιρικά φαινόμενα διότι το συμβόλαιο πώλησης ρεύματος με τη Δ.Ε.Η. αναφέρει την παραγωγή 100 kW και η τιμή που δίνει για την πώληση αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη σταθερή απόδοση.
- Χρειάζεται αντιδιαβρωτική και αντικεραυνική προστασία.
- Σύστημα ελέγχου που επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο του πάρκου ακόμα και από απόσταση (Μέσω Διαδικτύου).
- Το τελικό κόστος να μη υποστεί καμιά τροποποίηση.

Οι παραπάνω προϋποθέσεις υλοποιούνται από την τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του πάρκου. Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί θα προέρχεται από επώνυμες και με εμπειρία εταιρίες για την επιλογή κάθε κατηγορίας προϊόντος.

Γενικά :

Η περιοχή που θα κατασκευαστεί το έργο είναι 34.528 m νοτιοδυτικά της πόλης της Ρόδου και 12.079 m βορειοδυτικά της Λίνδου. Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει κατοικημένη περιοχή σε απόσταση 2.86 km. Η ευρύτερη περιοχή φαίνεται στο σχήμα 2.1. Σύμφωνα με το τοπογραφικό σχέδιο πρόκειται για κτήμα εβδομήντα στρεμμάτων από τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τα τέσσερα στρέμματα γης.

Η επιλογή της θέσης έγινε μετά από σχολαστική εξέταση της περιοχής ώστε να ικανοποιεί όλους τους περιορισμούς που προβλέπονται από τη σχετική νομοθεσία ώστε να μην επηρεάζονται το περιβάλλον, οι υπάρχοντες οικισμοί, και οι εν γένει δραστηριότητες της ευρύτερης περιοχής. Επίσης η συγκεκριμένη περιοχή είναι ικανή για την εγκατάσταση της τάξεως των 100 kW που εξετάζεται. Για την υλοποίηση της επένδυσης βρίσκεται σε εξέλιξη η εκτίμηση του φακέλου της επένδυσης από τη Ρ.Α.Ε.

Τα βασικά βήματα για την κατασκευή του έργου (όσο αφορά την επιλογή προϊόντων) είναι τα εξής :

1. Επιλογή αντιστροφέα
2. Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων
3. Κατασκευές υποδομής-Βάσεις στήριξης
4. Γείωση
5. Αντικεραυνική προστασία
6. Διασύνδεση με το δίκτυο

Παρακάτω αναφέρουμε πιο αναλυτικά τα βασικά βήματα.

5.1.1 Επιλογή αντιστροφέα

Ο σχεδιασμός ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος ξεκινάει με την επιλογή ενός κατάλληλου αντιστροφέα. Αυτός καθορίζει τη τάση του συστήματος από τη πλευρά του συνεχούς και η φωτοβολταϊκή γεννήτρια μπορεί τότε να διαμορφωθεί ανάλογα με τα χαρακτηριστικά εισόδου του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας είναι το πιο σημαντικό στοιχείο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος ύστερα από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Η αρμοδιότητά του είναι να μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγεται από την ηλιακή κυψέλη σε ένα εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας 50 Hz προσαρμοσμένο στο δίκτυο. Σε αντίθεση με τους αντιστροφείς που προορίζονται μόνο για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, αυτοί που προορίζονται για παράλληλη λειτουργία πρέπει να ανταποκρίνονται τόσο στα χαρακτηριστικά του δικτύου όσο και στην απόδοση της ηλιακής γεννήτριας εξίσου καλά. Καθώς το ρεύμα από τα panels ρέει μέσα από τον αντιστροφέα, τα χαρακτηριστικά του ουσιαστικά επηρεάζουν τη συμπεριφορά και την λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Η ισχύς του αντιστροφέα πρέπει να συμβιβάζει πολλές παραμέτρους. Για το συγκεκριμένο φ/β πάρκο εξετάστηκαν τα προϊόντα μιας εκ των μεγαλύτερων εταιριών στον χώρο, της SMA. Η εταιρία αυτή δραστηριοποιείται πολλά χρόνια στο χώρο των αντιστροφέων για φ/β συστήματα και τα προϊόντα της θεωρούνται κορυφαία όσον αφορά την αξιοπιστία και την απόδοση.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση πρόκειται να συνδεθεί στο δίκτυο μέσω τριών αγωγών στις τρεις φάσεις του δικτύου (τριφασική σύνδεση). Εφόσον έχει επιλεγεί η χρήση ενός τύπου αντιστροφέα αυτό συνεπάγεται ότι ο συνολικός αριθμός των αντιστροφέων πρέπει να είναι πολλαπλάσιος του τρία, για να μπορούν να ομαδοποιηθούν συμμετρικά, όσον αφορά την ισχύ, οι έξοδοί τους [5.1].

Ο αντιστροφέας είναι το μοντέλο SMC 8000TL ο οποίος έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [3.1]:

Πίνακας 5.1 : Χαρακτηριστικά αντιστροφέα SMC 8000TL

Τιμές Εισόδου	SMC 8000TL
Μέγιστη ισχύς DC	8250W
Εύρος τάσης DC	335V-700V
Ονομαστική τάση DC	350V
Μέγιστη τάση DC	700V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	25A
Διακύμανση τάσης DC	<10%
Μέγιστος αριθμός παράλληλων string	4
Τιμές Εξόδου	
Μέγιστη ισχύς AC	8000W στους 40oC
Ονομαστική ισχύς AC	8000W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	35A
THD ρεύματος AC	<4%
Ονομαστική τάση AC	220V-240V
Ονομαστική συχνότητα AC	50Hz
Απόδοση	
Μέγιστη απόδοση	98%
Euro-eta	97,7%
Μηχανολογικά στοιχεία	
Βάρος	33kg
Ύψος/Μήκος/Πλάτος/ (mm)	613/468/242

5.1.2 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων

Οι παράμετροι σύμφωνα με τις οποίες έγινε η επιλογή των πλαισίων ήταν η αξιοπιστία και η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρίας, η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοσή τους και φυσικά το κόστος. Για την επιλογή των πλαισίων αυτών έγινε σύγκριση μεταξύ 5 μεγάλων εταιριών γνωστών για την τεχνογνωσία τους και την εμπειρία τους. Τελικώς καταλήξαμε στο μοντέλο φωτοβολταϊκού πλαισίου KC130 GHT-2 της εταιρίας KYOCERA που τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.2 : Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκού πλαισίου KC130 GHT-2

	KC130 GHT-2
Ονομαστική μέγιστη ισχύς P_{max}	130W
Ονομαστική τάση φόρτισης V_{mpp}	17,6V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης I_{mpp}	7,39A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc}	21,9V
Ρεύμα βραχυκυκλώσεις I_{sc}	8,02A
Τάση μέγιστης ισχύος συστήματος	750V
Πλήθος φ/β στοιχείων ανά πλαίσιο	36
Τεχνολογία φ/β στοιχείων	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο
Μορφή φ/β στοιχείων	πολυγωνική
Διαστάσεις (μήκος×πλάτος×ύψος) mm	1425×652×36
Βάρος	11,9kg

Να σημειωθεί ότι η επιλογή τόσο του φωτοβολταϊκού πλαισίου όσο και του αντιστροφέα έγινε μετά από σειρά υπολογισμών για την καλύτερη συνεργασία τους ώστε να έχουμε το καλύτερο λόγο απόδοσης/τιμής.

Καταλήγουμε ότι χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο αναστροφέα και φωτοβολταϊκό πλαίσιο, για να έχουμε την εγκατάσταση παραγωγής 100 kW θα χρειαστούμε 12 αντιστροφείς με 63 φωτοβολταϊκά πλαίσια ανά αντιστροφέα. Η ισχύς στην είσοδο του αντιστροφέα θα είναι 8190 Wp και τα πλαίσια οργανώνονται σε 3 συστοιχίες των 21 πλαισίων. Η τάση και η ένταση στην είσοδο του αντιστροφέα θα είναι 369.9 V και 22.17 A αντίστοιχα. Τέλος να αναφέρουμε ότι ο συνολικός αριθμός πλαισίων θα είναι 756, η συνολική ισχύς της εγκατάστασης 98.280Wp και το κόστος των 12 αντιστροφέων 12x2.950 € = 35400 €.

5.1.3 Διαστασιολόγηση συστοιχίας

Η Διαστασιολόγηση της συστοιχίας είναι σημαντικό μέρος για να μπορούμε να έχουμε την καλύτερη εκμετάλλευση χώρου όσο αφορά τις κατασκευαστικές απαιτήσεις αλλά και την αισθητική του χώρου. Ένα πολύ σημαντικό γεγονός στις φ/β εγκαταστάσεις είναι η τοπογραφική διάταξη να είναι βέλτιστη. Γεγονός που εξασφαλίζεται αν έχει επιτευχθεί:

- Η βέλτιστη τοποθέτηση των πλαισίων όσον αφορά την κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο και τον προσανατολισμό προς τον νότο (αζιμούθιο 180°), όπως έχει προκύψει από την μελέτη.
- Η ελάχιστη δυνατή χρησιμοποίηση των επιφανειών που θα τοποθετηθούν τα πλαίσια, χωρίς σε καμία περίπτωση να επηρεάζεται η προσλαμβανόμενη ηλιακή ενέργεια (αποφυγή φαινόμενων σκίασης μεταξύ γειτονικών συστοιχιών).

- Η ελάχιστη χρησιμοποίηση καλωδίων για τις ενώσεις μεταξύ των πλαισίων, των συστοιχιών, των αντιστροφών κτλ.

Πρέπει λοιπόν να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ δύο συνεχόμενων συστοιχιών ώστε να εξασφαλιστεί ότι η μια συστοιχία δεν θα επηρεάζει την άλλη. Χρησιμοποιώντας το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής (36,17°) από την παρακάτω σχέση έχουμε την βέλτιστη κλίση που πρέπει να έχει το πλαίσιο για μέγιστη απόδοση σε σχέση με τη γωνιά πρόσπτωσης της ακτινοβολίας του ηλίου :

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \varphi \quad (5.1)$$

Άρα η βέλτιστη κλίση είναι 29°

Έχοντας ως δεδομένο το ύψος της συστοιχίας που είναι 4.3 m και σύμφωνα με το γεωγραφικό πλάτος και τον πίνακα Monegon ο λόγος της απόστασης του υψηλότερου σημείου του ενός πλαισίου με το χαμηλότερο σημείο του επομένου και της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ του υψηλότερου σημείου του ενός πλαισίου με το χαμηλότερο σημείο του επομένου είναι 2.35.

Η απόσταση μεταξύ δυο συστοιχιών πρέπει να είναι:

$$\varepsilon = \gamma \cdot \frac{\frac{\alpha}{\nu} \cdot \sin \beta + \cos \beta}{1 + \frac{\alpha}{\nu} \cdot \kappa} \quad (5.2)$$

Έχουμε $\varepsilon = 1.8$ m δηλαδή μικρή απόσταση σχετικά, πράγμα φυσιολογικό αφού η κλίση του εδάφους είναι πολύ μικρή.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την απόσταση από ανατολή προς δύση. Αφού παρατηρείται αμελητέα κλίση της γης η απόσταση θα πρέπει να είναι 2 m όπου οι απώλειες είναι μικρές (λόγω σκίασης κυρίως).

Παρατηρούμε ότι έχοντας τρεις παράλληλες σειρές τεσσάρων συστοιχιών με μήκος συστοιχίας 14 m και απόσταση μεταξύ σειρών 3 m και πλάτος 3.9 m και απόσταση 2 m, μόνο η επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι συστοιχίες θα είναι $50(\text{μήκος}) \cdot 22(\text{πλάτος}) = 1121.96$ τ.μ.

Για να ολοκληρωθεί η διαστασιολόγηση πρέπει να αναφερθεί η τοποθεσία που θα τοποθετηθεί η αντικεραιυνική προστασία, ο εξωτερικός πίνακας, το σύστημα ελέγχου, όπως βέβαια και η περίφραξη της κατασκευής για την προστασία της από τους εξωτερικούς παράγοντες. Συνεπώς για την πλήρη ολοκλήρωση του έργου θα χρειαστούν περί τα τέσσερα στρέμματα [5.2].

5.1.4 Κατασκευές υποδομής-Βάσεις στήριξης

Για την εγκατάσταση των συστοιχιών επιλέχθηκε κάθε συστοιχία να τοποθετηθεί σε 6 στύλους (2 σειρές των 3 στύλων) 40×20 cm από εμφανές μπετό, οι οποίοι θεμελιώνονται σε βάθος περίπου 1m και στηρίζονται σε μια πεδιλοδοκό $100 \times 100 \times 30$ cm. Οι κεφαλές των έξι στύλων της κάθε συστοιχίας ορίζουν μια κοινή οριζόντια στάθμη, εφόσον έχει επιλεγεί να οριζοντιωθεί η κάθε συστοιχία. Πάνω στους στύλους εδράζονται οι μεταλλικές βάσεις στήριξης μέσω των οποίων επιτυγχάνεται και η επιθυμητή κλίση των 29°. Οι βάσεις στήριξης μπορούν να υλοποιηθούν από μια πληθώρα συνδυασμών μεταλλικών δοκών.

5.1.5 Γείωση

Για την εγκατάσταση που μελετάται επιλέγεται ο συνδυασμός άμεσης θεμελιακής γείωσης με διακόπτες διαφυγής έντασης. Η θεμελιακή γείωση συνδέεται με τα βάθρα των συστοιχιών, τα οποία είναι χυτά από οπλισμένο σκυρόδεμα και θεμελιωμένα σε βάθος περίπου 1m. Η θεμελιακή γείωση καθώς συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό της εγκατάστασης αποκτά εντυπωσιακά χαμηλές τιμές αντίστασης, διότι σχηματίζει ένα πολύ μεγάλο ηλεκτρόδιο γείωσης.

Σε εγκαταστάσεις μεγάλων διαστάσεων (με τη μία τουλάχιστον διάσταση μεγαλύτερη από 25m) επιλέγεται η από τη θεμελιακή γείωση περικλειόμενη επιφάνεια να κατανέμεται σε μικρότερα τμήματα – βρόχους, μέγιστων διαστάσεων (20 m x 20 m). Στην περίπτωση του φ/β πάρκου που εξετάζεται, αυτό έχει ληφθεί υπόψη και η θεμελιακή γείωση αποτελείται από έξι βρόχους. Ως ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ταινίες με ελάχιστες διαστάσεις διατομής 30 mm x 3.5 mm. Χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδιο γείωσης σε μορφή ταινίας, πρέπει να τοποθετηθεί με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής της κατακόρυφα. Τα εξαρτήματα για τη σύνδεση των αγωγών ή των ταινιών μεταξύ τους καθώς και με σκληρό οπλισμό πρέπει να είναι κατασκευασμένα από θερμά γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα, να έχουν αντοχή σε διάβρωση και ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος. Για τη σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, των ισοδυναμικών συνδέσεων κλπ. με τη θεμελιακή γείωση κατασκευάζονται λήψεις όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις θέσεις εγκατάστασης πινάκων διανομής που προβλέπεται η άμεση σύνδεσή τους στη γείωση καθώς και όπου θα πραγματοποιηθούν οι κύριες και συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις. Οι λήψεις θεμελιακής γείωσης είναι κατασκευασμένες από υλικό ανθεκτικό στη διάβρωση (γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα). Τα εξαρτήματα σύνδεσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης και των ισοδυναμικών συνδέσεων με τις λήψεις της θεμελιακής γείωσης, καθώς και τα σημεία σύνδεσης των εξαρτημάτων διαστολής με τις λήψεις της θεμελιακής γείωσης πρέπει να έχουν αντοχή σε διάβρωση στο περιβάλλον που εγκαθίστανται, ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ηλεκτρικό ρεύμα και επαρκή μηχανική αντοχή ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της ηλεκτρικής συνέχειας [5.3].

5.1.6 Αντικεραυνική προστασία

Στην εγκατάσταση που μελετάται επιλέγεται η τοποθέτηση 8 τερματικών ακίδων σύλληψης σε σημεία της εγκατάστασης. Τα σημεία τοποθέτησης, εκτός από την αντικεραυνική προστασία, εξασφαλίζουν ότι η σκίαση που δημιουργείται είναι αμελητέα. Ακόμα δημιουργούν ανά τέσσερα, νοητά ορθογώνια το μεγαλύτερο εκ των οποίων είναι διαστάσεων 28,5m x 16m. Δεδομένου αυτού του μεγέθους, η απόσταση d προκύπτει:

$$d = \sqrt{28.5^2 + 16^2} = 32,68m \quad (5.3)$$

Η παρακάτω σχέση μας δίνει το ύψους που θα πρέπει να τοποθετηθεί το αλεξικέραυνο:

$$p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (5.4)$$

με R από πίνακα όπου δίδεται κατά την χρήση της μεθόδου της κυλιόμενης σφαίρας για αντικεραυνική προστασία τύπου III Άρα:

$$R = 45$$

Από τα παραπάνω προκύπτει :

$$p = 45 - \sqrt{45^2 - \left(\frac{32,68}{2}\right)^2} = 3,07m \quad (5.5)$$

Άρα τοποθετείται αλεξικέραυνο σε ύψους άνω των τεσσάρων μέτρων για σιγουριά.

Τώρα θα ελεγχθεί η απόσταση ανάμεσα στον αντικεραυνικό εξοπλισμό και την ηλεκτρική εγκατάσταση. Ανάμεσα σε μια εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας και τον μεταλλικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό της κατασκευής μπορεί να δημιουργηθεί μη ελεγχόμενη διαπήδηση ηλεκτρικού σπινθήρα εάν δεν υπάρχει μεταξύ τους η απαραίτητη απόσταση ασφαλείας. Ο τύπος που επιτρέπει τον υπολογισμό αυτής της απόστασης:

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot L \quad (5.6)$$

και με δεδομένα $k_i = 0,05$, $k_c = 1$, $k_m = 1$, $L = 4m$

$$s = 0,05 \cdot \frac{1}{1} \cdot 3,4 = 0,17 m \quad (5.7)$$

όπου αποτελεί την απόσταση ασφάλειας [5.4].

5.1.7 Διασύνδεση με το δίκτυο

5.1.7.1 Αντιστροφείς

Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι οι αντιστροφείς που χρησιμοποιήθηκαν, ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφαλείας σύμφωνα με τον «Οδηγό σύνδεσης φωτοβολταϊκών σταθμών στο δίκτυο χαμηλής τάσης» της Δ.Ε.Η. Αναφέρεται λοιπόν [5.4]:

- Η εισαγωγή συνεχούς ρεύματος (χωρίς τη χρήση ΜΣ) είναι μικρότερη του 0,5% της ονομαστικής του τιμής.
- Η συνολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος (THDI) είναι μικρότερη από 4%.
- Η σύνδεση και η αποσύνδεση γίνεται μέσω ηλεκτρονόμων που ελέγχονται μέσω λογισμικού και περιλαμβάνει αυτόματη επανασύνδεση εφόσον οι τιμές τάσης και συχνότητας εμπίπτουν στα όρια $0,8 \times V_{nom} - 1,15 \times V_{nom}$ και 49,5Hz - 50,5Hz και άμεση αποσύνδεση εφόσον δεν πληρούνται τα όρια αυτά.
- Η ενεργός προστασία έναντι της νησιδοποίησης μέσω μέτρησης της σύνθετης αντίστασης.

5.1.7.2 Καλώδια

Τα καλώδια, με τα οποία συνδέονται τα φ/β πλαίσια μεταξύ τους, είναι ειδικού τύπου διατομής $2,5mm^2$ και η προμήθεια τους γίνεται μαζί με τη γεννήτρια. Η παροχή ισχύος από

τις φ/β συστοιχίες γίνεται μέσω καλωδίων τύπου H07RN-F (νεοπρενίου) διατομής $1 \times 2,5 \text{ mm}^2$, που μεταφέρουν συνεχές ρεύμα έντασης 7,39A από τα φ/β πλαίσια στον αντιστροφέα.

Η σύνδεση του αντιστροφέα με τον πίνακα χαμηλής τάσης της εγκατάστασης γίνεται με καλώδια τύπου H07V-K διατομής $3 \times 16 \text{ mm}^2$. Για τη συγκεκριμένη διατομή που επιλέχτηκε, η απαίτηση οι απώλειες να περιορίζονται στο 1% ικανοποιείται όταν το μέγιστο μήκος των καλωδίων είναι 31,1 m. Η θέση του πίνακα στην εγκατάσταση ικανοποιεί εύκολα την απαίτηση αυτή.

5.1.7.3 Εξωτερικός Πίνακας

Οι έξοδοι όλων των αντιστροφών συγκεντρώνονται σε ένα πίνακα χαμηλής τάσης, όπου και ομαδοποιούνται σε τρεις φάσεις και στη συνέχεια αναχωρεί μια τριφασική γραμμή για να συνδεθεί με το δίκτυο. Λόγω της φύσης της εγκατάστασης προτιμήθηκε η χρήση ενός πίνακα Pillar. Κατασκευάζονται από χαλβοέλασμα γαλβανιζέ πάχους 2mm σε διάφορες διαστάσεις, ενώ ο βαθμός προστασίας τους είναι IP40 ή ανάλογα με τις προδιαγραφές μέχρι και IP66. Το ηλεκτρολογικό υλικό κουμπώνεται σε ειδική γαλβανιζέ ράγα. Η κατασκευή του είναι τέτοια, ώστε τα διάφορα όργανα να είναι εύκολα προσιτά και τοποθετημένα σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους και έτσι εξασφαλίζεται η άνετη αφαίρεση, επισκευή και επανατοποθέτηση τους, χωρίς να μεταβάλλεται η κατασκευή των γειτονικών οργάνων. Η θέση του έχει επιλεγεί ώστε να χρειάζεται όσο δυνατόν λιγότερο καλώδιο, για λόγους κόστους αλλά και γιατί επιτυγχάνεται έτσι το μέγιστο μήκος καλωδίων (25 m) το οποίο είναι το όριο για απώλεια της τάξεως του 1 %.

5.1.7.4 Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου

Η παρακολούθηση και ο έλεγχος της εγκατάστασης γίνεται μέσω ειδικών λογισμικών που έχουν αναπτυχθεί από μεγάλη εταιρία, τα οποία καταγράφουν μέσω αυτών τα δεδομένα τάσης, ισχύς αλλά επίσης και τυχόν σφάλματα και βλάβες που να έχουν προκληθεί από αστάθμητους παράγοντες. Μέσω σύνδεσης του υπολογιστή της εγκατάστασης με modem γίνεται εφικτή η παρακολούθηση όσων αναφέρθηκαν και μέσω διαδικτύου [5.5].

5.2 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΧΩΡΟ

Οι επεμβάσεις που θα γίνουν στο περιβάλλοντα χώρο είναι μικρής σημασίας γιατί όπως αναφέραμε παραπάνω η εγκατάσταση θα καταλάβει χώρο που αποτελεί μια μικρή έκταση σε ένα πολύ μεγαλύτερο ιδιόκτητο κτήριο. Άρα αποφεύγεται η τυχόν ενόχληση των γύρω περιοχών.

- Το κτήριο έχει ήδη δρόμους πρόσβασης αφού χρησιμοποιείται ως λατομείο. Ίσως χρειαστούν κάποιες μικρές διανοίξεις για ακόμα ευκολότερη πρόσβαση.
- Θα γίνει εκσκαφή στο χώρο στα σημεία που πρέπει να εφαρμοστούν οι τσιμεντένιες κολόνες που θα συγκρατούν την εγκατάσταση. Το βάθος όπως αναφέρθηκε θα είναι της τάξεως των τριών μέτρων ώστε να διαφυλάσσεται η ασφάλεια και η μη εύκολη φθορά της κατασκευής. Τα προϊόντα εκχωμάτωσης θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία σκυροδέματος.
- Με το τέλος της κατασκευής ο χώρος θα επανέλθει στην φυσική αρχική του κατάσταση και θα διαμορφωθεί έτσι ώστε να μην επηρεάζει τις υπόλοιπες εργασίες του λατομείου και θα διευκολύνει τις συνθήκες εργασίας των εργαζόμενων της εγκατάστασης.

5.2.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου

Οι ενδεχόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του έργου αφορούν στα εξής περιβάλλοντα:

- Φυσικό
- Βιοτικό
- Ανθρωπογενές

Διακρίνονται δε από χρονικής πλευράς σε επιπτώσεις κατά την:

- Κατασκευή και
- Λειτουργία του έργου.

5.2.1.1 Έδαφος

Το προτεινόμενο έργο δεν αναμένεται να προκαλέσει διαταραχές στο έδαφος της περιοχής. Επίσης δε θα προκαλέσει ασταθείς καταστάσεις εδάφους ή αλλαγές στη γεωλογική διάταξη των πετρωμάτων, καθώς όλες οι εργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν είναι επιφανειακού χαρακτήρα (μέγιστο βάθος εκσκαφής 3 μέτρα) και δεν μπορούν να προκαλέσουν καθιζήσεις, ερπυσμούς ή κατολισθήσεις εδαφών.

Γενικά από τα προτεινόμενα έργα θα προκληθούν μόνο μικρής έκτασης διασπάσεις και μετατοπίσεις του επιφανειακού στρώματος του εδάφους οι οποίες δεν θεωρούνται σημαντικές. Δεν αναμένονται επίσης μεταβολές στο ανάγλυφο και την τοπογραφία της περιοχής λόγω της μικρής έκτασης και έντασης των έργων.

Στην περιοχή δεν υπάρχουν μοναδικά γεωλογικά ή φυσικά χαρακτηριστικά και έτσι το έργο δε δημιουργεί κανένα κίνδυνο για έκθεση ανθρώπων ή περιουσιών σε γεωλογικές καταστροφές, δεδομένου ότι δεν αναμένονται φαινόμενα κατολισθήσεων, καθιζήσεων ή παρόμοιων γεωλογικών καταστροφών. Ειδικά προβλήματα σεισμών ή ευστάθειας δεν θα προκληθούν, εφόσον τα μεγέθη των παρεμβάσεων είναι πολύ μικρά. Ως εκ τούτου δεν υφίσταται ούτε θα προκύψει κανένα πρόβλημα από γεωτεχνικής πλευράς.

Για τα έργα αυτά δεν αναμένεται η αύξηση της διάβρωσης του εδάφους κατά τη φάση της κατασκευής, κυρίως λόγω του μεγέθους τους. Θα υπάρξει πρόβλεψη επίσης για τον καθαρισμό του χώρου μετά την αποπεράτωση του έργου από τα υλικά εκσκαφής και τη χρήση αυτών.

5.2.1.2 Αέρας

Εφόσον πρώτη ύλη του σταθμού αποτελεί η ηλιακή ενέργεια δεν αναμένεται καμιά εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα ή υποβάθμιση της ποιότητας της ατμοσφαιράς. Απλά αναμένεται μικρής έκτασης εκπομπή σκόνης κατά την διάρκεια των εκσκαφών στη φάση της κατασκευής.

Αντιθέτως η λειτουργία του προτεινόμενου πάρκου θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ποσότητας πρωτογενούς ενέργειας την οποία θα παρήγαγαν συμβατικοί

σταθμοί παραγωγής. Η επιτυγχανόμενη εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας θα έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή έκλυσης ποσοτήτων ρύπων στην περιοχή του έργου.

Δεν προκαλούνται επίσης δυσάρεστες οσμές από την εγκατάσταση και λειτουργία του σταθμού. Τέλος δεν αναμένεται καμιά μεταβολή στο κλίμα, στις κινήσεις του αέρα, στην υγρασία ή τη θερμοκρασία εξαιτίας της μορφολογίας της περιοχής και της μηδενικής επίδρασης των εγκαταστάσεων του προτεινόμενου αιολικού πάρκου στις μικροκλιματικές αυτές παραμέτρους.

5.2.1.3 Νερά

Οι εκσκαφές και οι άλλες εργασίες θα γίνουν εκτός του υδροφόρου ορίζοντα και κατά συνέπεια δεν θα επηρεάζουν τα υπόγεια νερά. Δεν θα προκύψουν αλλαγές στη κίνηση των επιφανειακών νερών ούτε θα μεταβληθεί η σημερινή κατάσταση ως προς το ρυθμό απορρόφησης των νερών ή την απόπλυση των εδαφών. Δεν προβλέπονται επίσης έργα (π.χ. χωματουργικά) τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την πορεία των νερών από πλημμύρες ή να δημιουργήσουν έμμεσα κινδύνους έκθεσης ανθρώπων ή περιουσιών σε καταστροφές από πλημμυρικά κύματα.

Κατά τη λειτουργία του πάρκου δεν προβλέπονται έργα από τα οποία θα μπορούν να προέλθουν υγρά απόβλητα. Ομοίως δε θα μεταβληθεί η σημερινή κατάσταση κίνησης υπόγειων υδάτων, διότι δεν υπάρχει παρέμβαση στο υπόγειο ορίζοντα.

5.2.1.4 Χλωρίδα

Στον χώρο του κτήματος που θα γίνει το έργο θα υπάρχει ελάχιστη απώλεια βλάστησης αφού στην περιοχή δεν ευδοκιμούν φυτά, παρά μόνο τα καλλιεργήσιμα από τον ιδιώτη. Δεν αναμένεται επίσης εισαγωγή νέων φυτών ή παρεμπόδιση της φυσιολογικής ανανέωσης των υπαρχόντων ειδών διότι οι φυτοκοινωνικές δραστηριότητες έχουν διακοπεί προ πολλού λόγω προηγούμενων έργων στη περιοχή.

5.2.1.5 Πανίδα

Δεν αναμένεται μεταβολή της ποικιλίας ή αριθμού ειδών χέρσες και πτηνοπανίδας τόσο από τις εργασίες όσο και από τη λειτουργία του πάρκου. Δεν αναμένεται επίσης μεταβολή της μετακίνησης ζώων, εισαγωγή νέων ειδών σε κάποια περιοχή ή παρεμπόδιση της αποδημίας. Η πιθανή παρενόχληση ζωικών ειδών κατά τη κατασκευή του έργου δεν αποτελεί σημαντική διαταραχή λόγω της μικρής έκτασης αυτής.

5.2.1.6 Θόρυβος

Η απόσταση της έκτασης που θα κατασκευαστεί ο σταθμός είναι σε απόσταση τουλάχιστον τεσσάρων χιλιομέτρων από κατοικημένη περιοχή. Εκτός των άλλων ο θόρυβος που εκπέμπει η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι μηδαμινός και προκαλείται κυρίως από τον αντιστροφέα.

5.2.1.7 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή του έργου (βοσκότοποι, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ανθρωπογενής δραστηριότητα κ.λ.π.), εκτιμάται ότι δεν πρόκειται να επηρεαστούν. Άλλα έργα υποδομής δεν υπάρχουν στη γύρω περιοχή ώστε να υπάρχει πιθανότητα να επηρεαστούν.

Αντιθέτως, η εγκατάσταση του εν λόγω σταθμού θα ενισχύσει τα έργα υποδομής όπως την υποδομή μεταφοράς ενέργειας καθώς θα κατασκευαστεί υποσταθμός της Δ.Ε.Η., καθώς και την υποδομή μεταφορών με τη βελτίωση της ήδη υπάρχουσας οδού.

5.2.1.8 Φυσικοί πόροι

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν επηρεάζει άλλες χρήσεις του εν λόγω φυσικού πόρου, αντίθετα επιτρέπει την πληρέστερη αξιοποίηση του με την παράλληλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας παραγόμενης από συμβατικά καύσιμα.

5.2.1.9 Κίνδυνος ανώμαλων καταστάσεων

Δεν υπάρχει κίνδυνος έκρηξης ή διαφυγής επικίνδυνων ουσιών σε περίπτωση ατυχήματος ή ανώμαλων καταστάσεων λόγω της φύσης της πρώτης ύλης. Η λειτουργία του εν λόγω πάρκου δεν εμπεριέχει κινδύνους από ατυχήματα, οπότε δεν συντρέχει λόγος ανησυχίας.

5.2.1.10 Πληθυσμός

Το παρόν έργο δεν πρόκειται να προκαλέσει μεταβολή στο ρυθμό αύξησης ή στην πυκνότητα του πληθυσμού της περιοχής. Ευνοϊκές επιδράσεις θα έχει αντιθέτως στο βιοτικό επίπεδο και την οικονομική ανάπτυξη των κατοίκων της περιοχής εφόσον θα υπάρξει κάποια απασχόληση τους κυρίως κατά την κατασκευή των έργων.

5.2.1.11 Κατοικία

Το έργο είναι εκτός κατοικημένης περιοχής άρα δεν υπάρχει περίπτωση επηρεασμού των υπαρχόντων ή μελλοντικών κατοικιών.

5.2.1.12 Μεταφορές - Κυκλοφορία

Δε θα υπάρξουν σοβαρά κυκλοφοριακά προβλήματα στο οδικό δίκτυο παρά μόνο ίσως μικρή κίνηση στους δρόμους της πόλης της Ρόδου μέχρι την είσοδο στην Εθνική οδό. Μάλιστα από μια στιγμή και πέρα χρησιμοποιείται η παλαιά εθνική οδός που δεν χρησιμοποιείται από ιδιωτικά οχήματα πλέον.

Δεν αναμένονται επίσης επιπτώσεις – επιδράσεις – μεταβολές στα ακόλουθα :

- Υφιστάμενες θέσεις στάθμευσης .
- Υπάρχοντα συστήματα συγκοινωνιών.
- Υφιστάμενοι τρόποι κυκλοφορίας – κίνησης ανθρώπων και αγαθών.
- Κυκλοφοριακοί κίνδυνοι.

5.2.1.13 Ενέργεια

Προβλέπεται η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του πάρκου για παραγωγή ενέργειας 98, 280 kW.

5.2.1.14 Κοινή ωφέλεια

Το προτεινόμενο έργο δεν προβλέπεται να επιφέρει αλλαγές – μεταβολές:

- Στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, εφόσον η παραγόμενη ενέργεια θα διοχετεύεται στα υφιστάμενα δίκτυα της Δ.Ε.Η. μετά τη σχετική σύνδεση. Επιπλέον θα βελτιστοποιήσει την πυκνότητα του δικτύου στην περιοχή με την κατασκευή του προτεινόμενου δικτύου σύνδεσης.
- Στο σύστημα επικοινωνιών.
- Στο δίκτυο των υπονόμων (δεν προβλέπεται η δημιουργία αποβλήτων).

5.2.1.15 Ανθρώπινη υγεία

Από τη φύση τους τα έργα δεν εμπεριέχουν κανένα κίνδυνο βλάβης της ανθρώπινης υγείας, τόσο του προσωπικού όσο και των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής. Για το προσωπικό λειτουργίας θα ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας.

5.2.1.16 Αισθητική του τοπίου

Αναφορικά με την αισθητική επίδραση επί του τοπίου των φωτοβολταϊκών δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες επιπτώσεις, ούτε το τοπίο έχει χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερου φυσικού κάλλους.

5.2.1.17 Αναψυχή

Τα έργα που έχουν δρομολογηθεί δεν πρόκειται να επηρεάσουν την ποιότητα και ποσότητα των υπαρχουσών δυνατοτήτων αναψυχής. Η θέση των έργων δεν βρίσκονται σε συνήθεις τουριστικές διαδρομές.

5.2.1.18 Πολιτιστική κληρονομιά

Το έργο δεν βρίσκεται σε αρχαιολογική ζώνη όπου να υπάρχουν αντικείμενα που αποτελούν πολιτιστική κληρονομιά.

5.2.1.19 Προστατευόμενες περιοχές

Το έργο δεν εντάσσεται σε κανένα καθεστώς θεσμοθετημένων περιοχών ειδικής προστασίας.

5.2.2 Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

5.2.2.1 Στερεά απόβλητα

Κατά τη διάρκεια κατασκευής των έργων, αλλά και μετά την ολοκλήρωσή τους θα πρέπει να συλλέγονται και να απομακρύνονται όλα τα στερεά απόβλητα με μέριμνα του υπεύθυνου του εργοταξίου, που προέρχονται από την κατασκευή του έργου όπως άχρηστα μπάζα, εξαρτήματα μηχανημάτων κ.λ.π. Η διάθεσή τους θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις (ΚΥΑ 495/86, Υ.Δ.Ε. Ε1β.301/64). Δεν θα ρίχνονται προϊόντα εκσκαφής ή άλλα στερεά απόβλητα σε ακατάλληλους χώρους, ρέματα ή στη θάλασσα, ώστε να μην επηρεάζεται η επιφανειακή ροή των υδάτων. Για την προστασία του υδρογραφικού δικτύου

θα πρέπει να αποφευχθεί η δημιουργία σωρών υλικών μέσα ή κοντά στους χείμαρρους έστω και προσωρινά ώστε να μεταφέρονται εκπλύματα στις κοίτες κατά τη διαβροχή τους.

5.2.2.2 Σκόνη

Κατά τη φάση της εκτέλεσης των χωματουργικών εργασιών, ο έλεγχος των εκπομπών σκόνης θα πρέπει να γίνεται με απλές μεθόδους μεταχείρισης και περιλαμβάνει:

- Ύγρανση των διαδρομών κίνησης.
- Εφαρμογή μέγιστων ορίων ταχύτητας σε όλες τις μη ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες.
- Κάλυψη των φορτηγών που μεταφέρουν χαλαρά υλικά όπως προβλέπεται από τη νομοθεσία.

5.2.2.3 Θόρυβος

Η δημιουργία θορύβου κατά την εκτέλεση του έργου δεν θα έχει συνέπειες διότι το έργο απέχει σημαντικά από την πλησιέστερη κατοικημένη περιοχή. Παρόλα αυτά θα ληφθούν τα παρακάτω μέτρα:

- Θα τηρηθεί η Ελληνική και Κοινοτική Νομοθεσία όσον αφορά τα μηχανήματα του εργοταξίου, τα οποία θα πρέπει να είναι μοντέλα με μειωμένες εκπομπές θορύβου εφοδιασμένα με πιστοποιητικά της Ε.Ο.Κ.
- Θα αποφευχθούν οι πολύ θορυβώδεις εργασίες κατά τις ώρες της κοινής ησυχίας.

5.2.2.4 Ασφάλεια

Για την ασφάλεια του προσωπικού θα διατεθούν όλα τα απαραίτητα μέσα ατομικής προστασίας και θα εκδοθεί κανονισμός ασφάλειας ο οποίος θα εφαρμόζεται τόσο κατά τη διάρκεια κατασκευής όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του σταθμού. Βασικά σημεία του κανονισμού θα είναι:

- Δεν θα επιτρέπεται η είσοδος στους χώρους των εγκαταστάσεων από άτομα που δεν εκτελούν εντεταλμένες υπηρεσίες. Τυχόν επισκέπτες θα συνοδεύονται απαραίτητα από αρμόδιο προσωπικό του σταθμού.
- Τα ατομικά μέσα προστασίας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση οποιασδήποτε εργασίας.
- Η ταχύτητα στους χώρους του σταθμού θα είναι ελεγχόμενη με ανώτερο όριο τα 30 km/h.
- Όλες οι λειτουργίες που θα συνδέονται με την ηλεκτρολογική υποδομή του πάρκου ή είσοδο στον υποσταθμό μέσης τάσης θα πρέπει να συμφωνούν με ειδικούς κανονισμούς που θα προβλέπονται για το ηλεκτρολογικό σύστημα.
- Σε περίπτωση ακραίων καιρικών φαινομένων το προσωπικό θα εκκενώνει την εγκατάσταση και δεν θα εκτελείται καμιά εργασία ή καμιά εργασία συντήρησης.
- Οι εργασίες θα εκτελούνται μόνο από εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

- Όλες οι εργασίες θα γίνονται σύμφωνα με τους κανόνες για την ασφάλεια στην εργασία.
- Δεν θα εκτελείται κανενός είδους εργασία χωρίς τη ενημέρωση του επιβλέποντος μηχανικού.
- Οι υπεργολάβοι που θα εκτελούν εργασίες εντός του πάρκου θα πρέπει να φροντίζουν για την ασφάλεια του προσωπικού τους και να διαθέτουν σε αυτούς όλα τα απαιτούμενα μέτρα προστασίας.
- Ειδικά οχήματα όπως γερανοί κλπ δεν θα χρησιμοποιούνται στο πάρκο εκτός αν ο χειριστής τους έχει τις απαιτούμενες άδειες και τα απαραίτητα πιστοποιητικά ασφάλειας.

5.3 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

5.3.1 Επιχειρηματικό περιβάλλον – Μακροοικονομικά μεγέθη

Τα δυο βασικά μακροοικονομικά μεγέθη που αναμένεται να επηρεάσουν την οικονομική αποδοτικότητα της επένδυσης είναι ο πληθωρισμός και η διακύμανση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία πλέον γίνεται ένα εμπορικό αγαθό με την τιμή της να καθορίζεται σε καθεστώς απελευθερωμένης αγοράς.

Σύμφωνα λοιπόν με την σύμβαση με την ΔΕΗ, όπου αναφέρεται η διάρκεια συμβολαίου 10 + 10 χρόνια με μονομερή ανανέωση, και η τιμή πώλησης 0.5€/kW για τις περιοχές που δεν ανήκουν στο διασυνδεδεμένο δίκτυο της ΔΕΗ όπως είναι η περιοχή όπου γίνεται το έργο που παρουσιάζεται, μια πρόβλεψη για αλλαγή της τιμής δεν υπάρχει. Η Δ.Ε.Η. ως κυριότερος παραγωγός διαθέτει έναντι επερχομένου ανταγωνισμού ένα σημαντικό πλεονέκτημα που είναι οι λιγνιτικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής, ενώ ο ανταγωνισμός αναμένεται να εισέλθει στην αγορά με σταθμούς συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου, ενός καυσίμου του οποίου η τιμή καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις διεθνείς εξελίξεις (πολιτικές και οικονομικές).

Λόγω των ανωτέρων παραγόντων, οποιαδήποτε πρόβλεψη της μελλοντικής εξέλιξης των τιμών δεν είναι δυνατόν να θεωρηθεί αξιόπιστη και για το λόγο αυτό η τιμή πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τους παραγωγούς παραμένει σταθερή και ίση με την σημερινή τιμή της που ανέρχεται σε 0.5€/kWh για το μη διασυνδεδεμένο δίκτυο της Ελλάδας. Η εξέλιξη του πληθωρισμού αναμένεται να κυμανθεί σε χαμηλά επίπεδα γεγονός που συνάδει και με τις απαιτήσεις που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή ένωση για τις χώρες που συμμετέχουν στην Ο.Ν.Ε.. Καθώς όμως δεν έχει γίνει καμιά πρόβλεψη για εξέλιξη της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν επιβαρυντικό για το έργο να ληφθεί υπ' όψιν η εξέλιξη του πληθωρισμού, γεγονός που θα οδηγούσε σε εξαγωγή λανθασμένων συμπερασμάτων σχετικά με την αποδοτικότητα του, αφού οι δαπάνες θα αυξάνονταν αντίθετα με τα έσοδα. Για αυτό το λόγο η ανάλυση του έργου γίνεται με σημερινές τιμές.

5.3.2 Ύψος επένδυσης και απόσβεσης παγίων

Το συνολικό κόστος του έργου εκτιμάται ότι θα ανέλθει στο ποσό των περίπου 600.000€. Το 25% της χρηματοδότησης θα προέλθει από ίδια κεφάλαια της εταιρίας, ενώ τα υπόλοιπα θα προσέλθουν από κρατική επιχορήγηση (Μέσω Ευρωπαϊκής Ένωσης) σε ποσοστό 50% και τραπεζικό δανεισμό με 7% επιτόκιο και περίπου επταετή αποπληρωμή.

Πίνακας 5.3 : Ανάλυση χρηματοδότησης

Πηγή Χρηματοδότησης	Προϋπολογισμός	Ποσοστό
Ιδία κεφάλαια	150.000	25%
Επιχορήγηση	300.000	50%
Δανεισμός	150.000	25%
Σύνολο Επένδυσης	600.000	100%

5.3.3 Αναμενόμενη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης

Η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού σύμφωνα και με στοιχεία των κατασκευαστικών εταιρειών ανέρχεται σε είκοσι έτη. Στο διάστημα αυτό η κόπωση των μετάλλων λόγω των μεταβαλλόμενων συνθηκών λειτουργίας είναι σημαντική και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία των επιμέρους τμημάτων της εγκατάστασης. Για το λόγο αυτό εκτιμάται ότι για την συνέχιση λειτουργίας πέραν της εικοσαετίας θα απαιτηθεί νέα επένδυση της τάξεως όμως των [20% -25%] της αρχικής επένδυσης για την αγορά εξοπλισμού.

5.3.4 Πρόβλεψη κόστους παραγωγής

Για την κατάστρωση του περιγραφόμενου επιχειρηματικού σχεδίου εμφανίζεται το κόστος παραγωγής κατηγοριοποιημένο σε σταθερό και μεταβλητό κόστος. Στο σταθερό κόστος συμμετέχουν οι εξής δαπάνες:

- Αποσβέσεις εξοπλισμού.
- Ασφάλιστρα εξοπλισμού.

Στο μεταβλητό κόστος συμμετέχουν οι εξής δαπάνες :

- Συντήρηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ανταλλακτικά και συντήρηση του λοιπού εξοπλισμού.

Οι δείκτες αποδοτικότητας μιας επένδυσης έχουν αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 3.

5.4 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Μετά την άδεια που θα ληφθεί από την Ρ.Α.Ε και την άδεια εγκατάστασης αναμένεται το φωτοβολταϊκό πάρκο να τεθεί σε λειτουργία σε χρονικό διάστημα περί τους δεκατρείς μήνες από τη χορήγησή της. Είναι προφανές ότι η διαδικασία για την λήψη της άδειας Από τη Ρ.Α.Ε. καθώς και για την άδεια εγκατάστασης υπήρξε μακρά. Η διάρκεια κατασκευής του έργου αναμένεται να διαρκέσει περί τους εφτά μήνες, ανάλογα και με τον χρόνο παράδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Πίνακας 5.4 : Χρονοδιάγραμμα

Εργασία	Από	Έως	Διάρκεια (μήνες)
Αδειοδότηση	Αύγουστος 2007	Μάιος 2008	9
Σύνταξη και υποβολή του φακέλου για την Ρ.Α.Ε. (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας).	Αύγουστος 2007	Ιανουάριο 2008	5
Υποβολή τεχνικής μελέτης και αίτησης σύνδεσης στο δίκτυο, στην ΔΕΗ	Οκτώβριος 2007	Ιανουάριος 2008	3
Σύμβαση με ΔΕΣΜΗΕ για την πώληση του ηλεκτρικού ρεύματος	Μάρτιος 2008	Μάιος 2008	2
Τεχνοοικονομική μελέτη στα πλαίσια του τροποποιημένου Αναπτυξιακού νόμου 3299/2004 για την αίτηση σύνδεσης στο δίκτυο, στην ΔΕΗ	Σεπτέμβριος 2007	Οκτώβριος 2007	1
Ο προσδιορισμός των τοποθεσιών και η αξιολόγηση των οικοπέδων στα οποία σχεδιάζεται η πραγματοποίηση επένδυσης μεΦ/Β συστήματα. Σενάρια για τη βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου.	Αύγουστος 2007	Σεπτέμβριος 2007	1
Περιβαλλοντικές μελέτες (Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων τύπου Ι, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων τύπου Ι, Προκαταρκτική Περιβαλλοντική Εκτόνωση και αξιολόγηση)	Αύγουστος 2007	Οκτώβριος 2007	2
Αίτηση Άδειας Εγκατάστασης	Ιανουάριος 2008	Μάρτιος 2008	2
Λήψη άδειας εγκατάστασης	Μάρτιος 2008	Μάρτιος 2008	<1
Χρηματοδότησης	Αύγουστος 2007	Μάρτιος 2008	7
Υποβολή αίτηση δανειοδότησης	Αύγουστος 2007	Αύγουστος 2007	<1
Αναζήτηση ασφαλιστικού πακέτου για αναφορά του στο φάκελο που κατατίθεται στη ΡΑΕ	Αύγουστος 2007	Αύγουστος 2007	<1
Προέγκριση τραπεζικού δανείου	Σεπτέμβριος 2007	Σεπτέμβριος 2007	<1
Αξιολόγηση	Αύγουστος 2007	Σεπτέμβριος 2007	1
Υπογραφή σύμβασης	Μάρτιος 2008	Μάρτιος 2008	<1
Κατασκευή	Ιανουάριος 2008	Ιούλιος 2008	6
Υπογραφή σύμβασης με κύριους προμηθευτές	Μάρτιος 2008	Απρίλιος 2008	1
Κατασκευή μεταφορά κύριους εξοπλισμού	Απρίλιος 2008	Ιούλιος 2008	3
Εργασία	Από	Έως	Διάρκεια (μήνες)
Χωματοργικά – διαμόρφωση χώρου	Ιανουάριος 2008	Φεβρουάριος 2008	1
Οδοποιία (εσωτερική εξωτερική)	Ιανουάριος 2008	Μάρτιος 2008	2
Βάσεις στήριξης	Απρίλιος 2008	Απρίλιος 2008	<1
Συνδέσεις	Ιούλιος 2008	Ιούλιος 2008	<1
Διασύνδεση στο δίκτυο	Μάιος 2008	Ιούλιος 2008	2
Δοκιμές	Αύγουστος 2008	Σεπτέμβριος 2028	1
Δόκιμη υποσυστημάτων	Αύγουστος 2008	Αύγουστος 2008	<1
Δοκιμαστική λειτουργία	Αύγουστος 2008	Σεπτέμβριος 2008	1
Κανονική λειτουργία	Σεπτέμβριος 2008	Σεπτέμβριος 2028	<1

5.5 Βιβλιογραφία

[5.1]	N.Mohan, T.Underland, W.Robbins “ <i>Power Electronics, Converters, Applications and Design</i> ”, second edition, εκδόσεις John Wiley & Sons Inc, USA 2003
[5.2]	Π. Γκουλιάρης, Δ. Γκουλιάρης, Φ. Γκουλιάρης, “ <i>Μελέτη και Κατασκευή Φωτοβολταϊκού Πάρκου για Κάλυψη Ενεργειακών Εφαρμογών σε Παραγωγικές Μονάδες</i> ”, http://vergina.eng.auth.gr/IHT/ ,Ινστιτούτο ηλιακής τεχνικής, Τόμος Α, pp 7-10
[5.3]	http://www.elot.gr/ , Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, “ <i>Απαιτήσεις για θεμελιακή γείωση</i> ”
[5.4]	http://www.elot.gr/ , Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, “ <i>Προστασία κατασκευών από κεραυνούς</i> ”
[5.5]	Σ. Παπαθανασίου, “ <i>Σύνδεση Εγκαταστάσεων Παραγωγής στα Δίκτυα Διανομής</i> ”, Σημειώσεις Α.Π.Ε, ΕΜΠ, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2003

ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

6.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φ/β στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγωγικών υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film), η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό (μερικά μόνο μm).
- Άλλες τεχνολογίες που σκοπό έχουν να γίνει λιγότερο ενεργοβόρα η παραγωγή του καθαρού πυριτίου, περιορίζοντας τις απώλειες σε ακριβό καθαρό πυρίτιο (π.χ. μέθοδος EFG, edge defined film fed growth και μέθοδος String Process).

Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής της μια μορφής ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής.

6.1.1 Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,1eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός που κυριάρχησε από την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής φ/β στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες. Επομένως οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες και το υλικό κυκλοφορεί στη αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, με ικανοποιητική χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής, με την χρησιμοποίηση τεχνολογικών μεθόδων δοκιμασμένων με επιτυχία. Επιπλέον τα φ/β στοιχεία πυριτίου έχουν λειτουργήσει με απόλυτα ικανοποιητική αξιοπιστία σε ακραίες καιρικές συνθήκες, τόσο σε διαστημικές όσο και σε επίγειες εφαρμογές.

Εκτός του οξυγόνου, το πυρίτιο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στην επιφάνεια του εδάφους. Σχεδόν πάντα, όμως απαντάται με τη μορφή οξειδίου στο περιβάλλον, συγκεκριμένα ως διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Για την αξιοποίησή του, επομένως, απαιτείται επεξεργασία έτσι ώστε να αποκτήσει υψηλή καθαρότητα.

6.1.1.1 Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή ακτινοβολία ισχύ). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από 14-18%.

6.1.1.2 Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 10 και 14 %.

6.1.1.3 Ribbon Πυρίτιο

Το Ribbon πυρίτιο είναι σε μορφή ταινίας και παράγεται σε τέτοια μορφή γιατί η διαδικασία παραγωγής είναι πιο φτηνή (αφού αποφεύγεται η διαδικασία κοπής) και δεν υπάρχει μεγάλη απώλεια σε καθαρό πυρίτιο. Το Ribbon πυρίτιο έχει μικρότερη ποιότητα από τα μονοκρυσταλλικά και η επιφάνεια του παρουσιάζει ανωμαλίες. Η απόδοση του μπορεί να φτάσει μέχρι το 14 – 15 %.

6.1.1.4 Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ

Η τεχνολογία λεπτού φιλμ έχει ως σκοπό την μείωση του κόστους, μέσω της μείωσης του απαιτούμενου υλικού για την παραγωγή των στοιχείων. Η εναπόθεση μπορεί να γίνει κατευθείαν σε γυαλί, κεραμικό ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υπόστρωμα. Εκτός από το μειωμένο κόστος πλεονεκτούν και στην ευκολία με την οποία μπορεί να γίνει σύνδεσή τους σε σειρά, φτιάχνοντας έτσι ολόκληρα πλαίσια κατά τη διαδικασία εναπόθεσης. Από την άλλη όμως η διαδικασία αυτή είναι απαιτητική καθώς μεγάλες περιοχές πρέπει να παραχθούν χωρίς ελαττώματα.

Παρόλο που το c-SiTFC έχει πάχος μερικών μόνο μm (5 μέχρι 50 μm), έχει αποδειχθεί θεωρητικά, αλλά και στην πράξη ότι εμφανίζει αξιόλογη απόδοση. Το κλειδί στην τεχνολογία είναι ο έξυπνος οπτικός σχεδιασμός, με αποτέλεσμα το φως μέσω ανακλάσεων να διαγράφει τελικά διαδρομή 30 φορές ή και περισσότερο, μεγαλύτερη από το πάχος του φιλμ. Εκτός από το πλεονέκτημα της μειωμένης απαίτησης σε πυρίτιο, το c-SiTFC δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις στο υλικό του υποστρώματος, το οποίο μπορεί να είναι χαμηλής ποιότητας πυρίτιο, γυαλί, κεραμικά ή γραφίτης. Υπάρχει εκτεταμένη έρευνα όσον αφορά το c-SiTFC που έχει αναδείξει την υψηλή απόδοση που μπορεί να πετύχει (μέχρι 21% κάτω από ιδανικές συνθήκες). Παρόλο που έχει εμφανίσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία λίγες εταιρίες το έχουν περάσει στη γραμμή παραγωγής ως εμπορικό προϊόν.

6.1.1.5 Άμορφο πυρίτιο

Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή φ/β στοιχείων σύμφωνα με την τεχνολογία λεπτού φιλμ. Ως υλικό εμφανίζει μεγάλη αταξία στη δομή του, παρά ταύτα βρίσκει εφαρμογή στη φ/β τεχνολογία με τη μορφή κράματος με υδρογόνο. Η προσθήκη υδρογόνου βελτιώνει τις ηλεκτρικές ιδιότητές του και περιέχεται σε 10-40% ατομική αναλογία. Διαφέρει ουσιαστικά από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς εμφανίζει ενεργειακό διάκενο με μεταβλητή τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 1,12eV και 1,7eV περίπου. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα περίπου 40 φορές υψηλότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Ως προς αυτή την ιδιότητά του το a-Si συμπεριφέρεται σχεδόν σαν ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου, για αυτό μια λεπτή επιστρώση είναι αρκετή για την κατασκευή φ/β στοιχείων. Επιπλέον το άμορφο πυρίτιο μπορεί να εναποτεθεί σε ποικίλα, χαμηλού κόστους υποστρώματα, συμπεριλαμβανομένου του χάλυβα, του γυαλιού και του πλαστικού. Η κατασκευαστική διαδικασία απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και επομένως λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι το συνολικό κόστος του υλικού και του κόστους κατασκευής

είναι χαμηλότερο ανά μονάδα επιφάνειας, συγκρινόμενο με τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου.

Δυο είναι τα κυριότερα μειονεκτήματά του. Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 6–9 % για στοιχεία του εμπορίου και φτάνει το 13% για στοιχεία που έχουν φτιαχτεί στο εργαστήριο και η βαθμιαία μείωση του βαθμού απόδοσης. Μέσα σε μερικούς μήνες μπορεί η απόδοση να μειωθεί από 10% έως και 15 %.

6.1.2 Αρσενικούχο Γάλλιο (GaAs)

Το αρσενικούχο γάλλιο είναι ένας ημιαγωγός με ενεργειακό διάκενο 1,43 eV, τιμή η οποία είναι στη βέλτιστη περιοχή για τη φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας με θεωρητική απόδοση περίπου 25-30%. Ένα ακόμη πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το ενεργειακό διάκενο είναι άμεσο. Επομένως το GaAs συνδυάζει καταρχήν ιδανικά τις προϋποθέσεις για να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής ηλιακών φ/β στοιχείων. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος παραγωγής, περίπου πενταπλάσιο από αυτό του κρυσταλλικού πυριτίου. Έχει εφαρμογή κυρίως σε ηλιακά στοιχεία συγκεντρωμένης ακτινοβολίας, όπου το υψηλό κόστος του αντισταθμίζεται από την υψηλή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας. Επίσης το GaAs συναντάται συχνά σε διαστημικές εφαρμογές λόγω της υψηλής θερμικής αδράνειάς του και του υψηλού βαθμού απόδοσης. Συγκεκριμένα η απόδοση των στοιχείων GaAs πέφτει στο μισό, σε σύγκριση με την απόδοσή τους σε συνηθισμένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όταν θερμανθούν στους 200 °C. Η αντίστοιχη μείωση στα στοιχεία πυριτίου παρατηρείται ήδη στους 120 °C.

6.1.3 Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CuInSe₂ ή CIS)

Το ημιαγωγίμο υλικό του δισεληνιούχου ινδιούχου χαλκού είναι ένα ημιαγωγίμο υλικό, το οποίο μπορεί να είναι τύπου-n ή τύπου-p και έχει μια άμεση οπτική απορρόφηση με τον υψηλότερο συντελεστή απορρόφησης που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του CIS εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον λόγο χαλκού/ινδίου, ενώ ο καλός έλεγχος της στοιχειομετρίας του θεωρείται ουσιώδης για αποδοτικές διατάξεις.

Είναι δυνατόν να κατασκευασθούν ομοεπαφές τύπου p-n των CIS αλλά αυτές δεν θα είναι ούτε σταθερές ούτε αποδοτικές και οι καλύτερες διατάξεις μέχρι σήμερα είναι ετεροενώσεις με θειούχο κάδμιο (CdS). Έχουν φτιαχτεί στοιχεία CIS του εμπορίου, η απόδοση των οποίων πλησιάζει το 10%. Πλεονεκτούν σε σχέση με τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, καθώς δεν εμφανίζουν βαθμιαία πτώση της απόδοσης για μια περίοδο μερικών ετών. Επίσης όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω προσφέρουν μεγάλη οικονομία σε ημιαγωγίμα υλικά. Από την άλλη όμως το CIS είναι ένα πολύπλοκο υλικό που δυσκολεύει την κατασκευή του. Τέλος πολύ σημαντική είναι η ασφάλεια του προσωπικού κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, αφού η παραγωγή του περιλαμβάνει το σεληνιούχο υδρογόνο, ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο.

6.1.4 Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe)

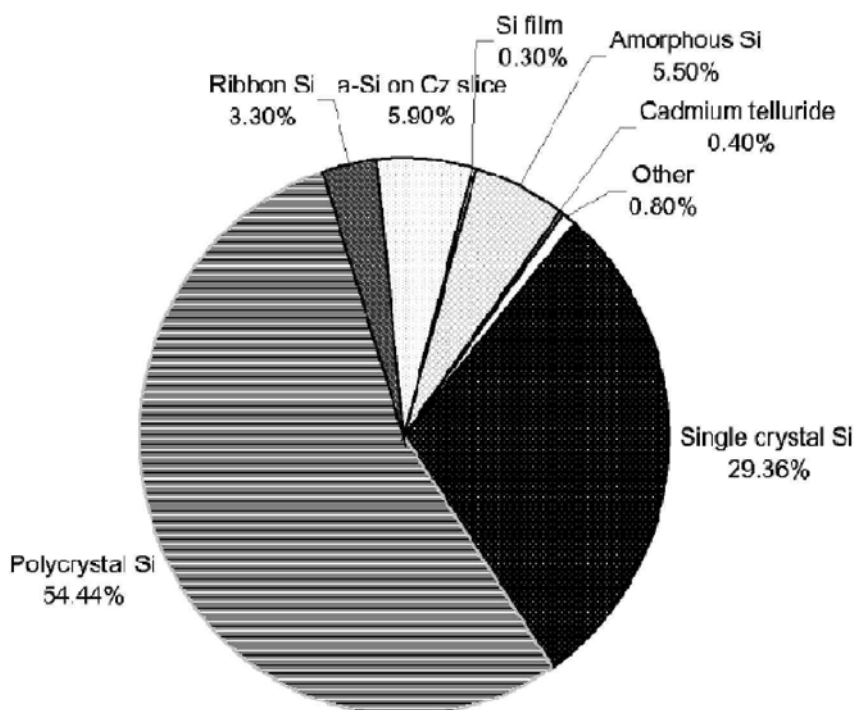
Το τελλουριούχο κάδμιο είναι ένα ημιαγωγίμο υλικό που αποτελείται από κάδμιο και τελλούριο, το οποίο έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και το ενεργειακό του διάκενο είναι πολύ κοντά στο ιδανικό. Αρκεί ένα όγκος πάχους ενός μικρομέτρου για να απορροφηθεί το 90 % του ηλιακού φάσματος.

Υπάρχουν μερικές χαμηλού κόστους τεχνικές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόθεση του CdTe και όλες αυτές, μπορούν, αφού υποστούν μια επεξεργασία μετά την απόθεση, να παράγουν υλικό υψηλής ποιότητας και αποδοτικά ηλιακά στοιχεία. Η απόδοση των στοιχείων Τελλουριούχου Καδμίου ανάλογα τις μεθόδους

κατασκευής μπορεί να φτάνει και το 15% ελεγμένο σε εξωτερικές συνθήκες. Η εμπορική τους όμως διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη [6.1].

6.1.5 Μερίδιο αγοράς

Το μερίδιο αγοράς όλων των παραπάνω υλικών κατασκευής φ/β στοιχείων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Είναι ξεκάθαρο ότι το πυρίτιο ως ημιαγώγιμο υλικό κατέχει την συντριπτική πλειοψηφία της αγοράς φ/β στοιχείων και συγκεκριμένα την πρωτιά κατέχει το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο που αποτελεί το 54% αυτής.



Σχήμα 6.1: Μερίδιο αγοράς των υλικών κατασκευής φ/β στοιχείων

6.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Το βασικό χαρακτηριστικό συστατικό κάθε φ/β εγκατάστασης είναι η φ/β γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα φ/β ηλιακά στοιχεία. Θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια «μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας» κατά αναλογία με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής από θερμοηλεκτρικά εργοστάσια. Μια φ/β γεννήτρια αποτελείται από φ/β πλαίσια που ενώνονται και συγκροτούν συστοιχίες.

6.2.1 Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (module)

Η τάση και η ισχύς ενός φ/β στοιχείου είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Για αυτό το 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 τη βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το φ/β πλαίσιο (module), που είναι η 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 σημαντικά μεγαλύτερο από τα φ/β στοιχεία που περιέχουν.

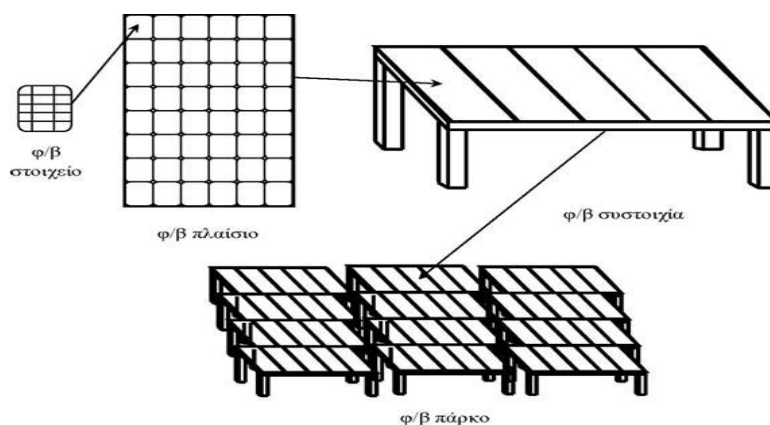
Συνώνυμο σχεδόν με το φ/β πλαίσιο είναι το φ/β πανέλο (panel). Όπως και το πλαίσιο, έχει συναρμολογηθεί και προκατασκευαστεί στο εργοστάσιο και είναι έτοιμο για τοποθέτηση σε φ/β εγκατάσταση, αλλά με τη διαφορά ότι ένα πανέλο μπορεί να αποτελείται από περισσότερα χωριστά πλαίσια (το ένα δίπλα στο άλλο) 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 (module) και διατίθεται σε ποικιλία, όσον αφορά την ισχύ που παράγει, την τάση και τελικά τις διαστάσεις του. Για αυτό τον λόγο παρακάτω θα γίνεται αναφορά μόνο σε φ/β πλαίσια.

6.2.2 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 παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 6.2: Από το φ/β στοιχείο στο φ/β πάρκο

6.2.2.1 Σταθερές συστοιχίες

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.

6.2.2.2 Στρεφόμενες συστοιχίες

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.

- 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.

- 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.

6.2.2.3 Συστοιχίες με ανακλαστήρες/κάτοπτρα

Ένας άλλος σχεδιασμός που βοηθά στην αύξηση της απόδοσης ενός φ/β συστήματος επιτυγχάνεται με την χρήση ανακλαστήρων/κατόπτρων. Κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές (κοίλα, παραβολικά, ελλειπτικά, τριγωνικά, κωνικά, κ.α.) και σκοπός τους είναι να ενισχύουν και να εστιάζουν το ποσό του ηλιακού φωτός προς τα φ/β στοιχεία

6.2.2.4 Στρεφόμενες συστοιχίες με κάτοπτρα

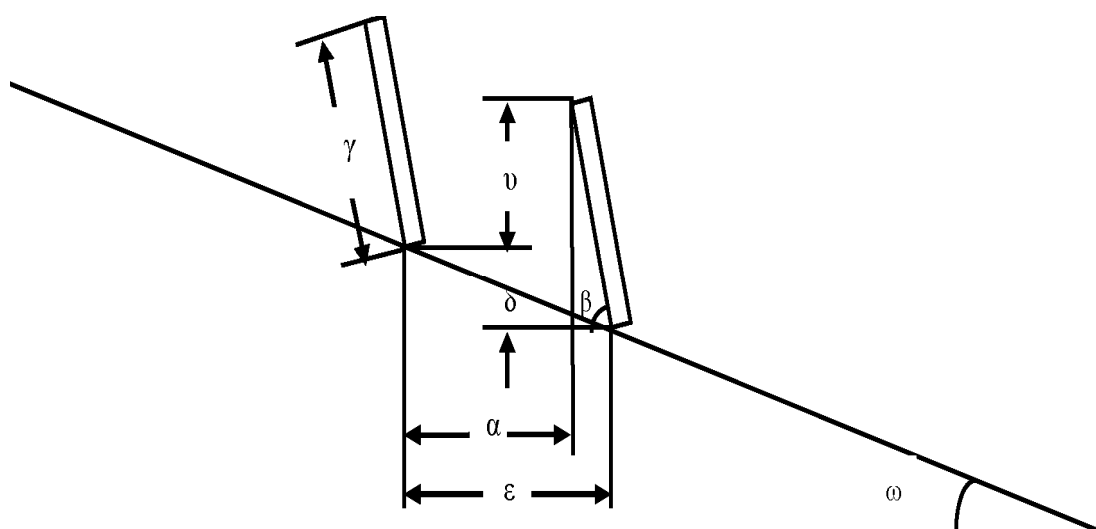
Τέλος μπορεί να χρησιμοποιηθούν στρεφόμενες συστοιχίες ταυτόχρονα με κάτοπτρα για ακόμη μεγαλύτερη πρόσληψη ηλιακής ακτινοβολίας. Η παρακολούθηση του ήλιου επιτυγχάνεται είτε περιστρέφοντας την συστοιχία προς την κατεύθυνση των ηλιακών ακτίνων, είτε ανακλώντας τις ακτίνες με την χρήση περιστροφικών κατόπτρων προς το φ/β πλαίσιο. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν κινητά μέλη, ωστόσο το πλεονέκτημα της χρήσης κινητών κατόπτρων, αντί των κινητών συστοιχιών, είναι ότι η καταπόνηση, την οποία δέχεται η συστοιχία αποφεύγεται. Επιπλέον οι ανακλαστήρες θα πρέπει να περιστρέφονται κατά το

ήμισυ από ότι οι συστοιχίες, αφού το φαινόμενο της ανάκλασης διπλασιάζει την κίνηση του κατόπτρου [6.1].

6.2.3 Βέλτιστη διάταξη σταθερών συστοιχιών

Καταρχήν είναι πολύ σημαντικό σε μια φ/β εγκατάσταση, οι φ/β συστοιχίες να μην σκιάζονται από παρακείμενα εμπόδια (δέντρα, κτίρια, βουνά κλπ.). Σε μια τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος φ , η προϋπόθεση ανοιχτού ορίζοντα θεωρείται ότι εξασφαλίζεται όταν η γωνία του ύψους (β_ε) των γειτονικών συστοιχιών, δέντρων, κτιρίων ή άλλων εμποδίων ικανοποιεί μέσα σε μία αζιμούθιο γωνία από -60° μέχρι 60° προς τον Νότο, τη σχέση:

$$\beta_\varepsilon = 48^\circ - \varphi \quad (6.1)$$

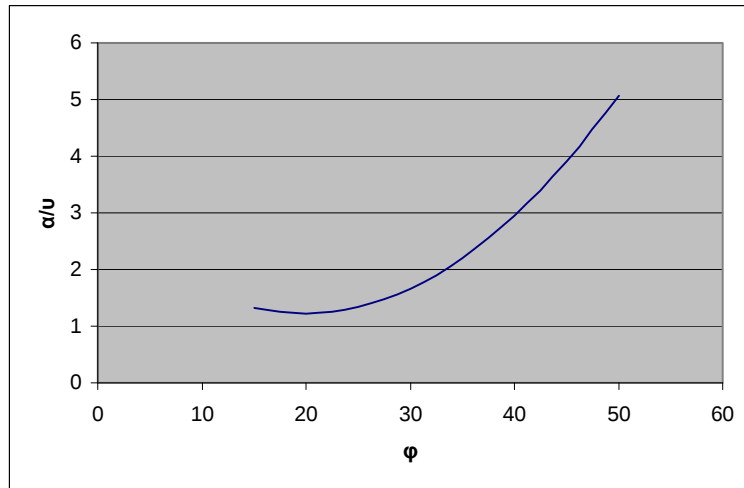


Σχήμα 6.3: Διάταξη φωτοβολταϊκών στοιχείων σε πλάγια κλίση $\kappa = \tan \theta$

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η διάταξη των φ/β συστοιχιών σε μία πλάγια κλίση κ , με απόλυτα νότιο προσανατολισμό. Για να υπολογιστεί η ελάχιστη απόσταση ε , μεταξύ δύο συστοιχιών που θα εξασφαλίζει ότι δεν σκιάζει αισθητά η μία συστοιχία την επόμενη, χρησιμοποιείται το παρακάτω διάγραμμα. Το διάγραμμα προέρχεται από την εταιρία Monegon και είναι εμπειρικό. Συνδέει τον λόγο της ελεύθερης απόστασης α προς το ύψος των συστοιχιών v , με το γεωγραφικό πλάτος φ του τόπου. Για τιμές του γεωγραφικού πλάτους από 25° μέχρι 45° η καμπύλη προσεγγίζεται ικανοποιητικά από την μαθηματική σχέση:

$$\frac{\alpha}{v} = 0.0042\varphi^2 - 0.1661\varphi + 2.8653 \quad (6.2)$$

Για να βρεθεί το ζητούμενο, που είναι ο υπολογισμός της απόστασης ε , πρέπει να λυθεί το παρακάτω σύστημα εξισώσεων, το οποίο περιέχει διάφορες γεωμετρικές σχέσεις που προκύπτουν από το σχήμα 6.3 και τη τιμή από το διάγραμμα Monegon:



Σχήμα 6.4: Διάγραμμα Monegon

$$\frac{\alpha}{\nu} = \text{Σταθερά διαγράμματος Monegon} \quad (6.3)$$

$$\nu = \gamma \sin \beta - \delta \quad (6.4)$$

$$\varepsilon = \alpha + \gamma \cos \beta \quad (6.5)$$

$$\kappa = \tan \omega = \frac{\delta}{\varepsilon} \quad (6.6)$$

Πρέπει να τονιστεί ότι η κλίση κ μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές, όταν έχουμε υπερύψωση της νότιας πλευράς, που συνεπάγεται και αρνητικές τιμές της παραμέτρου δ . Άρα θα έχω την σχέση:

$$\varepsilon = \gamma \cdot \frac{\frac{\alpha}{\nu} \cdot \sin \beta + \cos \beta}{1 + \frac{\alpha}{\nu} \cdot \kappa} \quad (6.7)$$

Παρατηρείται ότι η απόσταση ε αυξάνεται ταυτόχρονα με την αύξηση της κλίσης μέχρι να φτάσει τη μέγιστη τιμή της που εμφανίζεται στις 70° περίπου [5.2].

6.2.4 Απόδοση φωτοβολταϊκού πλαισίου

Ο συντελεστής απόδοσης ενός φ/β πλαισίου, ορίζεται με παρόμοιο τρόπο με αυτόν του φ/β στοιχείου. Εκφράζει τον λόγο της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το φ/β πλαίσιο, προς την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται στην επιφάνεια. Επειδή όμως η επιφάνεια ενός φ/β πλαισίου δεν είναι καλυμμένη εξολοκλήρου από φ/β στοιχεία η απόδοση διαφέρει από την απόδοση των στοιχείων που αποτελείται.

Ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος μπορεί να μεταβάλλει αξιοσημείωτα την απόδοση ενός φ/β πλαισίου είναι η θερμοκρασία των φ/β στοιχείων του. Έχει μετρηθεί ότι κυρίως λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, αλλά και λόγω των ηλεκτρικών απωλειών που πραγματοποιούνται πάνω τους, στις αντιστάσεις σειράς, τα φ/β στοιχεία

αποκτούν κατά την λειτουργία τους θερμοκρασία αρκετά μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος. Αν T_c είναι η θερμοκρασία του στοιχείου μπορούμε να θεωρήσουμε ότι εξαρτάται αυτή γραμμικά από την θερμοκρασία περιβάλλοντος T_a και την ηλιακή ακτινοβολία G , ως εξής:

$$T_c = T_a + h_w \bullet G \quad (6.8)$$

Όπου h_w είναι ένας χαρακτηριστικός συντελεστής των ϕ/β πλαισίων. Η απόδοση τελικά ενός πλαισίου θα είναι:

$$\eta_m = \sigma_\theta \bullet \eta_{m,25^\circ C} \quad (6.9)$$

Όπου σ_θ είναι ένας διορθωτικός θερμοκρασιακός συντελεστής που δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma_\theta = 1 - (T_c - 25) \bullet 0.005 \quad (6.10)$$

και $\eta_{m,25^\circ C}$ ο συντελεστής απόδοσης που δίνεται από τεχνικά χαρακτηριστικά του πλαισίου, που ισχύουν σε κανονικές συνθήκες (δηλαδή θερμοκρασία $25^\circ C$, $AM=1,5$ και ηλιακή ακτινοβολία 1 kW/m^2)

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να μειώσει την ηλεκτροπαραγωγή των ϕ/β πλαισίων, ιδίως όταν έχουν μικρή κλίση, είναι η ρύπανση της επιφάνειάς τους από την επικάλυψη σκόνης, φύλλων, χιονιού κ.α. Η μείωση είναι σημαντικότερη σε αστικές περιοχές λόγω της αιθάλης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα και προσκολλάται ισχυρά στην γυάλινη ή πλαστική επιφάνεια των ϕ/β πλαισίων, χωρίς να μπορεί η βροχή εύκολα να τη ξεπλύνει.

Επομένως είναι σημαντικό όταν η ϕ/β γεννήτρια πρόκειται να εγκατασταθεί σε μια περιοχή, που εκτιμάται ότι η ρύπανσή της θα είναι σημαντική να προβλεφθεί στους υπολογισμούς η αντίστοιχη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τη χρησιμοποίηση ενός αδιάστατου συντελεστή καθαρότητας (σ_p). Ο συντελεστής αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει το ρυπασμένο ϕ/β πλαίσιο προς την ηλεκτρική ισχύ που παράγει όταν η επιφάνειά του είναι τελείως καθαρή. Η τιμή του σ_p είναι τόσο μικρότερη από τη μονάδα, όσο εντονότερη είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, όσο μικρότερη είναι η κλίση του ϕ/β πλαισίου, όσο σπανιότερες είναι οι βροχές στην περιοχή κλπ.

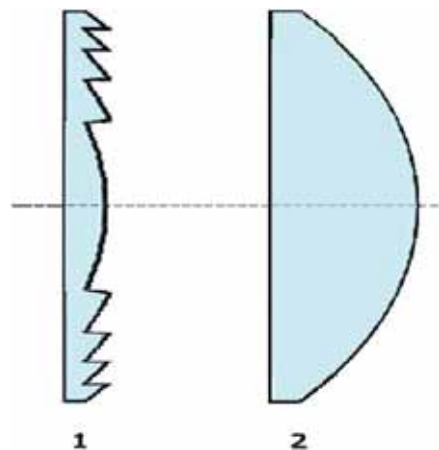
6.3 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΕΣ

Οι φωτοβολταϊκοί συγκεντρωτές χρησιμοποιούν φακούς ή κάτοπτρα για να συγκεντρώσουν μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας στο ίδιο εμβαδό ενός ϕ/β πλαισίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απαιτούμενης επιφάνειας για την παραγωγή ενός δεδομένου ποσού ενέργειας. Στόχος των συγκεντρωτών είναι να μειωθεί το κόστος των ϕ/β εγκαταστάσεων με την μείωση των απαιτούμενων ϕ/β πλαισίων.

6.3.1 Τύποι οπτικών μέσων

Οι συγκεντρωτές μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τα οπτικά μέσα που χρησιμοποιούν για να συγκεντρώσουν την ακτινοβολία, των αριθμό των αξόνων περί του οποίους κινούνται για να παρακολουθούν τον ήλιο, τους μηχανισμούς για αυτή τη κίνηση κ.α. Οι περισσότεροι συγκεντρωτές χρησιμοποιούν είτε διαθλαστικούς φακούς ή ανακλαστικά παραβολικά κάτοπτρα. Φακοί με μέγεθος διαμέτρου μεγαλύτερο από 5 cm είναι πρακτικά οικονομικά ασύμφοροι, για αυτό συνήθως χρησιμοποιούνται φακοί Fresnel. Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη δημιουργία φακών με μεγάλο άνοιγμα και μικρή εστιακή απόσταση, αποφεύγοντας έτσι το μεγάλο βάρος και τον όγκο των συμβατικών οπτικών φακών. Ένας φακός Fresnel έχει τη μορφή ενός επιπεδόκυρτου φακού ο οποίος έχει

εκλεπυνθεί σε αρκετά σημεία. Οι έδρες που δημιουργούνται μπορούν να είναι επίπεδες, εάν είναι πολυάριθμες και αρκετά μικρές ή να έχουν την ίδια μορφή με τον κυρτό φακό.



Σχήμα 6.5: Κάθετη τομή φακού Fresnel

Οι φακοί Fresnel μπορεί να είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να έχουν είτε σημειακή εστίαση (η ακτινοβολία συγκεντρώνεται στην κεντρική εστία του φακού), όπου στη περίπτωση αυτή εμφανίζουν κυκλική συμμετρία περί των άξονά τους, ή να έχουν γραμμική εστίαση, όπου στη περίπτωση αυτή οι ακτίνες συναντώνται σε έναν εγκάρσιο άξονα. Οι φακοί με σημειακή εστίαση συνήθως στέλνουν τις ακτίνες σε μια φ/β κυψέλη, αντίθετα οι γραμμικής εστίασης χρησιμοποιούν μια σειρά από φ/β κυψέλες. Ένας ιδιαίτερα επιτυχημένος φακός με γραμμική εστίαση είναι ο θολωτός φακός Fresnel. Το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος ένας φακός Fresnel είναι συνήθως ακρυλικό πλαστικό, με εμπορική ονομασία Plexiglas (πολυμερές μεθακρυλικού μεθυλεστέρα, PMMA), το οποίο εκτός από την αντοχή του στις καιρικές συνθήκες, μπορεί εύκολα να αποκτήσει την επιθυμητή φόρμα μέσα σε κατάλληλα καλούπια. Παρόλα τα πλεονεκτήματα, υπάρχουν κάποια ερωτήματα όσον αφορά την μακροχρόνια αντοχή του.

Μια εναλλακτική των διαθλαστικών φακών αποτελούν οι ανακλαστικοί φακοί ή καθρέφτες. Σε ένα παραβολικό ανακλαστήρα, αν η γωνία πρόσπτωσης στην εσωτερική επιφάνειά του είναι ίση με την γωνία ανάκλασης, τότε συγκεντρώνονται όλες τις ακτίνες που είναι παράλληλες με τον άξονα της παραβολής σε ένα σημείο, στην εστία της παραβολής. Όπως και οι φακοί έτσι και τα κάτοπτρα μπορούν είναι σημειακής εστίασης ή γραμμικής εστίασης [6.1].

6.4 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ (DC/DC CONVERTER)

Σε ένα φ/β σύστημα η παραγόμενη τάση από τα φ/β στοιχεία δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται γύρω από μια μέση τιμή. Για να σταθεροποιηθεί η τάση εξόδου της φ/β γεννήτριας και να καταστεί κατάλληλη για την είσοδό της στον αντιστροφέα χρησιμοποιούνται μετατροπείς συνεχούς ρεύματος. Οι μετατροπείς μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες ανάλογα με το αν η τάση εξόδου που βγάζουν είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την τάση εισόδου και ακόμα ανάλογα με την περιοχή λειτουργίας [6.2].



Σχήμα 6.6: Converter

6.5 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.

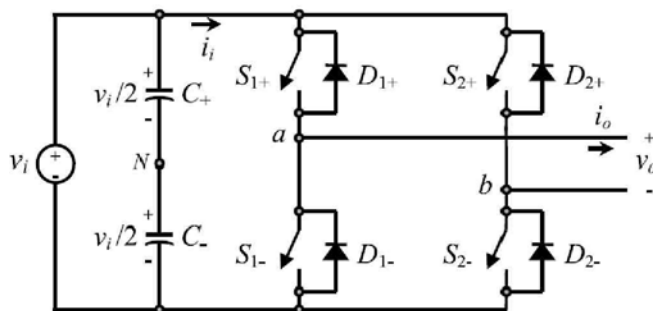
Οι αντιστροφείς DC/AC μπορεί να είναι είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί. Όταν η είσοδος είναι μια πηγή τάσης, αυτοί ονομάζονται αντιστροφείς πηγής τάσης (VSI) ενώ όταν ως είσοδος λαμβάνεται μια πηγή έντασης ονομάζονται αντιστροφείς πηγής έντασης (CSI). Ο χαρακτηρισμός του αντιστροφέα δεν έχει να κάνει απαραίτητα με την ενεργειακή πηγή του συστήματος, αλλά με την τοπολογία. Έτσι είναι δυνατόν να αλλάξει η μορφή της πηγής χρησιμοποιώντας παθητικά στοιχεία. Οι αντιστροφείς πηγής τάσης έχουν μια χωρητικότητα παράλληλα συνδεδεμένη με την πηγή, ενώ οι αντιστροφείς πηγής έντασης ένα πηνίο σε σειρά με την πηγή.

6.5.1 Μονοφασικός αντιστροφέας

Οι μονοφασικοί αντιστροφείς χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την τοπολογία τους σε αντιστροφείς ημιγέφυρας και πλήρους γέφυρας. Οι πρώτοι υστερούν σαφώς για αυτό και σε εφαρμογές Α.Π.Ε. χρησιμοποιούνται οι αντιστροφείς πλήρους γέφυρας. Διάφορες τεχνικές ελέγχου, υλοποιούν διαφορετικές κυματομορφές εξόδου της εναλλασσόμενης τάσης, στην εργασία όμως αυτή θα εστιάσουμε το ενδιαφέρον στους μονοφασικούς αντιστροφείς με έλεγχο SPWM.

Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται η παραγωγή μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής εξόδου, η οποία μπορεί να ελεγχθεί τόσο κατά πλάτος όσο και κατά συχνότητα, καθώς και να

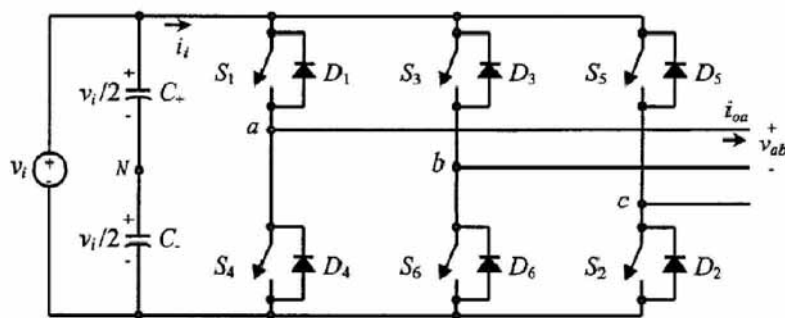
μειωθεί η επίδραση των αρμονικών στην έξοδο. Είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο στα συστήματα σύνδεσης πηγών Α.Π.Ε. και δικτύου χαμηλής τάσης.



Σχήμα 6.7: Τοπολογία μονοφασικού αντιστροφέα

6.5.2 Τριφασικός Αντιστροφέας

Οι τριφασικοί αντιστροφείς χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος. Σκοπός τους είναι να παρέχουν μια τριφασική πηγή τάσης ή έντασης, όπου το πλάτος, η φάση και η συχνότητα να είναι ανά πάσα στιγμή ελεγχόμενα.



Σχήμα 6.6: Τοπολογία τριφασικού αντιστροφέα

6.5.3 Ποιότητα της παραγόμενης τάσης.

Πιο πάνω περιγράφηκαν οι βασικές θεωρητικές τοπολογίες με τις οποίες γίνεται η μετατροπή μιας συνεχούς τάσης εισόδου σε ημιτονική τάση εξόδου, ελεγχόμενη κατά πλάτος και συχνότητα. Ένας αντιστροφέας ωστόσο δεν περιλαμβάνει μόνο τις διατάξεις που επιτυγχάνουν αυτή τη μετατροπή, αλλά και σειρά άλλων που αφορούν τον έλεγχο, την προστασία και την βελτίωση της ποιότητας της παραγόμενης τάσης.

Ασφάλειες, αυτόματοι διακόπτες, και κυκλώματα εντοπισμού υπερτάσεων αποτελούν διατάξεις προστασίας του αντιστροφέα. Φίλτρα πηνίων και πυκνωτών χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση των ρευμάτων εισόδου και εξόδου. Πολύ σημαντική είναι και η παρεμβολή ενός μετασχηματιστή, έτσι ώστε να υπάρχει πλήρης ηλεκτρική απομόνωση της πλευράς εισόδου από την έξοδο. Ένας μετασχηματιστής απομόνωσης χαμηλής συχνότητας μπορεί να τοποθετείται κατευθείαν στο στάδιο εξόδου, οπότε η παραγόμενη ημιτονική κυματομορφή οδηγείται μέσω αυτού στο κύκλωμα της εναλλασσόμενης τάσης (π.χ. ηλεκτρικό δίκτυο πόλης). Μεγάλη συζήτηση διεξάγεται σχετικά με το αν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός μετασχηματιστή απομόνωσης, σε αντιστροφείς που συνδέονται με το κεντρικό δίκτυο. Κανονισμοί μερικών χωρών καθιστούν υποχρεωτική την ύπαρξη αυτού στους αντιστροφείς που συνδέονται στο δίκτυο τους. Είναι πολύ πιθανό όταν δεν υπάρχει μετασχηματιστής

απομόνωσης, είτε σε κανονική λειτουργία, είτε πολύ περισσότερο σε περιπτώσεις σφάλματος, ο αντιστροφέας να εισάγει μια DC συνιστώσα ρεύματος στην ημιτονική κυματομορφή εξόδου του, κάτι εντελώς ανεπιθύμητο για το ηλεκτρικό δίκτυο και τις συσκευές που βρίσκονται κοντά, προκαλώντας υπερθέρμανση στα τυλίγματα κινητήρων και μετασχηματιστών ή παρεμβολές σε άλλες συσκευές. Η παρεμβολή αυτού του μετασχηματιστή λειτουργεί ως ένα αδιαπέραστο φίλτρο τυχόν DC ρευμάτων. Η ύπαρξη μετασχηματιστή χαμηλής συχνότητας, επιτρέπει απόδοση του αντιστροφέα μέχρι 92%.

Μια διαφορετική τοπολογία που επιτρέπει την γαλβανική απομόνωση της DC από την AC πλευρά, είναι η τοποθέτηση μετασχηματιστή υψηλής συχνότητας πριν τη γέφυρα παραγωγής της ημιτονοειδούς τάσης. Κατά τη διάταξη αυτή, η εισερχόμενη DC τάση εισέρχεται σε μια διάταξη DC/DC μετατροπέα η οποία και λειτουργεί με υψηλή διακοπτική συχνότητα. Η συνεχής τάση εισόδου μετατρέπεται με γέφυρα διακοπών σε τάση υψηλής συχνότητας και έπειτα ανορθώνεται ώστε να μετατραπεί σε DC τάση ελεγχόμενου πλάτους. Στο ενδιάμεσο στάδιο του μετατροπέα αυτού, είναι δυνατόν να παρεμβληθεί ο υψίσυχνος μετασχηματιστής. Έτσι πάλι επιτυγχάνεται απομόνωση της εισόδου από την έξοδο του αντιστροφέα, η οποία ωστόσο πάλι είναι πιθανό να μην αποκλείει την ενδεχόμενη έγχυση DC ρεύματος, από το μετέπειτα στάδιο της PWM γέφυρας DC/AC, στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Ωστόσο με την τοπολογία αυτή επιτυγχάνονται αποδόσεις λίγο μεγαλύτερες (της τάξης του 94%), καθώς ο μετασχηματιστής υψηλής συχνότητας, λόγω της ισχυρής μαγνητικής του σύζευξης, έχει μικρότερες απώλειες απ' ότι ένας που λειτουργεί στα 50Hz. Παράλληλα μειώνονται ο όγκος, το βάρος και το κόστος του μετασχηματιστή εν συγκρίσει με αυτά ενός χαμηλής συχνότητας [6.3].

6.6 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Οι συσσωρευτές παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου αποτελούν και ένα αρκετά μεγάλο κομμάτι της οικονομικής επιβάρυνσης. Στα διασυνδεδεμένα συστήματα (όπου αναφερόμαστε) δεν υπάρχει λόγος χρησιμοποίησης συσσωρευτών, εκτός και αν το διασυνδεδεμένο σύστημα τροφοδοτεί άμεσα κάποια φορτία (τα φορτία δηλαδή αυτά τροφοδοτούνται κατευθείαν από το φ/β σύστημα και όχι μέσω του κεντρικού δικτύου) και τα οποία θεωρούνται ότι δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να μείνουν εκτός λειτουργίας σε μια ενδεχόμενη βλάβη.

Τα αυτόνομα φ/β συστήματα επομένως χρειάζεται να αποθηκεύουν μια ποσότητα από την περίσσεια της ηλεκτρικής τους παραγωγής, ώστε να χρησιμοποιηθεί όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή της φ/β γεννήτριας. Η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να προνοείται να αποθηκεύεται, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και απαιτήσεις και κυρίως από το μέγιστο πλήθος των πιθανών συνεχόμενων ημερών συννεφιάς, τις αιχμές της κατανάλωσης και τον βαθμό αξιοπιστίας που θα πρέπει να παρουσιάζει το σύστημα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ή όχι βοηθητικών ενεργειακών πηγών.

Υπάρχουν διάφορων τύπων ηλεκτρικοί συσσωρευτές, ανάλογα με το υλικό των ηλεκτροδίων τους. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι οικονομικότεροι για χρησιμοποίηση σε φ/β συστήματα είναι οι συσσωρευτές μολύβδου. Τα ηλεκτρόδιά τους είναι πλάκες από κράματα μολύβδου βυθισμένες σε διάλυμα θεικού οξέος.

Η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή μετράται συνήθως σε αμπερώρια (Ah), που είναι σε ιδανικές συνθήκες το γινόμενο της μέσης έντασης του ρεύματος, που δίνει ο συσσωρευτής, ανεξάρτητα από την τάση του, επί το πλήθος των ωρών μέχρι να εκφορτιστεί, ξεκινώντας από πλήρη φόρτιση. Αντίθετα η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, που μπορεί να αποθηκεύσει ένας συσσωρευτής εξαρτάται από την τάση του. Οι κατασκευαστές συνήθως αναφέρουν την χωρητικότητα σε αμπερώρια (Ah) για έναν συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης.

Για παράδειγμα αν η χωρητικότητα μιας μπαταρίας δίνεται 200 Ah για χρόνο εκφόρτισης 10 ωρών, αυτό σημαίνει ότι η μπαταρία για αυτό το χρονικό διάστημα θα δίνει 20Α ρεύματος υπό ιδανικές συνθήκες (25 °C).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η χωρητικότητα μιας μπαταρίας εξαρτάται από τον ρυθμό εκφόρτισής της. Εξήγηση για αυτή τη σχέση χωρητικότητας - ρυθμού εκφόρτισης δίνει το φαινόμενο Peukert. Σύμφωνα με το φαινόμενο Peukert, ο χρόνος για την εκφόρτιση ενός συσσωρευτή μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το ρεύμα με το οποίο γίνεται αυτή η εκφόρτιση. Γι' αυτό το λόγο η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή αναφέρεται πάντα συναρτήσει των ωρών που διαρκεί αυτή ή του ρεύματος εκφόρτισης, μετρημένες σε μια θερμοκρασία αναφοράς, συνήθως τους 25°C. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά τη διάρκεια ζωής ενός συσσωρευτή είναι:

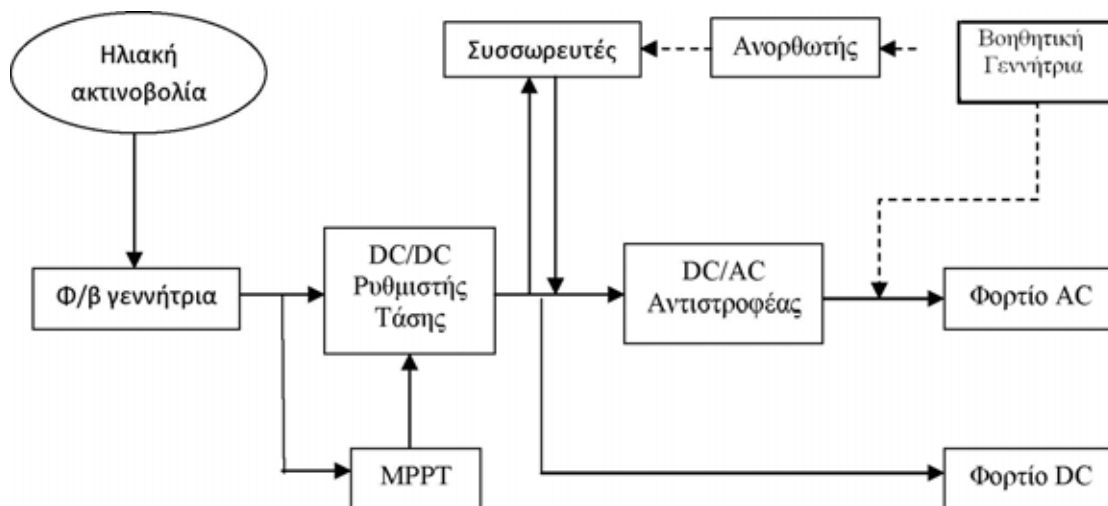
- Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος τόσο μειώνεται η διάρκεια ζωής του συσσωρευτή.
- Το βάθος εκφόρτισης. Η εκφόρτιση των συσσωρευτών πέρα από την επιτρεπόμενη από τον κατασκευαστή τιμή του, μειώνει δραστικά τόσο τη διάρκεια ζωής όσο και τη χωρητικότητα. Αν το βάθος εκφόρτισης υπερβεί το 80% τότε ο συσσωρευτής αποκλίνει από την ονομαστική διάρκεια ζωής του.
- Το ποσοστό υπερφόρτισης. Αντίστοιχα αποτελέσματα έχει η φόρτιση του συσσωρευτή πάνω από τα επιτρεπτά όρια.
- Η τάση και το ρεύμα φόρτισης. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης ένα αρχικό ρεύμα μεγάλης τιμής μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες. Το ίδιο συμβαίνει και με μια πιθανή υπέρταση[6.4].

6.7 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Μέχρι τώρα έγινε μια επισκόπηση των μερών ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Παρατηρήθηκε ότι ένα σύστημα παραγωγής ενέργειας αποτελείται από πολλά συστατικά ώστε να έχουμε είτε αυτόνομο (standalone) είτε διασυνδεδεμένο σύστημα. Εμείς ασχολούμαστε μεν με το διασυνδεδεμένο σύστημα αλλά θα γίνει και μια μικρή αναφορά για το αυτόνομο.

6.7.1 Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (STAND ALONE)

Οι αυτόνομες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις αποτελούν ίσως τις πληρέστερες εφαρμογές της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας. Είναι εγκαταστάσεις που λειτουργούν αυτοδύναμα για την τροφοδότηση καθορισμένων καταναλώσεων, χωρίς να συνδέονται με μεγάλα κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, από τα οποία θα μπορούσαν να αντλούν συμπληρωματική ενέργεια ή να στέλνουν την περίσσεια της παραγόμενης. Αποτελούν την ιδανικότερη λύση για περιοχές που βρίσκονται μακριά από το κεντρικό δίκτυο και στις οποίες η διασύνδεσή τους με αυτό θα απαιτούσε τεράστια οικονομικά κεφάλαια. Ειδικότερα για τον ελλαδικό χώρο, ο οποίος έχει πολυάριθμα μικρά νησιά και μικρούς οικισμούς, τα αυτόνομα φ/β συστήματα έχουν βρει πολλές εφαρμογές, ενώ υπάρχουν ακόμα πολλές δυνατότητες ανάπτυξης.



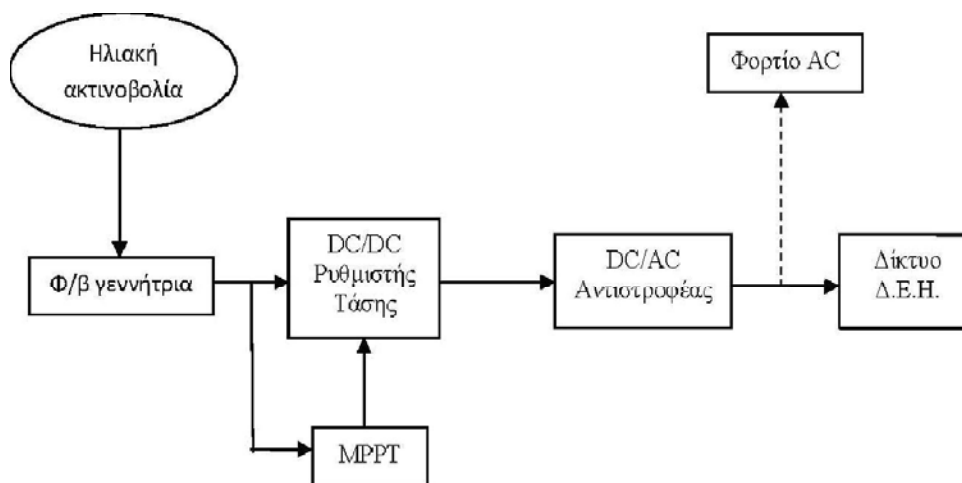
Σχήμα 6.7: Αυτόνομο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Αποτελείται καταρχήν από τη φ/β γεννήτρια, η οποία είναι και το βασικότερο συστατικό του συστήματος, αφού εκεί γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Έπειτα περιλαμβάνει συσσωρευτές για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, σε περιόδους που η παραγόμενη ενέργεια εμφανίζει περίσσεια και για την χρησιμοποίησή της, όταν η παραγωγή είναι ανεπαρκής. Όπως είναι κατανοητό η χωρητικότητα των μπαταριών είναι δεδομένη και υπάρχει το ενδεχόμενο να μην καλύπτουν τις ανάγκες του φορτίου σε παρατεταμένες περιόδους συννεφιάς ή κάποιας βλάβης του συστήματος. Από την άλλη η επιλογή συσσωρευτών πολύ μεγάλης χωρητικότητας κρίνεται οικονομικά ασύμφορη. Η ιδανικότερη λύση είναι μια βοηθητική γεννήτρια (συνήθως νηξελογεννήτρια), η οποία τίθεται σε λειτουργία όταν είναι αναγκαίο.

Συχνά τα συστήματα αυτά καλούνται υβριδικά φ/β συστήματα και μπορεί να περιέχουν και άλλες εναλλακτικές βοηθητικές πηγές ενέργειας (π.χ. ανεμογεννήτρια). Τα υβριδικά μπορούν επίσης να αποτελέσουν μια λογική προσέγγιση σε καταστάσεις όπου οι περιστασιακές αιχμές ζήτησης είναι σημαντικά υψηλότερες από τη ζήτηση φορτίου βάσης. Τέλος αναπόσπαστα συστατικά ενός αυτόνομου συστήματος είναι οι διατάξεις για την μετατροπή της παραγόμενης ενέργειας από τα φ/β στοιχεία σε μορφή κατάλληλη για την τροφοδότηση των φορτίων, οι οποίες περιέχουν έναν DC/DC μετατροπέα σε συνδυασμό με έναν ανιχνευτή μέγιστης ισχύος(MPPT) και έναν DC/AC αντιστροφέα.

6.7.2 Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα (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.



Σχήμα 6.8: Διασυνδεδεμένο Φωτοβολταϊκό Σύστημα

6.8 Βιβλιογραφία

- [6.1] <http://e-fotovoltaika.blogspot.com/>, “Πληροφορίες σχετικά με τη νέα τεχνολογία των φωτοβολταϊκών”
- [6.2] N.Mohan, T.Underland, W.Robbins “*Power Electronics, Converters, Applications and Design*”, second edition, εκδόσεις John Wiley & Sons Inc, USA 2003
- [6.3] Ε.Καρφόπουλος, “*Ανάλυση και σύγκριση αντιστροφέων πηγής τάσεων πολλών επιπέδων*”, Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 2005
- [6.4] D. Linden & T. Reddy, “*Handbook of Batteries*”, Third Edition, Εκδόσεις McGraw-Hill Professional

ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ 100 kWp

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ισχύ 100 kWp στον Ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα ασχολούμαστε με εγκατάσταση στην περιοχή Ρόδου και ειδικά με την περιοχή Μάσσαρη του δήμου Αρχαγγέλου. Σε προηγούμενο κεφάλαιο έχει αναλυθεί το ηλιακό δυναμικό της χώρας και μετά μελετήθηκε πιο αναλυτικά η περιοχή που θα γίνει η εγκατάσταση. Αναφέρθηκαν τα στοιχεία του εδάφους και η επιλογή κλίσης των συστοιχίων.

Εξετάζουμε την περίπτωση σταθερής κλίσης και μόνο για λόγους που έχουν αναφερθεί (οικονομικοί, καθυστέρηση κατασκευής). Εδώ θα εξεταστεί το θέμα επιλογής των στοιχείων της εγκατάστασης, τα κριτήρια που έγινε αυτή η επιλογή, η συνεργασία μεταξύ των, και ο τρόπος διάταξης αυτών στο πάρκο. Αφού υπολογιστεί η παραγόμενη ενέργεια γίνεται αναφορά και σε διάφορα μέτρα όσο αφορά την προστασία της εγκατάστασης.

7.1 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

Αρχικά λοιπόν θα μελετηθεί το μέγεθος ισχύος του σταθμού τον οποίο θα κατασκευάσει η εταιρία. Η μελέτη αυτή γίνεται κυρίως με οικονομικοτεχνικά κριτήρια, όπου αναφέρονται οι οικονομικοί και τεχνικοί παράμετροι που πρέπει να ακολουθηθούν (όπως φαίνεται σε προηγούμενο κεφάλαιο), και αν η εταιρία είναι σε θέση να εκπληρώσει τις παραμέτρους αυτές. Επίσης, η περιβαλλοντική μελέτη και η τεχνική θα αναδείξει αν η περιοχή που κατασκευάζεται το έργο μπορεί να προσφέρει τη βιωσιμότητα της επένδυσης με κύριο κριτήριο την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος σε ποσότητα ικανή να καλύψει τα έξοδα. Τέλος οι απαλλαγές και οι διευκολύνσεις που προσφέρονται ανάλογα με την επιλογή ισχύος είναι ένα άλλο κριτήριο που θα οδηγήσει στη τελική επιλογή.

Η εταιρεία προχώρησε στην επιλογή της κατασκευής σταθμού με μέγεθος ισχύος 100 kWp με κύριο κριτήριο το πόσο της επένδυσης που μπορεί να διαθέσει. Έχοντας την έκταση συμβατή με τους στόχους της εταιρίας θα αρχίσει η κατασκευή του σταθμού με στόχο τα 100 kWp που είναι η καλύτερη επιλογή όσον αφορά και την ταχύτητα διεκπαιρωσης γραφειοκρατικών και αδειολογικών εργασιών.

7.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ

Λαμβάνοντας υπ' όψιν την κλίση των 29° των στηριγμάτων των πλαισίων, ακολουθεί η ανάλυση των μερών του σταθμού, τα κριτήρια επιλογής τους, ο τρόπος λειτουργίας και η χωροταξία τους. Ένα σημαντικό κομμάτι στην μελέτη του φωτοβολταϊκού σταθμού είναι η επιλογή αντιστροφέα.

Αν προσπαθήσουμε να κάνουμε επιλογή αντιστροφέα με μοναδικό κριτήριο το οικονομικό θα οδηγηθούμε σε κακή επιλογή. Αν δηλαδή επιλέξουμε ότι το συγκεκριμένο φ/β πάρκο ισχύος 100kWp καλύπτεται από ένα και μόνο αντιστροφέα η επιλογή αυτή 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. Για τη λειτουργία τους προαπαιτείται η ύπαρξη τάσης στο δίκτυο.

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 αντιστροφείς 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 αντιστροφείς για την υλοποίηση της ίδιας φ/β εγκατάστασης.

Η ισχύς του αντιστροφέα πρέπει να συμβιβάζει πολλές παραμέτρους. Για το συγκεκριμένο φ/β πάρκο εξετάστηκαν τα προϊόντα μιας εκ των μεγαλύτερων εταιρειών στον χώρο, της SMA. Η εταιρία αυτή δραστηριοποιείται πολλά χρόνια στο χώρο των αντιστροφέων για φ/β συστήματα και τα προϊόντα της θεωρούνται κορυφαία όσον αφορά την αξιοπιστία και την απόδοση.

Η προσέγγιση που ακολουθείται για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου αντιστροφέα έχει πρώτα από όλα να κάνει με την επιλογή της κατάλληλης ισχύος. Η επιλογή αυτή πρέπει να συμβιβάζει τους παράγοντες του κόστους, της αξιοπιστίας και ευκολίας χειρισμού του συστήματος. Θεωρούμε ότι όλοι οι αντιστροφείς που θα χρησιμοποιηθούν είναι όμοιοι, γεγονός που εξασφαλίζει ότι και τα string των φ/β πλαισίων, καθώς και οι συστοιχίες θα προκύψουν ίδιες. Αυτό θα έχει με τη σειρά του σαν αποτέλεσμα να απλοποιηθεί η τοπογραφική διάταξη της εγκατάστασης και να γίνει ευκολότερη η κυκλωματική σύνδεση. Εφόσον η συνολική εγκατάσταση έχει ισχύ 100kWp, η ισχύς των αντιστροφέων πρέπει να επιλεγεί αναλογικά με αυτή την τιμή.

Εξετάζονται οι διάφορες υλοποιήσεις που μπορούν να προκύψουν χρησιμοποιώντας τους αντιστροφείς της SMA της σειράς SUNNY MINI CENTRAL, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για εγκαταστάσεις μέσης και μεγάλης ισχύς. Τα μοντέλα που εξετάστηκαν είναι τα: SMC 6000TL, SMC 7000TL και SMC 8000TL.

Πίνακας 7.1: Χαρακτηριστικά αντιστροφών

SMA-SUNNY MINI CENTRAL			
	SMC 6000TL	SMC 7000TL	SMC 8000TL
Τιμές Εισόδου			
Μέγιστη ισχύς DC	6200W	7200W	8250W
Εύρος τάσης DC	335V-700V	335V-700V	335V-700V
Ονομαστική τάση DC	350V	350V	350V
Μέγιστη τάση DC	700V	700V	700V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	19A	22A	25A
Διακύμανση τάσης DC	<10%	<10%	<10%
Μέγιστος αριθμός παράλληλων string	4	4	4
Τιμές Εξόδου			
Μέγιστη ισχύς AC	6000W στους 40°C	7000W στους 40°C	8000W στους 40°C
Τιμές Εξόδου			
Ονομαστική ισχύς AC	6000W	7000W	8000W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	27A	31A	35A
THD ρεύματος AC	<4%	<4%	<4%
Ονομαστική τάση AC	220V-240V	220V-240V	220V-240V
Ονομαστική συχνότητα AC	50Hz	50Hz	50Hz
Απόδοση			
Μέγιστη απόδοση	98%	98%	98%
Euro-eta	97,7%	97,7%	97,7%
Μηχανολογικά στοιχεία			
Βάρος	31kg	32kg	33kg
Ύψος/Μήκος/Πλάτος/ (mm)	613/468/242	613/468/242	613/468/242

Επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του πλήθους των αντιστροφών σε κάθε περίπτωση. Επειδή η φ/β εγκατάσταση πρόκειται να συνδεθεί στο δίκτυο XT μέσω τριών αγωγών στις τρεις φάσεις του δικτύου (τριφασική σύνδεση) εξετάζεται το κατά πόσο είναι δυνατόν οι τρεις αυτοί αντιστροφέες να προσφέρουν μια υλοποίηση στην οποία θα υπάρχει συμμετρία ισχύος μεταξύ των τριών φάσεων. Εφόσον έχει επιλεγεί η χρήση ενός τύπου αντιστροφέα αυτό συνεπάγεται ότι ο συνολικός αριθμός των αντιστροφών πρέπει να είναι πολλαπλάσιος του 3, για να μπορούν να ομαδοποιηθούν συμμετρικά, όσον αφορά την ισχύ, οι έξοδοί τους. Αν δεν καταστεί δυνατή μια τέτοια υλοποίηση με κανέναν από τους αντιστροφέες που θα επιλεγούν τότε θα εξεταστεί μια διαφορετική προσέγγιση.

Εξετάζοντας τον αντιστροφέα SMC 6000TL, παρατηρούμε ότι η ισχύς εισόδου είναι 6kW. Λαμβάνοντας υπόψη όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω για την ισχύ αιχμής των πλαισίων προκύπτει ότι η ιδανική ισχύς στην είσοδό του κυμαίνεται μεταξύ 6.000Wp και 7.200Wp (έως 20% αυξημένη). Οι τιμές αυτές μας οδηγούν στην επιλογή δεκαπέντε τέτοιων αντιστροφών (αριθμός πολλαπλάσιος του τρία), που θα δέχονται στη είσοδό τους 6.667Wp (100.000Wp/15≈6.667Wp). Τα αντίστοιχα μεγέθη για τους άλλους δύο αντιστροφέες προκύπτουν με τον ίδιο τρόπο και είναι: δώδεκα αντιστροφέες SMC 7000TL που θα δέχονται στη είσοδο ισχύ περί τα 8.333Wp, δώδεκα αντιστροφέες SMC 8000TL με ισχύ εισόδου την ίδια με πριν δηλαδή 8.333Wp, καθώς αν επιλέγαμε εννιά η ισχύς στην είσοδό του θα ήταν πάρα πολύ μεγάλη (11.111Wp). Είναι ακόμα προφανές ότι αν πρέπει να επιλέξουμε ανάμεσα στους δύο τελευταίους αντιστροφέες, προφανώς συμφέρει ο αντιστροφέας SMC 7000TL,

καθώς είναι φθηνότερος, όμως θα πρέπει πρώτα να εξεταστεί κατά πόσο είναι δυνατόν να συνδυαστεί με τα επιλεγόμενα πλαίσια, γεγονός που εξετάζεται στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο. Τέλος οι παραπάνω τιμές ισχύος εισόδου των αντιστροφών είναι ενδεικτικές, ενώ οι ακριβείς θα υπολογιστούν με βάση την ισχύ των φ/β πλαισίων.

7.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Η επιλογή του φωτοβολταϊκού πλαισίου είναι γενικά ένα πολυσύνθετο πρόβλημα. Η πληθώρα κατασκευαστικών εταιριών και πλαισίων επιτείνουν ακόμα περισσότερο τη δυσκολία της επιλογής. Οι παράμετροι σύμφωνα με τις οποίες έγινε η επιλογή των πλαισίων ήταν η αξιοπιστία και η τεχνογνωσία της κατασκευάστριας εταιρίας, η μέγιστη ισχύς που παράγουν, η απόδοσή τους και φυσικά το κόστος.

Η αρχική απόφαση που έπρεπε να ληφθεί είχε να κάνει με τη επιλογή του είδους του φωτοβολταϊκού πλαισίου όσον αφορά την τεχνολογία κατασκευής του. Πολύ γρήγορα η επιλογή κατέληξε ανάμεσα σε πλαίσια μονοκρυσταλλικού πυριτίου και πολυκρυσταλλικού πυριτίου, καθώς όλες οι άλλες κατηγορίες που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο έχουν χρησιμοποιηθεί σε περιορισμένες εφαρμογές, δεν εμφανίζουν υψηλή απόδοση, ή όταν εμφανίζουν υψηλή απόδοση, κρίνονται οικονομικά ασύμφορες.

Πίνακας 7.2: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα υλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων

Υλικό φ/β στοιχείων	Απόδοση φ/β στοιχείων του εμπορίου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	14-19%	• Ομοιόμορφη μοριακή δομή • Μεγάλος βαθμός απόδοσης	• Υψηλό κόστος παραγωγής • Μεγάλες απώλειες κατά τη διαδικασία κοπής • Ενεργοβόρα διαδικασία παραγωγής
Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	10-14%	• Οικονομικότερη παραγωγική διαδικασία από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο • Τετραγωνικά δισκία επιτρέπουν μεγαλύτερο δείκτη κάλυψης	• Χαμηλότερη απόδοση συγκρινόμενη με το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο • Μεγάλες απώλειες κατά τη διαδικασία κοπής
Ribbon Πυρίτιο	Έως 15%	• Λιγότερες απώλειες πυριτίου στην παραγωγή	• Χειρότερη ποιότητα πυριτίου από αυτή του μον/κού • Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα
Thin-film Πυρίτιο	Έως 17%	• Λιγότερο χρησιμοποιούμενο υλικό • Όχι μεγάλες απαιτήσεις σε υλικό υποστρώματος • Πολλά υποσχόμενη τεχνολογία	• Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα
Άμορφο Πυρίτιο	6-9%	• Χαμηλό κόστος παραγωγής συγκρινόμενο με το κρυσταλλικό πυρίτιο • Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας	• Μικρός βαθμός απόδοσης • Βαθμιαία μείωση της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου
Αρσενικούχο γάλλιο	25-30%	• Μεγάλος βαθμός απόδοσης • Υψηλή θερμική αδράνεια	• Υψηλό κόστος παραγωγής (5πλάσιο του κρυσταλλικού πυριτίου)
Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός	Έως 10%	• Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας • Δεν εμφανίζει βαθμιαία πτώση της απόδοσης όπως το άμορφο πυρίτιο	• Πολύπλοκο υλικό • Αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγική διαδικασία • Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα
Τελλουριούχο Κάδμιο	6-13%	• Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας • Χαμηλό κόστος παραγωγής	• Αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγική διαδικασία • Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα

Μετά από μια στοιχειώδη έρευνα αγοράς διαπιστώνεται ότι το κόστος των μονοκρυσταλλικών γεννητριών είναι αρκετά υψηλότερο από αυτό των πολυκρυσταλλικών και είναι της τάξεως του 10-15% ακριβότερες. Από την άλλη παρουσιάζουν καλύτερη απόδοση κατά 1,5-3% από τις πολυκρυσταλλικές. Όμως εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι η καλύτερη απόδοση που εμφανίζουν δεν αντισταθμίζει το κόστος αγοράς τους. Επομένως ως πρώτο βήμα αποφασίζεται η επιλογή ενός πολυκρυσταλλικού πλαισίου.

Προφανώς για την επιλογή της κατασκευάστριας εταιρείας δεν ήταν δυνατόν να εξεταστούν όλες οι εκατοντάδες εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο. Επιλέχθηκαν έξι μεγάλες εταιρίες που δραστηριοποιούνται για πολλά χρόνια στο χώρο, έχουν την απαραίτητη τεχνογνωσία και η αντοχή των προϊόντων (γεγονός υψίστης σημασίας για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις) έχει αποδειχθεί στη πράξη. Οι εταιρίες αυτές είναι η BP Solar, Shell, Kyocera, Siemens και η Sharp.

Από την άποψη της ισχύος συμφέρει περισσότερο η επιλογή ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου με μεγάλη ισχύ αντί πολλών πλαισίων με μικρότερες ισχείς ειδικά για μεγάλες φ/β εγκαταστάσεις, που λειτουργούν ως σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγάλα πλαίσια δουλεύονται πιο εύκολα στην εγκατάστασή τους, απαιτούνται λιγότερες συνδέσεις και το κόστος εγκατάστασης είναι μικρότερο. Επίσης το κόστος ανά W_p μειώνεται ελαφρά με την αύξηση της ισχύος ενός πλαισίου, αλλά για πλαίσια μεγαλύτερα των $120W_p$ είναι ουσιαστικά σταθερό. Από την άλλη η επιλογή ενός πλαισίου με πολύ μεγάλη ισχύ μπορεί να έχει και αρνητικές επιπτώσεις, γιατί μια ενδεχόμενη σκίαση ενός μέρους του, θα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μείωση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ότι σε ένα πλαίσιο μικρότερης ισχύος. Συμβιβάζοντας τα παραπάνω επιλέγεται η ισχύς του πλαισίου να κυμαίνεται μεταξύ $120W_p$ και $200W_p$.

Τελικά μελετώντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων από τις παραπάνω εταιρίες, επιλέχθηκαν τρία πλαίσια τις εταιρίας Kyocera, τα οποία θα εξεταστούν, αν μπορούν να συνδυαστούν και με ποιο τρόπο, με τους αντιστροφείς της προηγούμενης παραγράφου, για να επιτευχθεί ο τελικός στόχος, που είναι η εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος $100kW_p$. Τα πλαίσια αυτά είναι τα: KC130 GHT-2, KC175GHT-2 και KC200GHT-2, ονομαστικής ισχύος $130W_p$, $175W_p$ και $200W_p$ αντίστοιχα.

Η απόδοση των πλαισίων μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$\eta_m = \frac{P_{\max}}{G \cdot S_m} = \frac{I_{\max} \cdot V_{\max}}{G \cdot S_m} \quad (7.1)$$

Άρα προκύπτουν οι παρακάτω τιμές απόδοσης:

$$\eta_m = \frac{P_{\max}}{G \cdot S_m} = \frac{130}{1000 \cdot 0.9291} = 13,99\% \text{ για το πλαίσιο KC130GT-2}$$

$$\eta_m = \frac{P_{\max}}{G \cdot S_m} = \frac{175}{1000 \cdot 1.2771} = 13,70\% \text{ για το πλαίσιο KC175GHT-2}$$

$$\eta_m = \frac{P_{\max}}{G \cdot S_m} = \frac{200}{1000 \cdot 1.4108} = 14.18\% \text{ για το πλαίσιο KC200GHT-2}$$

Πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή του φ/β πλαισίου εξαρτάται άμεσα από την επιλογή του αντιστροφέα και ουσιαστικά δεν μπορεί να γίνει χωρίς να ληφθούν υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά του τελευταίου. Ακόμα οι διατάξεις του πλαισίου θα καθορίσουν τις βάσεις

στήριξης που θα χρησιμοποιηθούν και γενικότερα τις απαραίτητες κατασκευαστικές υποδομές. Εκτός από τις διαστάσεις του πλαισίου και την ισχύ αιχμής του, ρόλο κλειδί έχουν τα μεγέθη της 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.

Πίνακας 7.3: Χαρακτηριστικά στοιχεία φ/β πλαισίων

KYOCERA-KC 175 GHT-2			
Ηλεκτρική απόδοση υπό στάνταρ συνθήκες (STC)			
	KC130 GHT-2	KC175GHT-2	KC200GHT-2
Ονομαστική μέγιστη ισχύς P_{max}	130W	175W	200W
Ονομαστική τάση φόρτισης V_{mpp}	17,6V	23,6V	26,3V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης I_{mpp}	7,39A	7,42A	7,61A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc}	21,9V	29,2V	32,9V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc}	8,02A	8,09A	8,21A
Τάση μέγιστης ισχύος συστήματος	750V	1000V	1000V
Πλήθος φ/β στοιχείων ανά πλαίσιο	36	48	54
Τεχνολογία φ/β στοιχείων	Πολυκρυσταλλι-κό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλι-κό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλι-κό πυρίτιο
Μορφή φ/β στοιχείων	πολυγωνική	πολυγωνική	πολυγωνική
Διαστάσεις (μήκος*πλάτος*ύψος) mm	1425*652*36	1290*990*36	1425*990*36
Βάρος	11,9kg	16,0kg	18,5kg

7.4 ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ - ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ

Αφού έγινε η επιλογή του αντιστροφέα και των φωτοβολταϊκών πλαισίων, πρέπει να αναλυθεί ο τρόπος συνεργασίας μεταξύ αυτών ώστε να υπάρξει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Έτσι λοιπόν πρέπει να ληφθούν υπ'οψιν τα παρακάτω:

- 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. Γενικότερα πρέπει μια τέτοια υλοποίηση να αποφεύγεται, καθώς μπορούν να ανακύψουν και τεχνικά προβλήματα.
- Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, προτιμήθηκε οι αντιστροφείς που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση να είναι οι ίδιοι (κυρίως να έχουν την ίδια ισχύ) και ο συνολικός αριθμός τους να είναι πολλαπλάσιο του 3.
- Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όλα τα πλαίσια, που θα χρησιμοποιηθούν σε όλη την εγκατάσταση θα είναι τα ίδια.

Έστω ότι επιλέγονται 15 αντιστροφείς SMC 6000TL, ο καθένας εκ των οποίων πρέπει να δέχεται στην είσοδο του 6667Wp για να φτάσουμε τα 100kWp που είναι η επιθυμητή τιμή

της εγκατάστασης (Χρησιμοποιώντας και πλαίσια που σε συνδυασμό με τους αντιστροφείς θα φτάσουμε στην τιμή των 100kWp). Εξετάζοντας τα πλαίσια που έχουμε στη διάθεσή μας καταλήγουμε στο γεγονός ότι το πλαίσιο, το οποίο είναι το πιο ιδανικό από τα 3 να συνδυαστεί με τον συγκεκριμένο αντιστροφέα είναι το KC175GHT-2.

Το επόμενο βήμα είναι να βρεθεί ο κατάλληλος αριθμός των πλαισίων και η κυκλωματική σύνδεσή τους. Υπολογίζεται ότι σε κάθε αντιστροφέα συνδέονται 38 πλαίσια των 175W_p (175W_p×38=6650Wp) Τα πλαίσια αυτά οργανώνονται σε 2 παράλληλα string των 19 πλαισίων το καθένα. Αυτό σημαίνει ότι η είσοδος του αντιστροφέα δέχεται:

19 πλαίσια εν σειρά * 23,6V = 448,4V από ένα string (επί συνόλου 2 string ανά αντιστροφέα), που είναι η απαραίτητη τάση εισόδου προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η ισχύς εξόδου. Ακόμα δέχεται:

2 παράλληλα string * 7,42A = 14,84A που παρατηρούμε ότι βρίσκεται μέσα στα όρια του αντιστροφέα.

Ο συνολικός αριθμός των φ/β πλαισίων της εγκατάστασης προκύπτει:

38 πλαίσια ανά αντιστροφέα * 15 αντιστροφείς = 570 φ/β πλαίσια

Τέλος η συνολική ισχύς της εγκατάστασης είναι:

6650Wp ανά αντιστροφέα * 15 αντιστροφείς = 99.750Wp

που είναι πολύ κοντά στο επιθυμητό (100 kWp). Πρέπει να τονιστεί ότι ο συνδυασμός με τα άλλα 2 πλαίσια που εξετάστηκαν, έδιναν συνολική ισχύ εγκατάστασης είτε μεγαλύτερη από το επιθυμητό είτε αρκετά μικρότερη. Για αυτό τον λόγο επιλέγεται ο συγκεκριμένος συνδυασμός πλαισίου-αντιστροφέα.

Έστω τώρα ότι επιλέγονται δώδεκα αντιστροφείς SMC 7000TL, ο καθένας εκ των οποίων πρέπει να δέχεται στην είσοδο του 8333Wp για να φτάσουμε τα 100kWp που είναι η επιθυμητή τιμή της εγκατάστασης. Εξετάζοντας τα πλαίσια που έχουμε στη διάθεσή μας καταλήγουμε στο γεγονός ότι κανένα από τα τρία φ/β πλαίσια δεν μπορεί να συνδυαστεί με τον συγκεκριμένο αντιστροφέα καθώς προκύπτει η συνολική επιτρεπτή ισχύς στην είσοδό του κατά πολύ μικρότερη από το επιθυμητό. Συγκεκριμένα το πρόβλημα είναι ότι τα συγκεκριμένα φ/β πλαίσια δεν μπορούν να οργανωθούν αποδοτικά σε δύο παράλληλα strings, καθώς τότε η τάση εισόδου είναι εκτός ορίων MPP του αντιστροφέα, αλλά ούτε και σε τρία παράλληλα strings, καθώς τότε το ρεύμα εισόδου είναι εκτός ορίων MPP του αντιστροφέα. Εξετάζοντας και τον τρίτο αντιστροφέα θα έχουμε τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα:

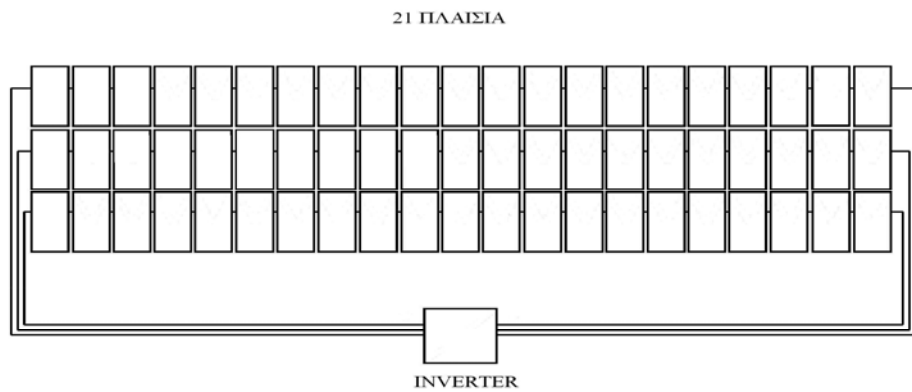
Πίνακας 7.4: Πιθανοί συνδυασμοί πλαισίων αντιστροφών

	1η περίπτωση	2η περίπτωση	3η περίπτωση
Αντιστροφέας (INV)	SMC6000TL (6kW)	SMC 7000TL (7kW)	SMC 8000TL (8kW)
Πλαίσιο	KC 175 GHT-2 (175Wp)	KC 200 GHT-2 (200Wp)	KC 130 GHT-2 (200Wp)
Πλήθος αντιστροφών	15	12	12
Πλαίσια/Αντιστροφή	38	38	63
Ισχύς PV στην είσοδο αντιστροφέα $P_{in,dc}$	6650Wp	7600Wp	8190Wp
Παράλληλα String/αντιστροφή	2	2	3
Πλαίσια εν σειρά/αντιστροφή	19	19	21
Τάση στην είσοδο αντιστροφέα $V_{in,dc}$	448,4V	499,7V	369,6V
Ένταση ρεύματος στην είσοδο αντιστροφέα	14,84A	15,22A	22,17A
Συνολικός αριθμός πλαισίων	570	456	756
Συνολική ισχύς εγκατάστασης	99.750Wp	91.200Wp	98.280Wp
Κόστος αντιστροφών	15x2.750€=41.250 €	12x2.850€=34.200 €	12x2.950€=35.400€

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η δεύτερη περίπτωση αν και πιο οικονομική, παρουσιάζει μεγάλη διαφορά στην συνολική ισχύ σε σχέση με τη ζητούμενη (100kWp), όποτε και απορρίπτεται. Ανάμεσα στην πρώτη και την τρίτη περίπτωση επιλέγουμε τη τρίτη, γιατί η διαφορά τους σε παραγόμενη ισχύ είναι μικρή σε σχέση με τη μεγάλη διαφορά στο κόστος [3.1],[7.1].

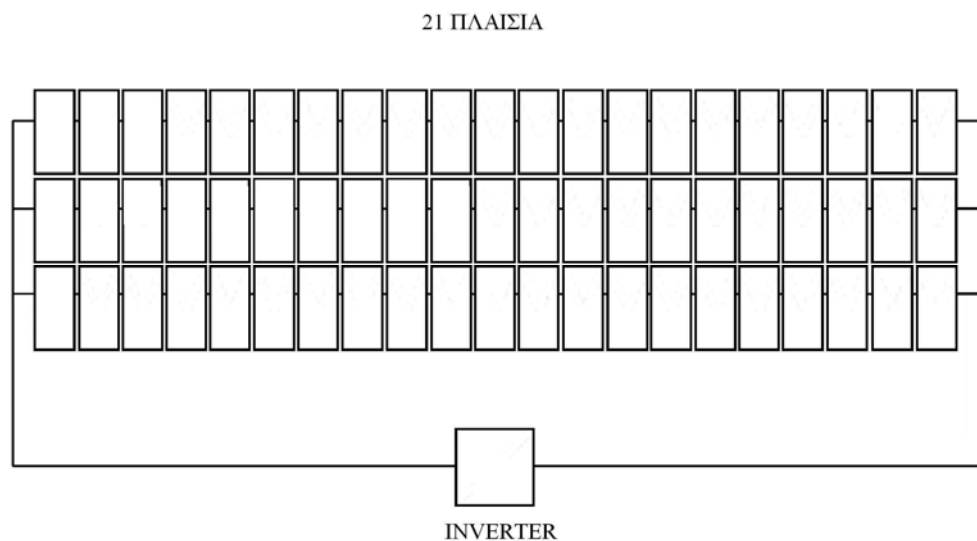
7.5 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

Εφόσον έγινε επιλογή της τρίτης περίπτωσης, θα υπάρξουν εξήντα τρία φωτοβολταϊκά πλαίσια άρα και ένας αντιστροφέας ανά συστοιχία. Αυτή η διάταξη θα έχει τη μορφή που φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 7.1: Κυκλωματική διάταξη συστοιχίας

Ένας άλλος τρόπος που είναι δυνατόν να γίνει η συνδεσμολογία είναι, να συνδεθούν παράλληλα τρεις συστοιχίες των 21 πλαισίων, και όλα μαζί να συνδεθούν σε ένα αντιστροφέα. Μια τέτοια διάταξη θα είχε την μορφή:



Σχήμα 7.2: Κυκλωματική διάταξη συστοιχίας εν παραλλήλω

Η διάφορα μεταξύ των δυο διατάξεων είναι ότι η δεύτερη χρειάζεται μεγαλύτερο μήκος καλωδίων αλλά όμως έχει μικρότερες συστοιχίες, άρα καταλαμβάνει μικρότερο χώρο άρα το κόστος έργων υποδομής μειώνεται. Το μήκος της συστοιχίας θα είναι της τάξεως του $21 * 0,652\text{m} = 13,69\text{m}$, και το πλάτος $3 * 1,425\text{m} = 4,27\text{m}$ [5.2].

- Το γεωγραφικό πλάτος της Ρόδου είναι $36,17^\circ$, επομένως σύμφωνα με το διάγραμμα της εταιρίας Monegon προκύπτει ο λόγος της ελεύθερης απόστασης α προς το ύψος $υ$, $\alpha/υ = 2,35$

Άρα σύμφωνα με τη σχέση:

$$\varepsilon = \gamma \cdot \frac{\frac{\alpha}{υ} \cdot \sin \beta + \cos \beta}{1 + \frac{\alpha}{υ} \cdot \kappa} \quad (7.2)$$

Έχουμε $\varepsilon = 1.8$ m δηλαδή μικρή απόσταση σχετικά που είναι φυσικό αφού η κλίση του εδάφους είναι πολύ μικρή.

Στο σημείο αυτό θα ελεγχθεί η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο συνεχόμενων συστοιχιών κατά μήκος του άξονα Α-Δ. Στη διεύθυνση αυτή παρατηρούμε μια μικρή κλίση του εδάφους ίση με 1.3%, που σημαίνει ότι η οριζοντίωση μιας συστοιχίας απαιτεί μια υπερύψωση του άκρου της συστοιχίας που βρίσκεται στη Δύση. Συγκεκριμένα η διαφορά ύψους κατά μήκος της συστοιχίας προκύπτει 0,182m (0,013 x 14m).

Η τοποθέτηση των συστοιχιών μπορεί να γίνει με συμφώνα με τους παρακάτω τρόπους:

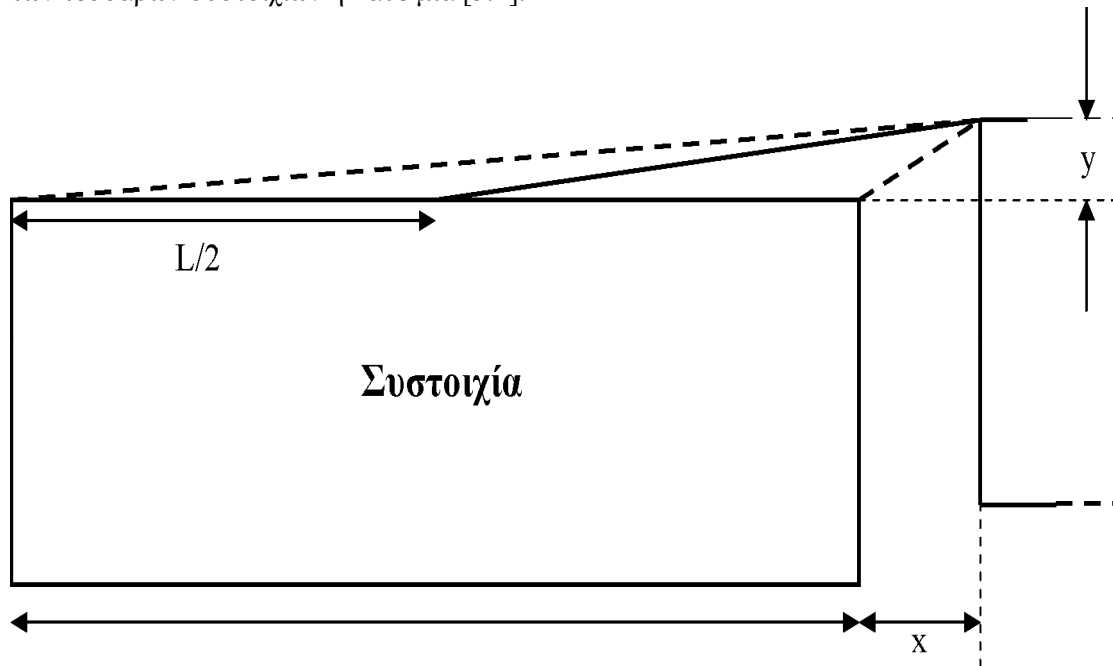
- Τοποθέτηση των συστοιχιών χωρίς να γίνει οριζοντίωσή τους ακολουθώντας την φυσική κλίση.
- Οριζοντίωση κάθε συστοιχίας κατά τον άξονα Α-Δ, ακολουθώντας κλιμακωτά τη φυσική κλίση.
- Οριζοντίωση όλων των συστοιχιών που θα τοποθετηθούν στη διεύθυνση Α-Δ.

Η επιλογή του τρίτου τρόπου τοποθέτησης, δηλαδή η οριζοντίωση όλων των συστοιχιών μπορεί να δημιουργήσει κατασκευαστικά προβλήματα και προβλήματα αντοχής των βάσεων στήριξης, ειδικά στη περίπτωση που επιλεγεί να τοποθετηθούν πολλές συστοιχίες κατά τη διεύθυνση Α-Δ. Μια τέτοια επιλογή θα σήμαινε ότι η ανατολικότερη συστοιχία θα απαιτούσε μια μεγάλη υπερύψωση, η οποία θα ήταν τελείως μη πρακτική, αντικοινομική και αντιαισθητική. Όσον αφορά τους άλλους δύο τρόπους θα μπορούσαν να υλοποιηθούν χωρίς μεγάλα προβλήματα.

Η επιλογή του πρώτου τρόπου τοποθέτησης, δηλαδή ακολουθώντας την κλίση του εδάφους συνεπάγεται καταρχήν ότι όλες οι συστοιχίες θα σκιάζονται κατά τη δύση του ήλιου και για όσο χρονικό διάστημα το ύψος του γίνεται μικρότερο από τη γωνία κλίσης. Βέβαια στη περίπτωση που μελετάται, η κλίση είναι μικρή και η επίδραση της σκίασης τελείως αμελητέα. Επιπλέον η τοποθέτηση σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο μπορεί να συναντήσει και κατασκευαστικές δυσκολίες ειδικά εάν η κλίση δεν είναι ομαλή κατά μήκος του άξονα Α-Δ, καθώς και δυσκολίες κατά την τοποθέτηση των πλαισίων στις βάσεις. Τέλος ο δεύτερος τρόπος τοποθέτησης, εξασφαλίζει ότι οι δυτικότερες συστοιχίες δεν θα σκιάζονται καθόλου, αλλά προκύπτουν προβλήματα σκίασης μεταξύ των άλλων συστοιχιών.

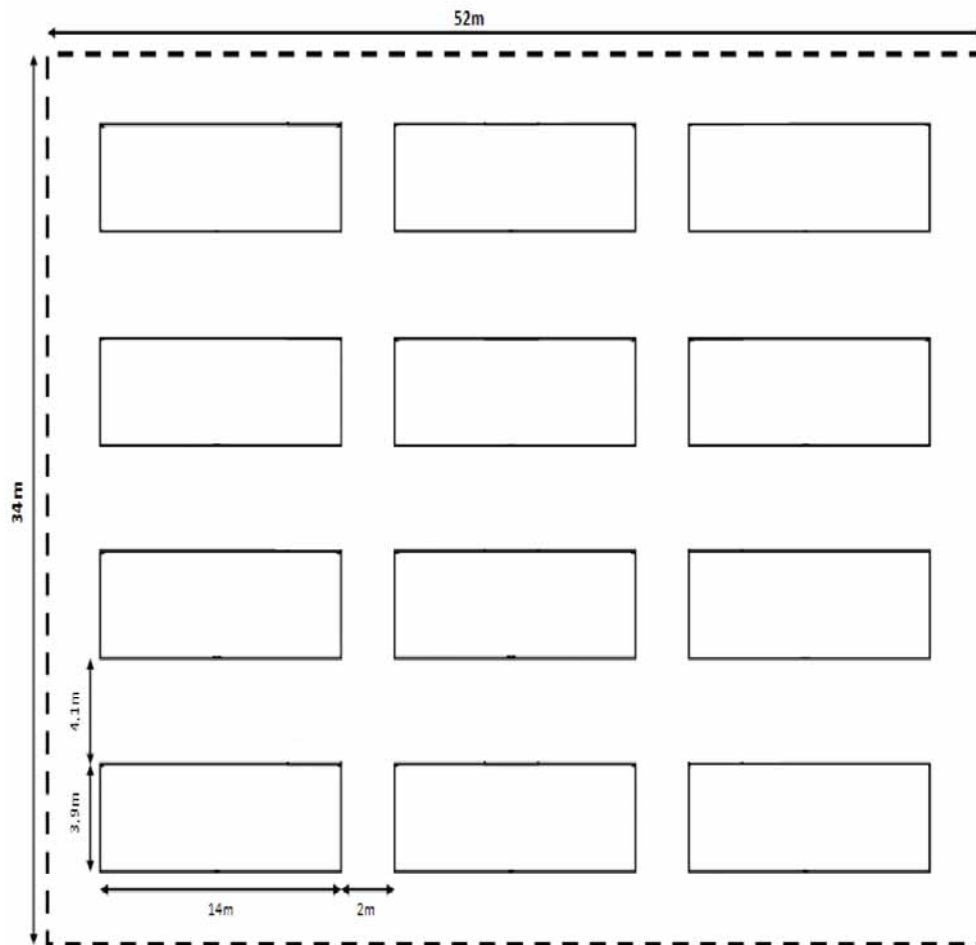
Τελικά επιλέγεται ο δεύτερος τρόπος τοποθέτησης καθώς εμφανίζει τις λιγότερες κατασκευαστικές απαιτήσεις, οι απώλειες λόγω σκίασης είναι πολύ μικρές και αισθητικά είναι ο πιο άρτιος. Οι δώδεκα συστοιχίες επιλέγονται να τοποθετηθούν σε τρεις σειρές των τεσσάρων συστοιχιών η κάθε μία.

Χρησιμοποιούμε το παρακάτω σχήμα για να βρούμε τη βέλτιστη απόσταση μεταξύ των συστοιχιών. Έτσι λοιπόν έχοντας ως δεδομένο το πλάτος που είναι της τάξεως των 1.4 m τοποθετούνται σε απόσταση 2 m για ασφάλεια, όπου οι απώλειες είναι μικρές και είναι πιο καλαίσθητη η εμφάνιση. Οι δώδεκα συστοιχίες επιλέγονται να τοποθετηθούν σε τρεις σειρές των τεσσάρων συστοιχιών η κάθε μια [5.2].



Σχήμα 7.4: Σκίαση από διπλανή συστοιχία κατά τη διεύθυνση Α-Δ

Εν τέλη η τοπογραφική διάταξη του σταθμού θα είναι η εξής:

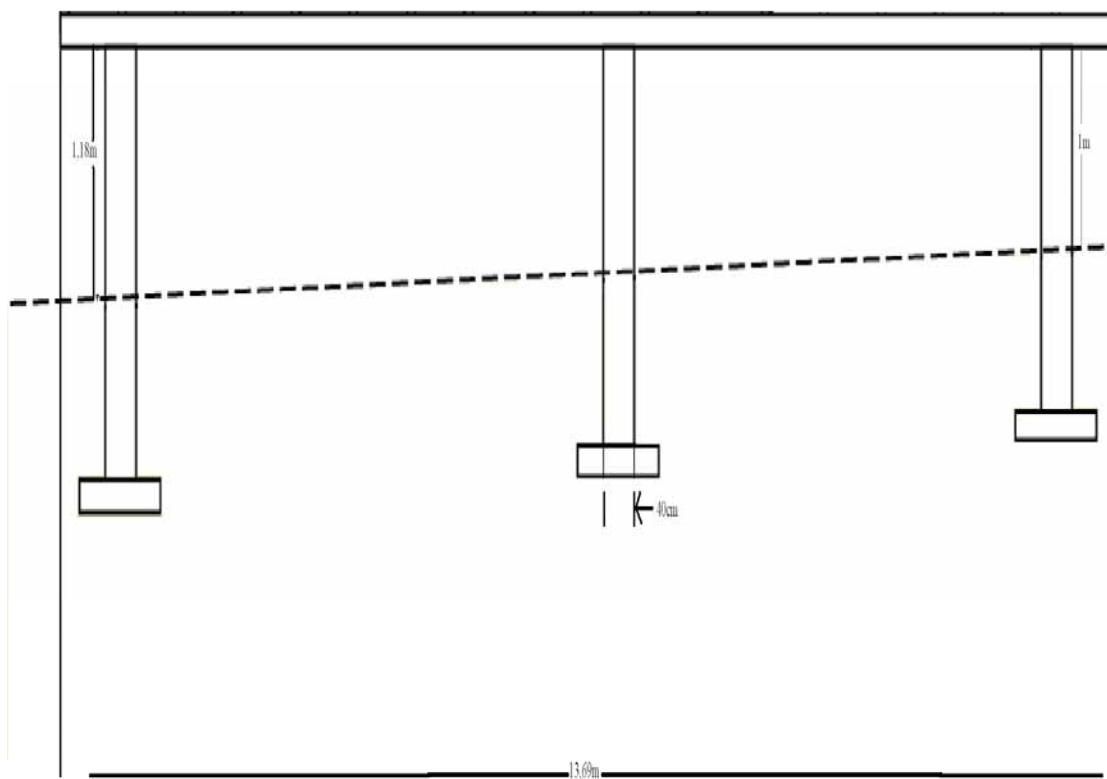


Σχήμα 7.5: Τοπογραφική διάταξη φ/β σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

7.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ – ΒΑΣΕΙΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Για την εγκατάσταση των συστοιχιών επιλέχθηκε κάθε συστοιχία να τοποθετηθεί σε έξι στύλους (δύο σειρές των τριών στύλων) 40 x 20cm από εμφανές μπετό, οι οποίοι θεμελιώνονται σε βάθος περίπου 1m και στηρίζονται σε μια πεδιλοδοκό 100*100*30cm. Οι κεφαλές των έξι στύλων της κάθε συστοιχίας ορίζουν μια κοινή οριζόντια στάθμη, εφόσον έχει επιλεγεί να οριζοντιωθεί η κάθε συστοιχία. Πάνω στους στύλους εδράζονται οι μεταλλικές βάσεις στήριξης μέσω των οποίων επιτυγχάνεται και η επιθυμητή κλίση των 29°. Οι βάσεις στήριξης μπορούν να υλοποιηθούν από μια πληθώρα συνδυασμών μεταλλικών δοκών ή και να επιλεγούν έτοιμες βάσεις στήριξης του εμπορίου.

Σε κάθε περίπτωση στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του βάρους της κατασκευής, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια και η αντοχή της κατασκευής. Παρακάτω φαίνεται η μορφή της μεταλλικής κατασκευής και η θέση που τοποθετείται ο αντιστροφέας. Αυτός εγκαθίσταται πάνω στους στύλους χωρίς να υπάρχει κανένα πρόβλημα, καθώς είναι ενδεδειγμένη η εξωτερική χρήση τους. Ακόμα στους στύλους βρίσκονται και οι αναμονές των γειώσεων.



Σχήμα 7.6: Διάταξη βάσεων στήριξης και στύλων στο χώρο



Σχήμα 7.7: Τοποθέτηση αντιστροφέα και προστασίας στο στύλο που στηρίζει φ/β συστοιχία

7.8 ΓΕΙΩΣΗ

Στις συνήθεις κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις διακρίνει κανείς τρεις κατηγορίες γειώσεων:

- Γείωση λειτουργίας. Ονομάζεται η γείωση που γίνεται για λειτουργικούς λόγους (π.χ. γείωση του κόμβου του μετασχηματιστή). Αυτή διακρίνεται σε:
 - Άμεση, εφόσον δεν περιλαμβάνει άλλη αντίσταση πλην της αντίστασης γείωσης.
 - Έμμεση, εφόσον εκτός από την αντίσταση γείωσης περιλαμβάνει και ωμικές, επαγωγικές και χωρητικές αντιστάσεις.
- Γείωση προστασίας. Ονομάζεται η αγωγή σύνδεση των μεταλλικών μερών μιας εγκατάστασης, που δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας, και εξασφαλίζει την προστασία των ανθρώπων που μπορεί να έρθουν σε επαφή με αυτά.
- Γείωση ασφαλείας ή αντικεραυνικής προστασίας. Η γείωση ασφαλείας χρησιμεύει για την ασφάλεια των παρευρισκόμενων στο περιβάλλον που έχει κατασκευαστεί. Ενδεικτικά παραδείγματα του είδους αυτού είναι οι γειώσεις των αλεξικέραυνων, οι γειώσεις των αντιστατικών δαπέδων των χώρων επείγουσας ιατρικής και των χώρων με μηχανήματα προηγμένης τεχνολογίας.

Οι μέθοδοι γείωσης που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι οι παρακάτω:

- Η ουδετέρωση, δηλαδή η αγωγή σύνδεση με τον ουδέτερο αγωγό ή άλλο γειωμένο αγωγό φάσης δικτύου.
- Η άμεση γείωση, με απευθείας αγωγή σύνδεση με το σύστημα γείωσης το οποίο μπορεί να είναι μια πλάκα γείωσης, ένα ηλεκτρόδιο, ένα τρίγωνο κ.λ.π..
- Η γείωση μέσω διακόπτη διαφυγής, για την αυτόματη απομόνωση του προβληματικού μέρους της εγκατάστασης. Υπάρχουν δυο ειδών διακόπτες διαφυγής, τάσης (ΔΔΤ) και έντασης (ΔΔΕ). Ο διακόπτης διαφυγής τάσης παρακολουθεί την τάση ως προς τη τάση των μεταλλικών περιβλημάτων όπου είναι συνδεδεμένος και αν αυτή υπερβεί τα 50 V τότε αποσυνδέει το κύκλωμα. Το γειωμένο άκρο του ΔΔΤ συνδέεται με ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο γείωσης. Ο διακόπτης διαφυγής έντασης παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη. Αν αυτό υπερβεί μία τιμή, συνήθως 30 mA, τότε αποσυνδέει το κύκλωμα. Σε αντιδιαστολή με τους ΔΔΤ, έχουμε εδώ και μία προστασία κατά της πυρκαγιάς, γιατί περιορίζεται άμεσα το ρεύμα διαρροής προς τη γη.

Για την εγκατάσταση που μελετάται επιλέγεται ο συνδυασμός άμεσης θεμελιακής γείωσης με διακόπτες διαφυγής έντασης. Η θεμελιακή γείωση αποτελείται από ταινία ή κυλινδρικό αγωγό, που τοποθετείται στο κάτω μέρος των θεμελίων των κτιρίων, μέσα στο σκυρόδεμα. Στη φ/β εγκατάσταση που μελετάται η θεμελιακή γείωση συνδέεται με τα βάθρα των συστοιχιών, τα οποία είναι χυτά από Ο/Σ (οπλισμένο σκυρόδεμα) και θεμελιωμένα σε βάθος περίπου 1 m. Η θεμελιακή γείωση καθώς συνδέεται ηλεκτρικά με τον οπλισμό της εγκατάστασης αποκτά εντυπωσιακά χαμηλές τιμές αντίστασης, διότι σχηματίζει ένα πολύ μεγάλο ηλεκτρόδιο γείωσης.

Σε εγκαταστάσεις μεγάλων διαστάσεων επιλέγεται η από τη θεμελιακή γείωση περικλειόμενη επιφάνεια να κατανέμεται σε μικρότερα τμήματα – βρόχους, μέγιστων διαστάσεων (20 m x 20 m). Στην περίπτωση του φ/β πάρκου που εξετάζεται, αυτό έχει ληφθεί υπόψη και η θεμελιακή γείωση αποτελείται από έξι βρόχους.

Ως ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ταινίες με ελάχιστες διαστάσεις διατομής 30 mm x 3.5 mm ή χαλύβδινοι αγωγοί κυκλικής διατομής με ελάχιστη διάμετρο 10 mm. Όμως χαμηλότερη αντίσταση γείωσης επιτυγχάνεται με την χρήση ταινίας. Αν χρησιμοποιηθεί ηλεκτρόδιο γείωσης σε μορφή ταινίας, αυτή πρέπει να τοποθετηθεί με τη μεγαλύτερη διάσταση της διατομής της κατακόρυφα. Τα εξαρτήματα για τη σύνδεση των αγωγών ή των ταινιών μεταξύ τους καθώς και με το σιδηρό οπλισμό πρέπει να είναι κατασκευασμένα από θερμά γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα, να έχουν αντοχή σε διάβρωση και ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος.

Για τη σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, των ισοδυναμικών συνδέσεων κ.λ.π. με τη θεμελιακή γείωση κατασκευάζονται λήψεις όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις θέσεις εγκατάστασης πινάκων διανομής που προβλέπεται η άμεση σύνδεσή τους στη γείωση καθώς και όπου θα πραγματοποιηθούν οι κύριες και συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις. Οι λήψεις θεμελιακής γείωσης είναι κατασκευασμένες από υλικό ανθεκτικό στη διάβρωση (γαλβανισμένο ή ανοξείδωτο χάλυβα). Μπορεί να είναι σε μορφή ακροδέκτη γείωσης ή ζυγού γείωσης ή σε μορφή στρογγυλού αγωγού ή ταινίας. Πρέπει να επισημαίνονται (π.χ. με επικάλυψη ταινίας, χρωματισμό κλπ.) και να προστατεύονται κατάλληλα από φθορά κατά τη φάση κατασκευής του κτιρίου. Τα εξαρτήματα σύνδεσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης και των ισοδυναμικών συνδέσεων με τις λήψεις της θεμελιακής γείωσης, καθώς και τα σημεία σύνδεσης των εξαρτημάτων διαστολής με τις λήψεις της θεμελιακής γείωσης πρέπει να έχουν αντοχή σε διάβρωση στο περιβάλλον που εγκαθίστανται, ικανότητα να άγουν το αναμενόμενο ηλεκτρικό ρεύμα και επαρκή μηχανική αντοχή ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της ηλεκτρικής συνέχειας [5.3].

7.9 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Αν και η πιθανότητα να χτυπήσει κεραυνός τη φ/β εγκατάσταση είναι αρκετά μικρή εντούτοις η ζημιά που μπορεί να προκαλέσει ένα τέτοιο ενδεχόμενο είναι πολύ μεγάλη στα φ/β πλαίσια και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (inverters, καλώδια, συστήματα ελέγχου κλπ.). Στόχος είναι να προστατευτούν οι φ/β συστοιχίες από μια ενδεχόμενη φωτιά εξαιτίας ενός άμεσου χτυπήματος από κεραυνό και η προστασία του ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού από έναν ηλεκτρομαγνητικό παλμό που μπορεί να προκληθεί από τον κεραυνό. Για να προστατευτεί η εγκατάσταση στον χώρο που καταλαμβάνουν τα φ/β πλαίσια πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα αντικεραυνικής προστασίας. Ανάλογα με τον τύπο της αντικεραυνικής προστασίας και το ύψος των απαιτούμενων ράβδων – αλεξικέραυνων, καθορίζεται η ποσότητά τους καθώς και η απόστασή τους.

Για τους υπολογισμούς αυτούς χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας για αντικεραυνική προστασία τύπου ΙΙΙ. Η ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας για τύπου ΙΙΙ προστασία είναι 45 m και η κοιλία της σφαίρας αυτής σε σχέση με την απόσταση μεταξύ των αλεξικέραυνων δίνεται από τη σχέση:

$$p = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (7.3)$$

Όπου p η κοιλία που εμφανίζει η σφαίρα, R η ακτίνα της και d η απόσταση μεταξύ των αλεξικέραυνων. Προφανώς το ύψος στο οποίο θα αναρτηθούν τα αλεξικέραυνα θα

πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την τιμή που βρίσκεται από τη παραπάνω σχέση και το ύψος αυτό μετράται από το επίπεδο που ορίζουν τα υψηλότερα σημείο των φ/β συστοιχιών.

Στην εγκατάσταση που μελετάται επιλέγεται η τοποθέτηση οχτώ τερματικών ακίδων σύλληψης. Τα σημεία τοποθέτησης, εκτός από την αντικεραυνική προστασία, εξασφαλίζουν ότι η σκίαση που δημιουργείται είναι αμελητέα. Ακόμα δημιουργούν ανά τέσσερα, νοητά ορθογώνια το μεγαλύτερο εκ των οποίων είναι διαστάσεων 28,5 m * 16 m. Δεδομένου αυτού του μεγέθους, η απόσταση d προκύπτει:

$$d = \sqrt{28,5^2 + 16^2} = 32,68m \quad (7.4)$$

Αρα έχουμε από τη σχέση (7.4):

$$p = 45 - \sqrt{45^2 - \left(\frac{32,68}{2}\right)^2} = 3,07m$$

Για την υλοποίηση της αντικεραυνικής προστασίας χρησιμοποιήθηκαν ακίδες σύλληψης και κυλινδρικοί μεταλλικοί δοκοί για τη στήριξή τους, οι οποίοι θα εδράζονται σε μια βάση από μπετόν και επιπλέον επειδή έχουν μεγάλο ύψος, θα στηρίζονται, όπου είναι απαραίτητο, από τις βάσεις στήριξης των συστοιχιών μέσω ηλεκτρομονωτικού υλικού.

Ανάμεσα σε μια εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας και το μεταλλικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό της κατασκευής μπορεί να δημιουργηθεί μη ελεγχόμενη διαπήδηση ηλεκτρικού σπινθήρα εάν δεν υπάρχει μεταξύ τους η απαραίτητη απόσταση ασφαλείας. Ο τύπος που επιτρέπει τον υπολογισμό αυτής της απόστασης:

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot L \quad (7.5)$$

όπου το k_i εξαρτάται από τον τύπο της προστασίας που έχει επιλεγεί, το k_c είναι ο συντελεστής διαχωρισμού ρεύματος και εξαρτάται από την τοπολογία του συστήματος, το k_m εξαρτάται από το υλικό που περιβάλλει τον αγωγίμο δρόμο και το L είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της ισοδυναμικής επιφάνειας λόγω των ηλεκτροδίων γείωσης και του σημείου ενδιαφέροντος. Για την φ/β εγκατάσταση που μελετάται έχει επιλεγεί η αντικεραυνική προστασία τύπου III η οποία καθορίζει την τιμή του συντελεστή: $k_i = 0,05$. Για τον υπολογισμό του συντελεστή διαχωρισμού του ρεύματος, παρατηρούμε ότι τα επιλεγόμενα στοιχεία οδήγησης του κεραύνιου ρεύματος δεν είναι συνδεδεμένα, παρά μόνο στο υπέδαφος δημιουργώντας εκεί μια ισοδυναμική επιφάνεια. Αυτό συνεπάγεται ότι το ρεύμα που θα προκληθεί από ένα κεραυνό και θα οδηγηθεί στο έδαφος μέσω αυτών των στοιχείων δεν θα διαχωριστεί σε κανένα σημείο της διαδρομής και θα καταλήξει στη γη ως έχει. Σε αυτή τη περίπτωση ο συντελεστής λαμβάνει την τιμή: $k_c=1$.

Για τον υπολογισμό του συντελεστή μόνωσης του υλικού που παρεμβάλλεται μεταξύ των αλεξικέραυνων και του εξοπλισμού που πρέπει να προστατευθεί, παρατηρούμε ότι αυτό στην περίπτωση μας είναι ο αέρας, παίρνουμε την τιμή: $k_m = 1$. Τέλος το μήκος L όπως φαίνεται σε παραπάνω σχήμα έχει μεγαλύτερη τιμή: $L = 4m$. Άρα η απόσταση ασφαλείας θα είναι (από σχέση (7.6)) [5.4]:

$$s = 0,05 \cdot \frac{1}{1} \cdot 3,4 = 0,17$$

7.10 ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

7.10.1 Αντιστροφείς

Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι οι αντιστροφείς που χρησιμοποιήθηκαν, ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφαλείας σύμφωνα με τον «Οδηγό σύνδεσης φωτοβολταϊκών σταθμών στο δίκτυο χαμηλής τάσης» της Δ.Ε.Η. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά σημεία του οποίου είναι:

- Η εισαγωγή συνεχούς ρεύματος (χωρίς τη χρήση ΜΣ) είναι μικρότερη του 0,5% της ονομαστικής του τιμής.
- Η συνολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος (THDI) είναι μικρότερη από 4%.
- Η σύνδεση και η αποσύνδεση γίνεται μέσω ηλεκτρονόμων που ελέγχονται μέσω λογισμικού και περιλαμβάνει αυτόματη επανασύνδεση εφόσον οι τιμές τάσης και συχνότητας εμπίπτουν στα όρια $0,8 \times V_{nom} - 1,15 \times V_{nom}$ και 49,5Hz - 50,5Hz και άμεση αποσύνδεση εφόσον δεν πληρούνται τα όρια αυτά.
- Η ενεργός προστασία έναντι της νησιδοποίησης μέσω μέτρησης της σύνθετης αντίστασης

7.10.2 Καλώδια

Τα καλώδια, με τα οποία συνδέονται τα φ/β πλαίσια μεταξύ τους, είναι ειδικού τύπου διατομής $2,5\text{mm}^2$ και μπορεί κάποιος να τα προμηθευτεί μαζί με τις γεννήτριες. Στο κιβώτιο σύνδεσης που αντιστοιχεί σε κάθε φ/β πλαίσιο, ένας ακροδέκτης παρέχει δύο πολικότητες, επικοινωνώντας με το εξωτερικό μέσω δύο οπών με στυπιοθλίπτες καλωδίου. Σήμερα ωστόσο αυξάνεται ο αριθμός των προκαλωδιωμένων στοιχείων που διαθέτουν στεγανούς συνδετήρες και επιτρέπουν τη γρήγορη σύνδεση χωρίς να είναι αναγκαίο το άνοιγμα κιβωτίων σύνδεσης. Η προκαλωδίωση αυτή περιλαμβάνει καλώδια διαφορετικού μήκους με αρσενικό και θηλυκό βύσμα για τις δύο πολικότητες. Στο εσωτερικό του κιβωτίου σύνδεσης υπάρχουν επίσης μία ή δύο δίοδοι by-pass που συνήθως τοποθετούνται από τον κατασκευαστή με σκοπό να περιορίζουν τις βλάβες από σκίαση.

Ακόμα η σύνδεση της συστοιχίας με τον αντιστροφέα μπορεί να γίνει με καλώδια νεοπρενίου ή PVC, τα οποία ενδείκνυνται για μεσαία και υψηλή καταπόνηση και είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες. Ο υπολογισμός αυτών των καλωδίων, γίνεται με βάση τις τιμές της τάσης και της έντασης στην είσοδο του αντιστροφέα. Τελικά η παροχή ισχύος από τις φ/β συστοιχίες γίνεται μέσω καλωδίων τύπου H07RN-F (νεοπρενίου) διατομής $1 \times 2,5\text{mm}^2$, που μεταφέρουν συνεχές ρεύμα έντασης 7,39A από τα φ/β πλαίσια στον αντιστροφέα.

Από την άλλη η σύνδεση του αντιστροφέα με τον πίνακα χαμηλής τάσης της εγκατάστασης γίνεται με καλώδια τύπου H07V-K (παλιότερα γνωστά ως NYAF) διατομής $3 \times 16\text{mm}^2$. Είναι πολύ σημαντικό οι απώλειες των καλωδίων αυτών να μην ξεπερνούν το 1%, όπως χαρακτηριστικά ορίζεται από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντιστροφών. Οι απώλειες εξαρτώνται τόσο από τη διατομή των αγωγών όσο και από το μήκος τους. Για τη συγκεκριμένη διατομή που επιλέχτηκε, η απαίτηση οι απώλειες να περιορίζονται στο 1% ικανοποιείται όταν το μέγιστο μήκος των καλωδίων είναι 31,1 m. Η θέση του πίνακα στην εγκατάσταση ικανοποιεί εύκολα την απαίτηση αυτή. Τα καλώδια στον πίνακα ομαδοποιούνται σε τρεις φάσεις και έπειτα αναχωρούν για τη σύνδεσή τους με την XT του δικτύου με καλώδια τύπου H07V-K διατομής $5 \times 35\text{mm}^2$ και προστατεύονται με διακόπτη μικροαυτόματο 160A και αποζεύκτη επίσης 160 A [5.3].

7.10.3 Μέσα προστασίας

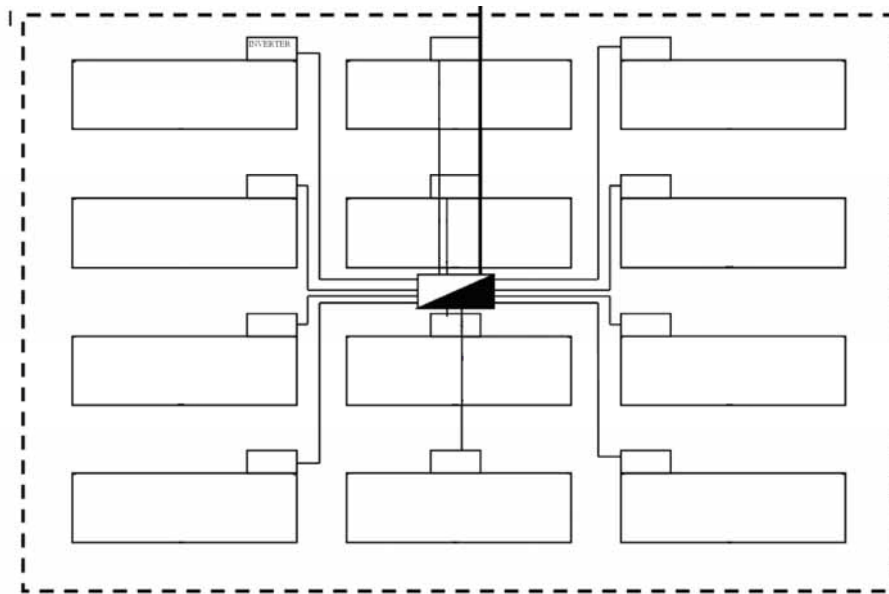
Η είσοδος κάθε αντιστροφέα προστατεύεται με διάταξη ασφάλεια τήξης σε συνδυασμό με αποζεύκτη (ασφαλειοαποζεύκτης), διακόπτη διαρροής έντασης και ενδεικτική λυχνία. Οι ασφάλειες θα είναι των 16A και οι διακόπτες των 25A, ενώ ο διακόπτης διαφυγής έντασης θα είναι των 30mA. Η διάταξη με την σειρά της προστατεύεται από στεγανό ανοιγόμενο κιτίο. Στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος, στην έξοδο του αντιστροφέα, θα υπάρχει επίσης διακόπτης διαφυγής έντασης και μικροαυτόματος διακόπτης των 40A.

Οι έξοδοι όλων των αντιστροφών συγκεντρώνονται σε ένα πίνακα χαμηλής τάσης, όπου και ομαδοποιούνται σε τρεις φάσεις και στη συνέχεια αναχωρεί μια τριφασική γραμμή για να συνδεθεί με το δίκτυο. Λόγο της φύσης της εγκατάστασης προτιμήθηκε η χρήση ενός πίνακα Pillar (Σχήμα 7.8). Οι πίνακες εξωτερικού χώρου – Pillar είναι πίνακες διανομής, τροφοδότησης κινητήρων, φωτισμού για υπαίθρια εγκατάσταση, όπου λόγω αντίξωων περιβαλλοντικών συνθηκών απαιτείται μεγάλη στεγανότητα και εύκολη επεκτασιμότητα. Κατασκευάζονται από χαλυβοέλασμα γαλβανιζέ πάχους 2mm σε διάφορες διαστάσεις, ενώ ο βαθμός προστασίας τους είναι IP40 ή ανάλογα με τις προδιαγραφές μέχρι και IP66. Ανάλογα με τις διαστάσεις και το ηλεκτρολογικό υλικό χωρίζονται σε μονομερή, διμερή, τριμερή και τετραμερή αριθμό διαμερισμάτων, γεγονός που δίνει μεγάλη ευελιξία τοποθέτησης υλικών. Το ηλεκτρολογικό υλικό κουμπώνεται σε ειδική γαλβανιζέ ράγα. Η κατασκευή του είναι τέτοια, ώστε τα διάφορα όργανα να είναι εύκολα προσιτά και τοποθετημένα σε κανονικές αποστάσεις μεταξύ τους και έτσι εξασφαλίζεται η άνετη αφαίρεση, επισκευή και επανατοποθέτηση τους, χωρίς να μεταβάλλεται η κατασκευή των γειτονικών οργάνων.



Σχήμα 7.8: Πίνακας Pillar

Η θέση του πίνακα στην εγκατάσταση είναι πολύ σημαντική, καθώς από αυτή εξαρτάται άμεσα το μήκος των καλωδίων που απαιτούνται για την σύνδεση των αντιστροφών. Σύμφωνα με τη τοπογραφική διάταξη της εγκατάστασης το σημείο τοποθεσίας του πίνακα XT, που θα έχει ως αποτέλεσμα το μικρότερο δυνατό μήκος των καλωδίων βρίσκεται στον γεωμετρικό τόπο των σημείων που ορίζει η γραμμή που χωρίζει στη μέση την εγκατάσταση κατά τη διεύθυνση B-N. Στη συγκεκριμένη περίπτωση το σημείο που τοποθετήθηκε ο πίνακας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η θέση αυτή εξασφαλίζει όχι μόνο συνολικά το μικρότερο μήκος των καλωδίων, αλλά και ξεχωριστά τα καλώδια, που έρχονται από τις εξόδους των αντιστροφών δεν ξεπερνούν στη χειρότερη περίπτωση τα 25m. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει ότι οι απώλειες των καλωδίων θα είναι μικρότερες από 1%. Τέλος οι διαστάσεις του ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις που υπάρχουν. Στην περίπτωσή μας το ύψος του δεν θα ξεπερνάει τα 1,5 m και έτσι δεν θα δημιουργεί κανένα πρόβλημα σκίασης στην εγκατάσταση, καθώς τοποθετείται πίσω από τη βάση στήριξης.



Πίνακας 7.9: Σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου

Είναι πολύ σημαντικό να μπορεί να γίνεται η παρακολούθηση και καταγραφή της απόδοσης μιας φ/β εγκατάστασης, καθώς και η εύκολη επέμβαση στις παραμέτρους του συστήματος όταν είναι αυτό αναγκαίο. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο ένα σύστημα ελέγχου. Η εταιρεία SMA, ταυτόχρονα με την παραγωγή των αντιστροφών, προσφέρει και μια πληθώρα προϊόντων καταγραφής, αλλά και λογισμικού επεξεργασίας σε οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Για την εγκατάσταση που μελετάται μια πολύ καλή λύση προσφέρει ο συνδυασμός του Sunny Boy Control με το λογισμικό Sunny Data Control.

Το Sunny Boy Control μπορεί να καταγράψει μια πληθώρα μεταβλητών του φ/β συστήματος, να τις αποθηκεύσει και έπειτα να αποστείλει κάθε ώρα ή κάθε μέρα μια αναφορά για την κατάσταση της εγκατάστασης ή μια αναφορά σφαλμάτων μέσω e-mail ή Fax. Για το σκοπό αυτό συνδέεται σε ένα εξωτερικό μόντεμ, το οποίο επιτρέπει από οποιοδήποτε σημείο και με την βοήθεια του λογισμικού για ηλεκτρονικό υπολογιστή Sunny Data Control, την πρόσβαση στην φ/β εγκατάσταση, τον έλεγχο της τρέχουσας κατάστασής της και τις ενεργειακές αποδόσεις που επιτεύχθηκαν. Η επικοινωνία με τους μετατροπείς γίνεται είτε μέσω αγωγού δικτύου (Powerline) είτε μέσω διεπαφής RS485. Με ένα μόνο SunnyBoy Control είναι εφικτή η επιτήρηση έως και πενήντα αντιστροφών, ακόμη και διαφορετικών κατηγοριών απόδοσης [5.5].

7.11 Βιβλιογραφία

[7.1] Παράρτημα

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σχεδιασμός ενός τεχνικού έργου είναι ένα σύνθετο, πολυπαραμετρικό πρόβλημα. Βασική παράμετρος για όλα τα τεχνικά έργα υποδομής, είναι ο υπολογισμός τους σε βάθος χρόνου, για όποιο χαρακτήρα και αν έχει αυτό. Ειδικότερα για ένα έργο παραγωγής ενέργειας, οι προτεινόμενες λύσεις πρέπει να αξιολογούνται σε βάθος χρόνου και όχι στιγμιαία, γεγονός που μπορεί να παραπλανήσει την τελική επιλογή υλικών και μεγεθών. Τέτοιας αξιολόγησης χρήζουν π.χ. σε μια επένδυση Α.Π.Ε., η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία - ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας και κατά συνέπεια η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικά στα φ/β συστήματα, η χρονική διάρκεια ενός έτους είναι μέγεθος αναφοράς, γιατί αποτελεί την περίοδο της σχετικής κίνησης ηλίου-γης.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύσαμε την περιβαλλοντική μελέτη της εγκατάστασης, και ύστερα από μακρά ανάλυση όλων των παραμέτρων που αφορούν το περιβάλλον και ανάλυση για το αν το ηλιακό δυναμικό της περιοχής είναι ικανό να κάνει την επένδυση αυτή βιώσιμη, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι στην περιοχή ευδοκιμεί η μεγάλη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η έκταση τόσο τοπολογικά όσο και τοπογραφικά ευνοεί μια τέτοια είδους επένδυση.

Στο κεφάλαιο 3 έγινε η οικονομική μελέτη. Είναι φανερό ότι τα ποσά που διαπραγματεύεται η εταιρία είναι πολύ μεγάλα και η οικονομική ανάλυση θα πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο λεπτομερής και έγκυρη. Η εταιρία σύμφωνα με την ανάλυση αυτή θα πρέπει να καταλάβει αν μπορεί με τα ίδια κεφάλαια που έχει να προχωρήσει σε μια τέτοια επένδυση, να αναλογιστεί το ρίσκο που περιλαμβάνει και εντέλει να πάρει την σωστή απόφαση. Είναι σημαντικό να πούμε ότι το μεγάλο ρίσκο αφορά κυρίως την γραφειοκρατία που μπορεί να καθυστερήσει πολύ την πρόοδο του έργου. Σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε το ποσό της δανειοδότησης μπορεί να καλυφτεί μέσα σε 7 χρόνια και τα επόμενα 13 να υπάρχουν μόνο έσοδα. Δηλαδή ρίσκο υπάρχει αν για διάφορους λόγους δεν γίνεται αποδεκτή η αίτηση της εταιρίας (π.χ. γραφειοκρατικές καθυστερήσεις), να χαθούν τα ποσά που καταβλήθηκαν μέχρι εκείνη τη στιγμή.

Στο κεφάλαιο 5 έγινε η τεchnικοοικονομική μελέτη που κατατίθεται στη Δ.Ε.Η.. Παρατηρήθηκε ότι η μελέτη αυτή μπορεί να γίνει αποδεκτή εύκολα, αφού όλα τα κριτήρια εκπληρούνται τόσο από τη δυναμική της εταιρίας, όσο και από την έκταση την ίδια. Επίσης φάνηκε στο χρονοδιάγραμμα, ότι αν όλα λειτουργήσουν ομαλά, μπορεί και σ ένα χρόνο μετά την ανάληψη άδειας εγκατάστασης σταθμού πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας να πραγματοποιηθεί η έναρξη εργασιών.

Στο κεφάλαιο 6 αναλυθήκαν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση του παρόντος έργου, και αναλύονται διεξοδικά τα μέρη του πάρκου ως συστήματα λειτουργίας. Παρατηρούμε ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας, έχει κατά βάση βοηθήσει πολύ στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου κλάδου των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, με τρόπο τέτοιο ώστε οι επιλογές σε στοιχεία να είναι πολλαπλές. Μπορεί πλέον να χρειάζεται πιο εξειδικευμένη γνώση, αλλά όμως τα αποτελέσματα τόσο σε απόδοση της εγκατάστασης αλλά και σε οικονομικά οφέλη είναι σημαντικά καλύτερα.

Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται η τελική διάταξη του πάρκου, και ο τρόπος λειτουργίας του. Από ότι φαίνεται η έκταση είναι κατάλληλη και δεν θα δημιουργήσει λειτουργικά προβλήματα. Όλα τα μέρη της εγκατάστασης θα είναι προσβάσιμα με ευκολία και μάλιστα θα χρησιμοποιηθεί η λιγότερη δυνατή έκταση ώστε να μην επηρεαστούν οι υπόλοιπες λειτουργίες της περιοχής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

THE NEW VALUE FRONTIER



KC130GHT-2

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL
PHOTOVOLTAIC MODULE



Kyocera is "ISO9001" certified and registered.
TUVdotCOM Internet platform for tested quality and service ID 0000007358.



HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce a highly efficient multicrystal photovoltaic module.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cell is over 16%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a pottant with back sheet to provide efficient protection from the severest environmental conditions.

The entire laminate is installed in an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation. Equipped with plug in connectors.

APPLICATIONS

Grid-Connected Systems

- Residential Solar Power Systems
- Public and Industrial Solar Power Systems

Stand-Alone Solar Power Systems for

- Villages in remote areas
- Homes and summer cottages
- Microwave / Radio repeater stations
- Medical facilities in rural areas

- Emergency communication
- Water quality and environmental data monitoring
- Drinking water and livestock water pumping
- Irrigation pumping
- Cathodic protection
- Aviation obstruction lights
- Environmental data monitoring
- Railway signals
- Street lighting
- Desalination
- etc.

LIMITED WARRANTY

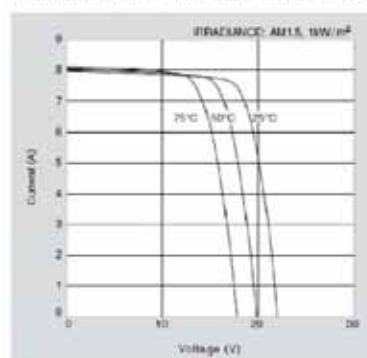
Ⓔ Limited warranty on material and workmanship: For warranty period, please refer to Warranty issued by Kyocera

Ⓔ 20 years limited warranty on power output: For detail, please refer to "category IV" in Warranty issued by Kyocera

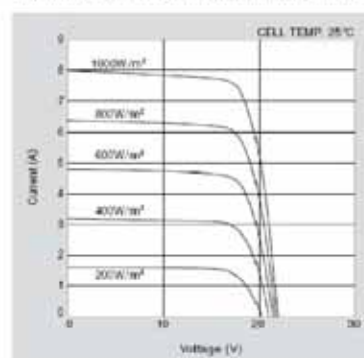
(Long term output warranty shall warrant if PV Module(s) exhibits power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 20 years after the date of sale to the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. Regarding the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC130GHT-2 at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC130GHT-2 at various irradiance levels

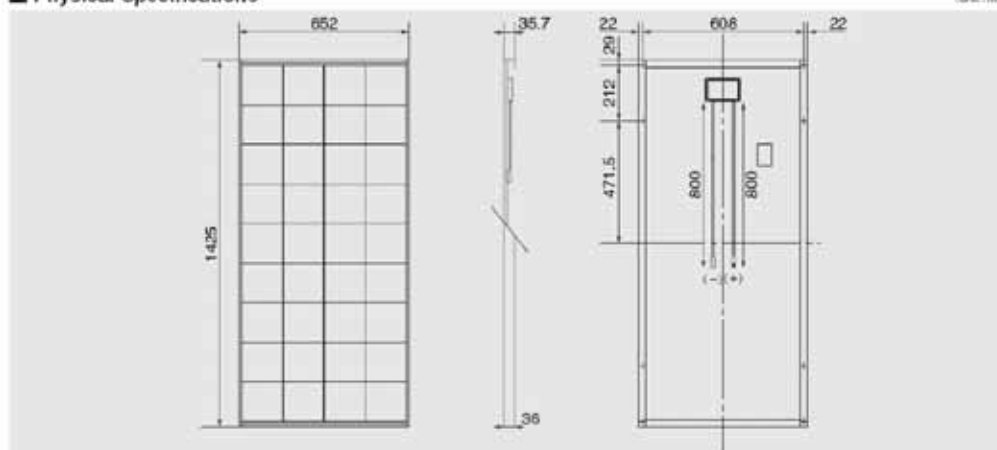


SPECIFICATIONS

KC130GHT-2

■ Physical Specifications

(Unit: mm)



■ Specifications

■ Electrical Performance under Standard Test Conditions (1"STC)

Maximum Power (P _{max})	130W (+10%/−5%)
Maximum Power Voltage (V _{mp})	17.6V
Maximum Power Current (I _{mp})	7.39A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	21.9V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.02A
Max System Voltage	1000V
Temperature Coefficient of V _{oc}	−8.21 × 10 ^{−2} V/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	3.18 × 10 ^{−3} A/°C

STC: Irradiance 1000W/m², air mass spectrum, module temperature 25°C■ Electrical Performance at 800W/m², NOCT, AM1.5

Maximum Power (P _{max})	92W
Maximum Power Voltage (V _{mp})	15.5V
Maximum Power Current (I _{mp})	5.94A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	19.9V
Short Circuit Current (I _{sc})	6.47A

*NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): 47°C

■ Cells

Number per Module	36
Cell Technology	Multicrystal
Cell Shape	Rectangular

■ Module Characteristics

Length × Width × Depth without Box	1425 × 652 × 36mm
Weight	12.2kg
Cable	[+3800/(−3800)mm]

■ Junction Box Characteristics

Length × Width × Depth	113.6 × 76 × 38mm
IP Code	IP65

■ Reduction of Efficiency under Low Irradiance

Reduction	4.3%
-----------	------

Reduction of efficiency from an irradiance of 1000W/m² to 200W/m² (module temperature 25°C)

Please contact our office for further information.



KYOCERA Corporation

■ KYOCERA Corporation Headquarters

CORPORATE SOLAR ENERGY DIVISION
6 Takada, Tobukuro-cho
Fuchino-ku, Kyoto
612-8501, Japan
TEL: (81) 75-804-5476 FAX: (81) 75-804-5475
http://www.kyocera-solar.com

■ KYOCERA Solar, Inc.

7912 East Acacia Drive
Scottsdale, AZ 85260, USA
TEL: 1-480-948-8003 or (800) 223-0580 FAX: (1) 480-493-6431
http://www.kyocerasolar.com

■ KYOCERA Solar do Brasil Ltda.

Av. Guaraná 561, Loja A
22750-200, Rio de Janeiro, RJ do Janeiro, Brazil
TEL: (55) 21-2437-8525 FAX: (55) 21-2437-2338
http://www.kyocerasolar.com.br

■ KYOCERA Solar Pty Ltd.

Level 3, 6-10 Talavera Road, North Ryde
N.S.W. 2113, Australia
TEL: (61) 2-9870-3048 FAX: (61) 2-9888-9569
http://www.kyocerasolar.com.au

■ KYOCERA Fineceramics GmbH

Fritz-Mueller-Strasse 107, 73750 Esslingen, Germany
TEL: (49) 711-93934-990 FAX: (49) 711-93934-910
http://www.kyocerasolar.de

Kyocera reserves the right to modify these specifications without notice.

LIE100R0703-GAGRM

■ KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.

298 Tiong Bahru Road, #13-03/04
Central Plaza, Singapore 108730
TEL: (65) 6271-0500 FAX: (65) 6271-0500

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd.

Room 801-802, Tower 1 South Seas Centre, 75 Mody Road,
Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong
TEL: (852) 2-7237189 FAX: (852) 2-7244501

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd. Taipei Office

10 F1, No.66, Nanjing West Road, Taipei, Taiwan
TEL: (886) 2-2555-3009 FAX: (886) 2-2559-4131

■ KYOCERA(Tianjin) Sales & Trading Corporation

10F Tower C Haidian Building 8A Gaoyang Rd,
Chao Yang District, Beijing 100006, China
TEL: (86) 10-6589-2270 FAX: (86) 10-6593-2260

THE NEW VALUE FRONTIER



KC175GHT-2

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL
PHOTOVOLTAIC MODULE



Kyocera is "ISO9001" certified and registered.
TUVdotCOM Internet platform for tested quality and service ID 0000007146.

HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce a highly efficient multicrystal photovoltaic module.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cell is over 16%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a pottant with back sheet to provide efficient protection from the severest environmental conditions.

The entire laminate is installed in an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation. Equipped with plug in connectors.

APPLICATIONS

Grid-Connected Systems

- Residential Solar Power Systems
- Public and Industrial Solar Power Systems

Stand-Alone Solar Power Systems for

- Villages in remote areas
- Homes and summer cottages
- Microwave / Radio repeater stations
- Medical facilities in rural areas

- Emergency communication
- Water quality and environmental data monitoring
- Drinking water and livestock water pumping
- Small-scale irrigation pumping
- Cathodic protection
- Aviation obstruction lights
- Environmental data monitoring
- Railway signals
- Street lighting
- Small-scale desalination
- etc.

LIMITED WARRANTY

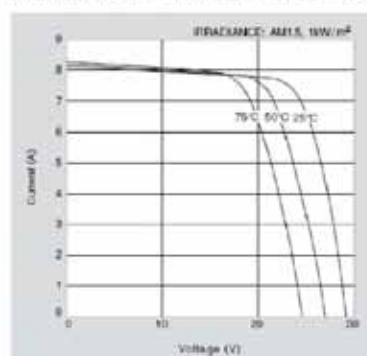
※ Limited warranty on material and workmanship: For warranty period, please refer to Warranty issued by Kyocera

※ 20 years limited warranty on power output: For detail, please refer to "category IV" in Warranty issued by Kyocera

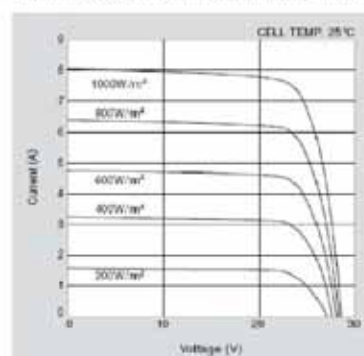
(Long term output warranty shall warrant if PV Modules exhibits power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 20 years after the date of sale to the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. For further the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC175GHT-2 at various cell temperatures



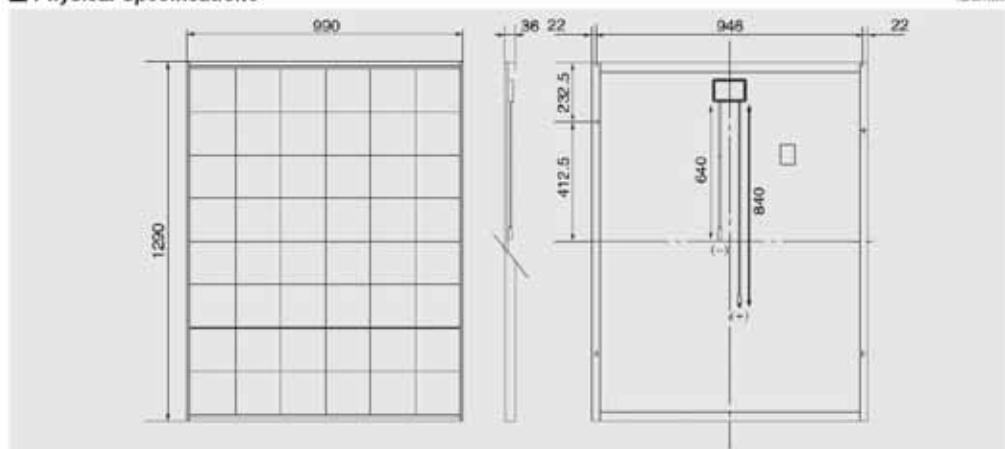
Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC175GHT-2 at various irradiance levels



SPECIFICATIONS

KC175GHT-2

■ Physical Specifications



■ Specifications

■ Electrical Performance under Standard Test Conditions (1"STC)

Maximum Power (P _{max})	175W (+10%/-5%)
Maximum Power Voltage (V _{mppt})	23.6V
Maximum Power Current (I _{mppt})	7.42A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	29.2V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.09A
Max System Voltage	1000V
Temperature Coefficient of V _{oc}	-1.09×10 ⁻¹ V/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	3.18×10 ⁻³ A/°C

¹STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C

■ Electrical Performance at 800W/m², NOCT*, AM1.5

Maximum Power (P _{max})	125W
Maximum Power Voltage (V _{mppt})	20.9V
Maximum Power Current (I _{mppt})	5.96A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	26.5V
Short Circuit Current (I _{sc})	6.53A

*NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): 47°C

■ Cells

Number per Module	48
Cell Technology	Multicrystal
Cell Shape	Rectangular

■ Module Characteristics

Length × Width × Depth without Box	1290 × 990 × 36mm
Weight	16.0kg
Cable	1 × 340 (+/-) 3640mm

■ Junction Box Characteristics

Length × Width × Depth	113.6 × 76 × 9mm
IP Code	IP65

■ Reduction of Efficiency under Low Irradiance

Reduction	5.1%
-----------	------

Reduction of efficiency from an irradiance of 1000W/m² to 200W/m² (module temperature 25°C)

Please contact our office for further information



KYOCERA Corporation

■ KYOCERA Corporation Headquarters

CORPORATE SOLAR ENERGY DIVISION
8 Takada Tokubon-cho
Fushimi-ku, Kyoto
612-8501, Japan
TEL: (81) 75-804-5476 FAX: (81) 75-804-3475
<http://www.kyocera.co.jp>

■ KYOCERA Solar, Inc.

7912 East Acorn Drive
Scottsdale, AZ 85260, USA
TEL: (1) 480-948-4003 or (800) 228-0880 FAX: (1) 480-483-6431
<http://www.kyocerasolar.com>

■ KYOCERA Solar do Brasil Ltda.

Av. Guaraná 661, Loja A
22790-200, Bairro dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, Brazil
TEL: (55) 21-2437-8625 FAX: (55) 21-2437-2336
<http://www.kyocerasolar.com.br>

■ KYOCERA Solar Pty Ltd.

Level 3, 6-10 Tattersall Road, North Ryde
N.S.W. 2113, Australia
TEL: (61) 2-9470-3049 FAX: (61) 2-9488-9588
<http://www.kyocerasolar.com.au>

■ KYOCERA Fineceramics GmbH

Fritz-Mueller-Strasse 107, 73730 Esslingen, Germany
TEL: (49) 7141-29934-900 FAX: (49) 7141-29934-910
<http://www.kyocerasolar.de>

■ KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.

298 Tiong Bahru Road, #13-03/04
Central Place, Singapore 108730
TEL: (65) 6271-0500 FAX: (65) 6271-0506

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd.

Room 901-902, Tower 1 South Seas Centre, 75 Mody Road,
Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong
TEL: (852) 2-7271187 FAX: (852) 2-7244501

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd. Taipei Office

10 Fl., No. 66, Nanjing West Road, Taipei, Taiwan
TEL: (886) 2-2545-3409 FAX: (886) 2-2559-4131

■ KYOCERA (Tianjin) Sales & Trading Corporation

15F, Tower C, Hualiao Building 8A Beiyang Road,
Chang Yang District, Beijing 100026, China
TEL: (86) 10-6589-2270 FAX: (86) 10-6589-2250



MODEL
KC200GHT-2

THE NEW VALUE FRONTIER



KC200GHT-2

HIGH EFFICIENCY MULTICRYSTAL
PHOTOVOLTAIC MODULE



Kyocera is "ISO9001" certified and registered.
TUVdoxCOM Internet platform for tested quality and service ID 0000007358.

HIGHLIGHTS OF KYOCERA PHOTOVOLTAIC MODULES

Kyocera's advanced cell processing technology and automated production facilities produce a highly efficient multicrystal photovoltaic module.

The conversion efficiency of the Kyocera solar cell is over 16%.

These cells are encapsulated between a tempered glass cover and a potant with back sheet to provide efficient protection from the severest environmental conditions.

The entire laminate is installed in an anodized aluminum frame to provide structural strength and ease of installation. Equipped with plug in connectors.

APPLICATIONS

Grid-Connected Systems

- Residential Solar Power Systems
- Public and Industrial Solar Power Systems

Stand-Alone Solar Power Systems for

- Villages in remote areas
- Homes and summer cottages
- Microwave / Radio repeater stations
- Medical facilities in rural areas

- Emergency communication
- Water quality and environmental data monitoring
- Drinking water and livestock water pumping
- Irrigation pumping
- Cathodic protection
- Aviation obstruction lights
- Environmental data monitoring
- Railway signals
- Street lighting
- Desalination
- etc.

LIMITED WARRANTY

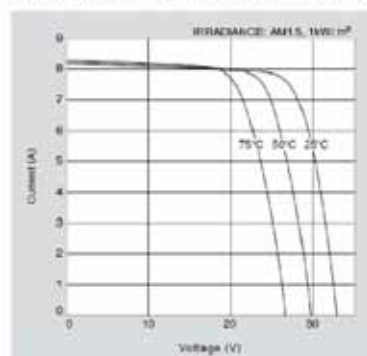
⌘ Limited warranty on material and workmanship: For warranty period, please refer to Warranty issued by Kyocera

⌘ 20 years limited warranty on power output: For detail, please refer to "category IV" in Warranty issued by Kyocera

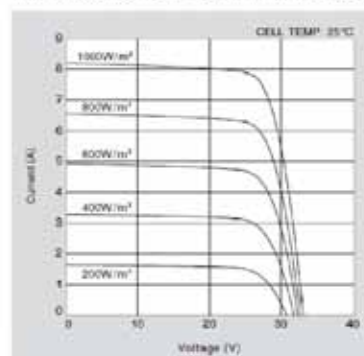
(Long term output warranty shall warrant if PV Module(s) exhibits power output of less than 90% of the original minimum rated power specified at the time of sale within 10 years and less than 80% within 20 years after the date of sale to the Customer. The power output values shall be those measured under Kyocera's standard measurement conditions. Regarding the warranty conditions in detail, please refer to Warranty issued by Kyocera)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC200GHT-2 at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics of Photovoltaic
Module KC200GHT-2 at various irradiance levels

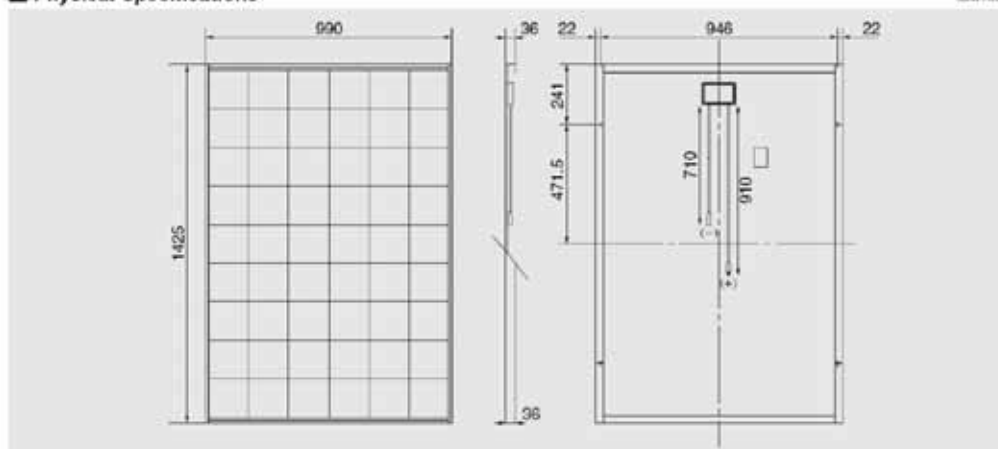


SPECIFICATIONS

KC200GHT-2

■ Physical Specifications

Unit : mm



■ Specifications

■ Electrical Performance under Standard Test Conditions ("STC")

Maximum Power (P _{max})	200W (+10%/-5%)
Maximum Power Voltage (V _{mp})	26.3V
Maximum Power Current (I _{mp})	7.61A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	32.9V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.21A
Max System Voltage	1000V
Temperature Coefficient of V _{oc}	-1.23×10 ⁻¹ V/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	3.18×10 ⁻² A/°C

STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C■ Electrical Performance at 800W/m², NOCT*, AM1.5

Maximum Power (P _{max})	142W
Maximum Power Voltage (V _{mp})	23.2V
Maximum Power Current (I _{mp})	6.13A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	29.9V
Short Circuit Current (I _{sc})	6.62A

NOCT: Standard Operating Cell Temperature: 47°C

■ Cells

Number per Module	54
Cell Technology	Multicrystal
Cell Shape	Rectangular

■ Module Characteristics

Length x Width x Depth without Box	1425 x 990 x 36mm
Weight	18.5kg
Cable	1 x 910 (1 - 1710)mm

■ Junction Box Characteristics

Length x Width x Depth	113.6 x 76 x 38mm
IP Code	IP65

■ Reduction of Efficiency under Low Irradiance

Reduction	7.8%
-----------	------

Reduction of efficiency from an irradiance of 1000W/m² to 200W/m² (module temperature 25°C)

Please contact our office for further information



KYOCERA Corporation

■ KYOCERA Corporation Headquarters

CORPORATE SOLAR ENERGY DIVISION
6 Takada Tsubokorocho
Fushimi-ku, Kyoto
612-8501, Japan
TEL: (81)75-604-3476 FAX: (81)75-604-3475
http://www.kyocera.com

■ KYOCERA Solar, Inc.

7812 East Acacia Drive
Scottsdale, AZ 85260, USA
TEL: (1)480-945-8003 or (800)223-9580 FAX: (1)480-483-6431
http://www.kyocerasolar.com

■ KYOCERA Solar do Brasil Ltda.

Av. Guaranit 561, Lote A
22790-200, Rio de Janeiro, Brazil
TEL: (55)21-2497-6625 FAX: (55)21-2437-2335
http://www.kyocerasolar.com.br

■ KYOCERA Solar Pty Ltd.

Level 3, 6-10 Talavera Road, North Ryde
N.S.W. 2113, Australia
TEL: (61)2-9470-3549 FAX: (61)2-9499-9588
http://www.kyocerasolar.com.au

■ KYOCERA Fineceramics GmbH

Fritz-Mueller-Strasse 107, 73730 Espringen, Germany
TEL: (49)711-93934-089 FAX: (49)711-93934-950
http://www.kyocerasolar.eu

Kyocera reserves the right to modify these specifications without notice

LIE109M0703-SAC3KM

■ KYOCERA Asia Pacific Pte. Ltd.

298 Tiong Bahru Road, #13-03/05
Centrol Plaza, Singapore 157320
TEL: (65)6271-0500 FAX: (65)6271-0500

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd.

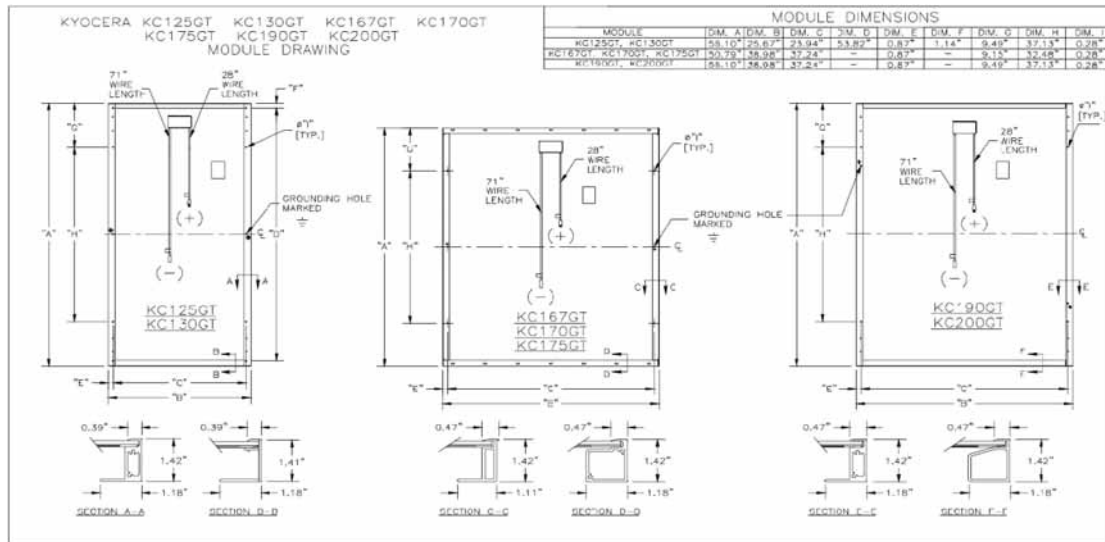
Room 801-802, Tower 1 South East Centre, 75 Mody Road,
Tsimshatsui East, Kowloon, Hong Kong
TEL: (852)2-7237183 FAX: (852)2-7244501

■ KYOCERA Asia Pacific Ltd. Taipei Office

10 Fl., No.66, Nanjing West Road, Taipei, Taiwan
TEL: (886)2-2553-0609 FAX: (886)2-2553-4131

■ KYOCERA(Tianjin) Sales & Trading Corporation

18F, Tower C HeGuan Building 8A Guanghua Rd.,
Chao Yang District, Beijing 100020, China
TEL: (86)10-6565-2270 FAX: (86)10-6565-2255



Sunny Mini Central

SMC 6000TL, SMC 7000TL και SMC 8000TL




Υψηλότερη απόδοση παγκοσμίως, πάνω από 98 %

Χαμηλότερη τιμή μονάδας

Ελάχιστος χρόνος απόσβεσης

OptiCool:
Μείωση απόδοση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έως 50 °C χάρη στο σύστημα ψύξης διπλού θαλάμου

SMA grid guard 2:
Αυτόνομος διακόπτης σύνδεσης σε δίκτυο σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1

Electronic Solar Switch ESS:
Ενσωματωμένος διακόπτης απόζευξης DC σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0100-712 (προαιρετικό)

Για φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις τριφασικής τροφοδοσίας

Εγγύηση 5 ετών από την SMA

Η νέα σειρά προϊόντων Sunny Mini Central σας προσφέρει ακόμα περισσότερα: με απόδοση πάνω από 98% και την χαμηλότερη τιμή αγοράς σας εγγυάται την ταχύτητά απόσβεσης των ηλεκτών μετατροπών.

Κλιμακωτές κατηγορίες ισχύος 6,7 και 8 kW, όπως επίσης και δυνατότητα συνδυασμού όλων των προϊόντων της σειράς, εξασφαλίζουν ευελιξία στο σχεδιασμό της εγκατάστασης. Είναι αυτονόητο πως τα νέα Sunny Mini Central διαθέτουν όλες τις λειτουργίες ασφαλείας και άριστης της κορυφαίας εταιρίας.

Στην επόμενη σελίδα θα βρείτε τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα σας πείσουν!

Περισσότερες πληροφορίες στην ιστοσελίδα:

www.SMA.de/SMC8000TL



Certificate for inverters in PV systems connected to the public grid.
Πιστοποιητικό για μετατροπείς σε φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο δημόσιο δίκτυο.

Transformerless Inverters / Μετατροπείς χωρίς μετασχηματιστή

SB 3300 TL (HC)	SB 4200TL (HC)	SB 5000TL (HC)
SMC 6000TL	SMC 7000TL	SMC 8000TL

Inverters with transformer / Μετατροπείς με μετασχηματιστή

SB 700	SB 1100 (LV)	SB 1700	SB 2500
SB 2800i	SB 3000	SB 3300	SB 3800
SMC 5000(A)	SMC 6000(A)	SMC 7000HV	

Serial number / Αριθμός σειράς: _____

Manufactured by the company / Κατασκευάζονται από την:

**SMA Technologie AG, Hannoversche Strasse 1-5;
D-34266 Niestetal / Γερμανία**

1.) SMA inverters fulfill all safety requirements according to the "Guide of connection of PV-Stations to the low voltage-grid" of PPC.

2.) If the distribution line - for any reason - gets disconnected from the public grid the PV installations (especially the inverter) will not maintain voltage on the distribution line.

3.) The disconnection and connection of the inverter to the point of power injection is done with internal relays which are controlled by a software which will initiate:

- an automatic (re-)connection to the public grid provided that voltage and frequency are **within the range** of $0.8 \times V_{nom} - 1.15 \times V_{nom}$ and $49.5 \text{ Hz} - 50.5 \text{ Hz}$.
- an **immediate** ($< 0.5 \text{ s}$) disconnection if the voltage, the frequency or both are not within these limits
- the software with its adjustments can not be accessed by the end-user.

4.) Reconnection time after clearance of grid failure is not shorter than 180 s.

5.) In case of transformerless inverter, the injected DC current into the grid is $< 0.5 \%$ of nominal current.

6) The inverter has been tested during final factory test and the above mentioned limits have been checked.

7.) The total harmonic distortion of the output current (THDI) is lower than 4 %.

8.) For active anti islanding protection, a sophisticated impedance measurement acc. to the DIN VDE 0126-1-1 (2.06) is implemented inside the inverter.

1.) Οι μετατροπείς της SMA ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις ασφαλείας σύμφωνα με τον «Οδηγό σύνδεσης φωτοβολταϊκών σταθμών στο δίκτυο χαμηλής τάσης» της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ).

2.) Εάν, για οποιονδήποτε λόγο, η γραμμή διανομής αποσυνδεθεί από το δημόσιο δίκτυο, οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (ιδίως ο μετατροπέας) δεν διατηρούν τάση στη γραμμή διανομής.

3.) Ο μετατροπέας συνδέεται στο σημείο εισαγωγής ισχύος και αποσυνδέεται από αυτό με τη βοήθεια εσωτερικών ηλεκτρονικών που ελέγχονται μέσω λογισμικού το οποίο πραγματοποιεί:

- αυτόματη (επανα-)σύνδεση στο δημόσιο δίκτυο, εφόσον οι τιμές τάσης και συχνότητας εμπίπτουν εντός του εύρους $0.8 \times V_{nom} - 1.15 \times V_{nom}$ και $49.5 \text{ Hz} - 50.5 \text{ Hz}$.
- άμεση** ($< 0.5 \text{ s}$) αποσύνδεση, εφόσον η τάση, η συχνότητα ή και τα δύο μεγέθη δεν εμπίπτουν εντός του προαναφερόμενου εύρους τιμών
- ο τελικός χρήστης δεν έχει πρόσβαση στο λογισμικό ούτε στις ρυθμίσεις του.

4.) Ο χρόνος επανασύνδεσης μετά την επαναφορά του δικτύου είναι τουλάχιστον 180 s.

5.) Σε μετατροπείς χωρίς μετασχηματιστή, το συνεχές ρεύμα (DC) που εισάγεται στο δίκτυο είναι $< 0.5 \%$ του ονομαστικού ρεύματος.

6) Ο μετατροπέας έχει υποβληθεί σε τελικές εργασιαστικές δοκιμές και έχουν ελεγχθεί τα όρια ισχύος του μαγνητικού πεδίου που αναφέρονται πιο πάνω.

7.) Η συνολική αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου (THDI) είναι μικρότερη από 4 %.

8.) Για την ενεργό προστασία του δικτύου από τη νησιδοποίηση, εντός του μετατροπέα πραγματοποιείται μέτρηση σύνθετης αντίστασης σύμφωνα με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 (2.06).

Niestetal, 25.01.2007

SMA Technologie AG

Tobias Henne

i.V. Tobias Henne

Head of Department Product Management Solar Technology

Zert_N_GR-12-BG1707