



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ Μ/Υ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΚΟΝΤΟΠΙΑΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΟΣ ΔΟΥΚΑΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Περίληψη

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να αναλύσει και να παρουσιάσει όλη τη διαδικασία που απαιτείται για να γίνει μια Τεχνο-Οικονομική Μοντελοποίηση που αφορούν Φωτοβολταϊκά Έργα. Στην αρχή αναλύονται οι βασικές έννοιες της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας καθώς και τα απαραίτητα μηχανήματα που απαιτούνται για την συλλογή, μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρικής, όπως και την αξιοποίησή της. Στο τέλος της πρώτης ενότητας, αναφέρονται οι έννοιες της Ενεργειακής Κοινότητας και του Ενεργειακού συμψηφισμού.

Στην δεύτερη ενότητα της εργασίας, αναλύονται οι τεχνικές μελέτες που απαιτούνται για έργα αυτού του τύπου, όπως είναι η Ενεργειακή Μελέτη και η Μελέτη Χωροθέτησης. Σημαντικό κομμάτι επίσης είναι και οι οικονομικοί παράγοντες και έννοιες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για να μπορέσει ένα έργο να πραγματοποιηθεί. Αναφέρονται επομένως οι κύριοι τρόποι χρηματοδότησης, καθώς επίσης και τα διάφορα ρίσκα που μπορούν να εμφανιστούν σε τέτοια μεγάλα έργα, τόσο οικονομικής όσο και λειτουργικής φύσεως. Για να γίνει αξιολόγηση αυτών, αναφέρονται επίσης και οι κύριοι τρόποι αποτίμησης της απόδοσης, όπως είναι η έννοια της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ), του Εσωτερικού Βαθμού Απόδοσης (EBA) και του Σταθμισμένου Συντελεστή Ενέργειας (LCOE).

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας, γίνεται ανάπτυξη ενός Case Study για ένα Φωτοβολταϊκό πάρκο 1,94 MWp. Πραγματοποιούνται δηλαδή όλες οι μελέτες που αναφέρονται στα προηγούμενα κεφάλαια και προσαρμόζονται ανακλόγως για το συγκεκριμένο έργο, δίνοντας τα αντίστοιχα συμπεράσματα για τις δυο διαφορετικές εκδοχές που αναπτύσσονται.

Abstract

This paper aims to analyze and present the entire process which is required in order to make a Techno-economic analysis which is necessary for Photovoltaic Projects. At the beginning, there is an explanation about the photovoltaic technology and how it collects the solar energy and convert it into electricity, as well as its utilization. At the end of the first section, the concepts of Energy Community and Energy Netting are mentioned.

The second chapter of the thesis analyzes the technical studies which are required for such projects. These are the Energy Study and the study which is determines the best location of the solar panels. Also, the economic factors are important for project like these. The main ways to invest projects like these are mentioned in this paper, as well as the risks that are linked together such as financial and operational risks. To evaluate them, main ways of evaluation are mention and these are Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Levelized Cost of Energy (LCOE).

In the last chapter of this paper, a Case Study is being analyzed for a 1.94 MWp Photovoltaic Park. The studies which mentioned before, are carried out and adapted for this specific project, giving the respective conclusions for the two different cases that being developed.

Ευχαριστίες

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθύτατα τους γονείς μου Στυλιανό και Κωνσταντίνα που χάρη σε αυτούς έφτασα σε αυτό το σημείο και στον αδελφό μου Δημήτρη για τη διαρκή υποστήριξή τους, τις θυσίες τους και την υπομονή τους. Χωρίς αυτούς δεν θα μπορούσα να βρίσκομαι στη θέση να κυνηγάω τα όνειρα μου και γι αυτόν τον λόγο θα τους είμαι πάντα ευγνώμων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κ. Χρυσόστομο Δούκα, για την καθοδήγησή του κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας και για την ευκαιρία που μου έδωσε ώστε να ασχοληθώ με ένα θέμα που με ενδιέφερε πραγματικά πολύ.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά φίλους και συναδέλφους που με στήριξαν και με τους οποίους μοιράστηκα αυτήν την εμπειρία.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω πάλι τον αδελφό μου και την εταιρεία DSS Energy που με βοήθησαν να κατανοήσω τόσο τεχνικούς όρους που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αλλά και της υποστήριξης που μου έδωσαν για να βγάλω εις πέρας την τεχνοοικονομική μελέτη που παρουσιάζεται στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	5
1.1 Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο	5
1.2 Ηλιακά κελιά και Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία.....	5
1.3 Φωτοβολταϊκά πάνελ: Λειτουργία και χρησιμότητα.....	7
1.3.1 Τρόποι στήριξης Φ/Β πάνελ και inverters	10
1.3.2 Καλωδίωση και Μέση Τάση.....	15
1.4 Ενεργειακές κοινότητες.....	17
1.5 Καταναλωτικά μοντέλα – ενεργειακός συμψηφισμός.....	19
Κεφάλαιο 2	21
2.1 Ενεργειακή Μελέτη.....	21
2.2 Μελέτη Χωροθέτησης.....	21
Κεφάλαιο 3	25
3.1 Τρόποι Χρηματοδότησης Έργου.....	25
3.1.1 Ίδια Κεφάλαια	25
3.1.2 Ξένα Κεφάλαια-Δανεισμός.....	25
3.1.3 Χρηματοδοτική μίσθωση - Leasing.....	27
3.1.4 Κράτος – μηχανισμός στήριξης εγγυημένων τιμών (Feed in Tariff) και Feed in Premium	28
Κεφάλαιο 4	30
4.1 Παράγοντες Ρίσκου	30
4.1.1 Λειτουργικό ρίσκο.....	30
4.1.2 Επενδυτικό ρίσκο	30
4.2 Τρόποι αντιμετώπισης ρίσκου.....	30
Κεφάλαιο 5	33
5.1 Τρόποι αποτίμησης απόδοσης.....	33
5.1.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ, Net Present Value – NPV).....	33
5.1.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA, Internal Rate of Return–IRR)	35
5.1.3 Σταθμισμένος Συντελεστής Ενέργειας (Levelized Cost of Energy- LCOE)	35
Κεφάλαιο 6	37
6.1 Φωτοβολταϊκός Σταθμός Ισχύος 1,94MWp.....	37
6.2 Τεχνική Ανάλυση - Μελέτη εφαρμογής.....	37
6.2.1 Επιλογή Υλικών	37
6.2.2 Χωροταξική διάταξη των φωτοβολταϊκών βάσεων – πλαισίων	39
6.2.3 Δομή του Δικτύου DC	42
6.2.4 Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας, Γείωσης	43
6.2.5 Εργασίες Διαμόρφωσης χώρου	43
6.2.6 Έλεγχοι – Δοκιμές	44
6.3 Ενεργειακή Μελέτη.....	44
6.4 Οικονομική Ανάλυση	46
6.4.1 Επίδραση Ενεργειακών Κοιν. στην Οικονομική ανάλυση	50
Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα	54
Βιβλιογραφία	55

Κεφάλαιο 1

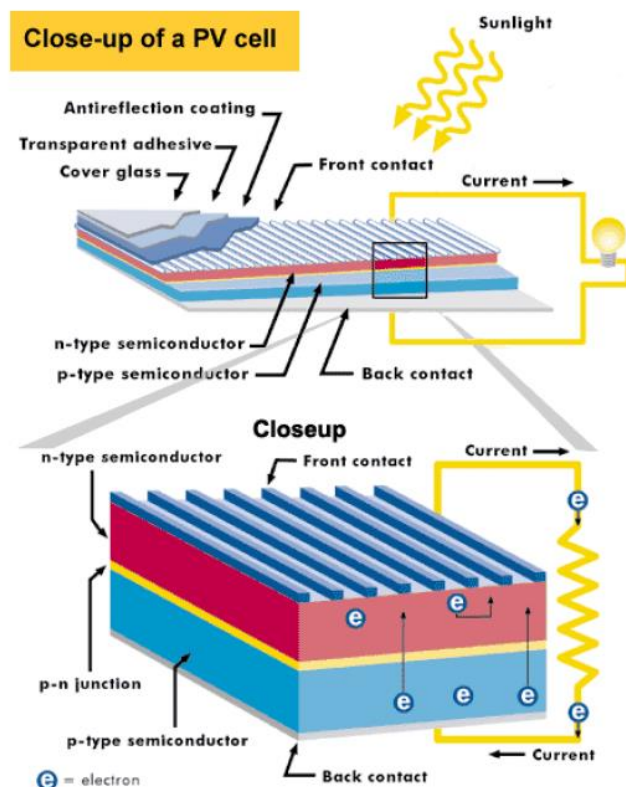
1.1 Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Η ηλιακή ενέργεια είναι η ενέργεια που πηγάζει από τον ήλιο. Είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, μιας και τα αποθέματά της είναι άπειρα σχετικά με την ποσότητα και σχετικά με τον χρόνο. Αντιπροσωπεύει μία «καθαρή» μορφή ενέργειας εν συγκρίσει με την ενέργεια που προέρχεται από ορυκτά καύσιμα, οι ρύποι από τη χρήση της οποίας συμβάλλουν στην ανάπτυξη του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Μέσω μιας διαδικασίας, γνωστής και ως φωτοβολταϊκή διαδικασία, η ενέργεια που υπάρχει στις ακτίνες του ήλιου, μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια των φωτοβολταϊκών πέλων (PV) που μετατρέπουν τα φωτόνια του ηλίου σε ηλεκτρικό ρεύμα. Το 1839, ο Γάλλος φυσικός Edmond Becquerel, ανακάλυψε ότι κάποια υλικά μπορούσαν να δημιουργήσουν σπινθήρες ηλεκτρισμού όταν έπεφτε πάνω τους ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό ουσιαστικά είναι το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το οποίο, εκμεταλλεύτηκαν επιστήμονες και ερευνητές τις επόμενες δεκαετίες και με βάση το πυρίτιο, κατασκεύασαν ηλιακά κελιά τα οποία μπορούσαν να μετατρέψουν περίπου το 4% της ηλιακής ενέργειας απευθείας σε ηλεκτρική.

1.2 Ηλιακά κελιά και Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία

Τα ηλιακά κελιά (ή ηλιακή κυψέλη) επιτρέπουν την άμεση μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Κάθε κυψέλη παράγει τάση 0.5V και απαιτείται μπαταρία για αποθήκευση ενέργειας. Τα κυριότερα στοιχεία ενός ηλιακού κελιού είναι οι δύο στρώσεις ημιαγωγίου



Εικόνα 1: Βασική δομή ηλεκτρικού κελιού

Πηγή: Khalid Grant, Δεκέμβιος 2013, *How do solar photovoltaics (PV) actually work?* , ανακτήθηκε από <https://www.solarbarbados.com/2013/12/07/solar-photovoltaics-pv-actually-work/>

υλικού, οι οποίες αποτελούνται από κρυστάλλους πυριτίου. Το κρυσταλλικό πυρίτιο δεν είναι καλός αγωγός του ρεύματος, αλλά όταν αναμειγνύεται με άλλα στοιχεία, δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για τη παραγωγή ηλεκτρισμού. Στη κάτω στρώση του ηλιακού κελιού, προστίθεται συνήθως βόριο, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο και κατά συνέπεια παράγεται θετικό φορτίο (P). Στο πάνω μέρος του ηλιακού κελιού προστίθεται συνήθως φώσφορος, το οποίο δημιουργεί δεσμούς με το πυρίτιο και παράγεται αρνητικό φορτίο (N). Η επιφάνεια μεταξύ των ημιαγωγών τύπου P και τύπου N που δημιουργούνται ονομάζεται P-N επαφή (P-N junction)¹. Η κίνηση των ηλεκτρονίων στην επιφάνεια δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο που επιτρέπει στα ηλεκτρόνια να κινούνται μεταξύ της στρώσης p και της στρώσης n. Όταν το ηλιακό φως εισέρχεται στο κελί (Βλ. Σχήμα 1), η ενέργεια του ελευθερώνει ηλεκτρόνια και στα δύο στρώματα. Τα ηλεκτρόνια αυτά, γνωστά και ως ελεύθερα ηλεκτρόνια, προσπαθούν, λόγω των διαφορετικών φορτίσεων των δύο στρωμάτων, να μετακινηθούν από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p, αλλά εμποδίζονται από το ηλεκτρικό πεδίο στην επαφή P-N. Ωστόσο, η παρουσία ενός εξωτερικού κυκλώματος δημιουργεί την απαραίτητη διαδρομή για τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το στρώμα τύπου-n στο στρώμα τύπου-p. Εξαιρετικά λεπτά καλώδια κατά μήκος του στρώματος τύπου-n επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρονίων και η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος.

Τα ηλιακά κελιά έχουν συνήθως τετράγωνο σχήμα πλευράς περίπου 10 εκατοστών. Ένα ηλιακό κελί παράγει πολύ μικρή ισχύ (συνήθως λιγότερο από 2W) και έτσι ενώνονται σε σειρά ή παράλληλα, όπως θα αναλυθεί παρακάτω για να δημιουργηθούν τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Τα ηλιακά κελιά παράγονται με διαφορετικούς τρόπους και διαφορετικά υλικά. Παρά τις διαφορές κατασκευής, όλα έχουν την ίδια λειτουργία, δηλαδή την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το πιο σύνηθες υλικό είναι το πυρίτιο που έχει ημιαγωγικές ιδιότητες και υπάρχουν τρεις τύποι κελιών που έχουν κυριαρχήσει στη παγκόσμια αγορά και αυτές είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο και οι τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin film)². Υψηλότερης απόδοσης κελιά είναι τα αυτά του αρσενικούχου γαλλίου και τα οργανικά-πολυμερή κελιά, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά λόγω του μεγάλου κόστους τους, αλλά είναι ιδανικά για χρήση σε διαστημικές εφαρμογές και συμπυκνωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα.

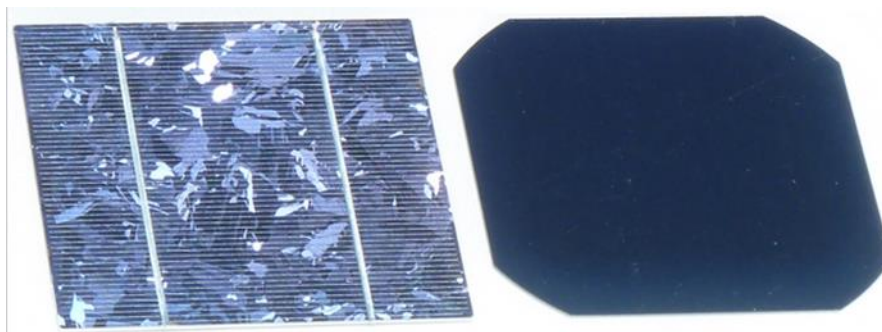
Παρακάτω αναφέρονται οι βασικοί τύποι ηλεκτρικών κελιών:

Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο: Τα κελιά αυτά κατασκευάζονται από έναν μεγάλο κρυσταλλικό δίσκο (wafer) πυριτίου. Χαρακτηρίζονται από υψηλή απόδοση (περίπου 23%), καθώς μετατρέπουν την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρισμό

Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο: Τα κελιά πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι φθηνότερα από αυτά του μονοκρυσταλλικού πυριτίου αλλά και λιγότερο αποδοτικά της τάξεως του 20%. Κατασκευάζονται από δίσκους (wafers) πυριτίου που κόβονται από τετραγωνισμένους ράβδους πυριτίου.

¹ <https://www.ucsus.org/resources/how-solar-panels-work#references>

² https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_photovoltaic_cells



Εικόνα 2: Πολυκρυσταλλικό κελί (αριστερά) και μονοκρυσταλλικό κελί (δεξιά)

Πηγή: *Energy Education, June 2018, Types of photovoltaic cells*, ανακτήθηκε από https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_photovoltaic_cells

Τεχνολογίες λεπτού υμενίου (thin-film):

Τα κελία αυτού του τύπου έχουν μορφή άμορφου πυριτίου ή καδμίου-τελλουρίου, τα οποία τοποθετούνται σε πολύ λεπτές επιφάνειες γυαλιού ή μετάλλου μαζικά και όχι κάθε κελί ξεχωριστά. Αυτή η τεχνική κάνει τα κελία αυτά πιο ανταγωνιστικά λόγω χαμηλού κόστους, αλλά είναι λιγότερο αποδοτικά από τα υπόλοιπα.



Εικόνα 3: Πάνελ λεπτού υμενίου



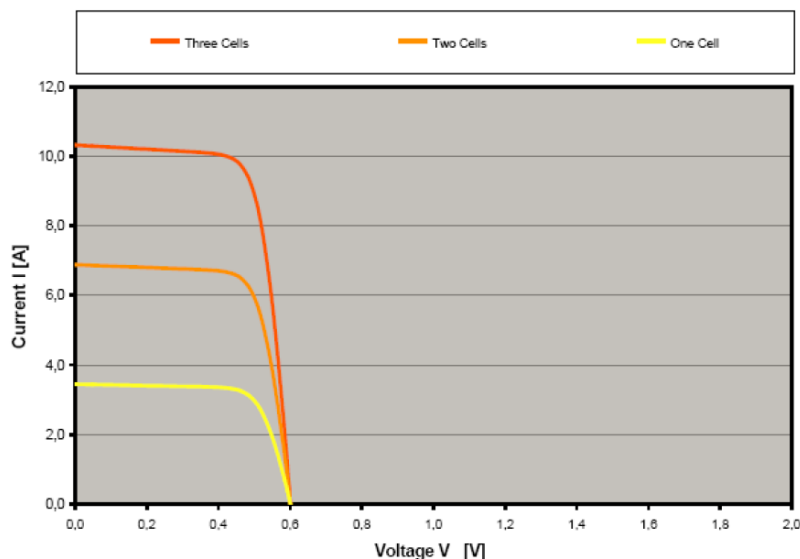
Εικόνα 4: Διαστημικός σταθμός της NASA με κελιά αρσενικούχου γαλλίου

Πηγή: *Energy Education, Ιούνιος 2018, Types of photovoltaic cells*, ανακτήθηκε από https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_photovoltaic_cells

1.3 Φωτοβολταϊκά πάνελ: Λειτουργία και χρησιμότητα.

Τα ηλιακά κελιά χρησιμοποιούνται σπάνια μόνα τους. Συνήθως, κελιά με τα ίδια χαρακτηριστικά ομαδοποιούνται σε πλαίσια και τα πλαίσια συναθροίζονται για να διαμορφώσουν μια συστοιχία. Τα ηλιακά κελιά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα.

Παράλληλη σύνδεση κελιών: Η παράλληλη σύνδεση κελιών αυξάνει την ένταση ρεύματος και η τάση στα άκρα του πάνελ παραμένει η ίδια με την τάση του κάθε κελιού. Έτσι η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από την άθροιση των τιμών ρεύματος για την ίδια τιμή τάσης, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

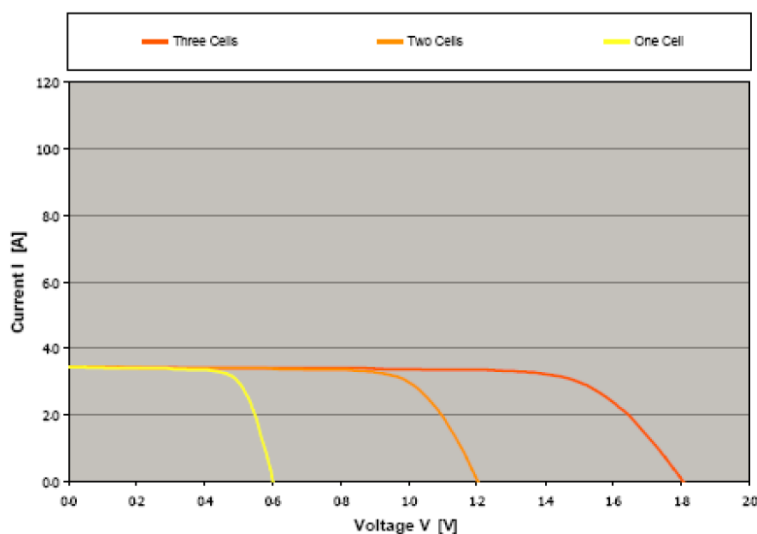


Εικόνα 5: Παράδειγμα χαρακτηριστικής I-V για παράλληλη σύνδεση κελιών

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Η παράλληλη σύνδεση κελιών δεν χρησιμοποιείται συνήθως καθώς η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί και μεγαλύτερες διατομές αγωγών, ενώ και οι απώλειες αυξάνονται με τη μείωση της τάσης. Για τους παραπάνω λόγους, η σύνδεση των κελιών γίνεται συνήθως εν σειρά.

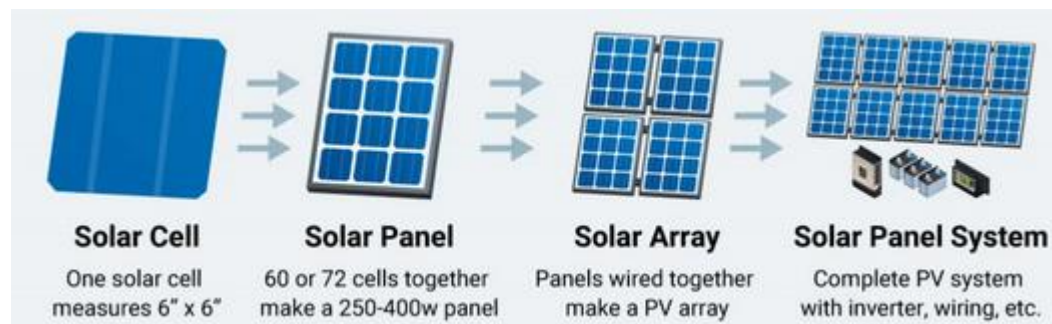
Σύνδεση κελιών σε σειρά: Στη σύνδεση κελιών σε σειρά υπάρχει η ίδια ροή ρεύματος ανά κελί ενώ η τάση είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των κελιών. Αντίστοιχα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης του συνδυασμού προκύπτει από το άθροισμα των τιμών τάσεων των κελιών για την ίδια τιμή έντασης ρεύματος, όπως για παράδειγμα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 6: Παράδειγμα I-V χαρακτηριστικής κελιών συνδεδεμένων σε σειρά

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Τα πάνελ σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγουν ηλεκτρισμό σε μια συγκεκριμένη τάση και ισχύ (ρεύμα συνεχής τάσης, DC). Τα στοιχεία αυτά καθορίζονται κυρίως από το πόσο φως πέφτει πάνω στο πάνελ. Σε γενικές γραμμές, όσο μεγαλύτερο είναι το πάνελ, τόσο περισσότερη ενέργεια μπορεί να παραχθεί .

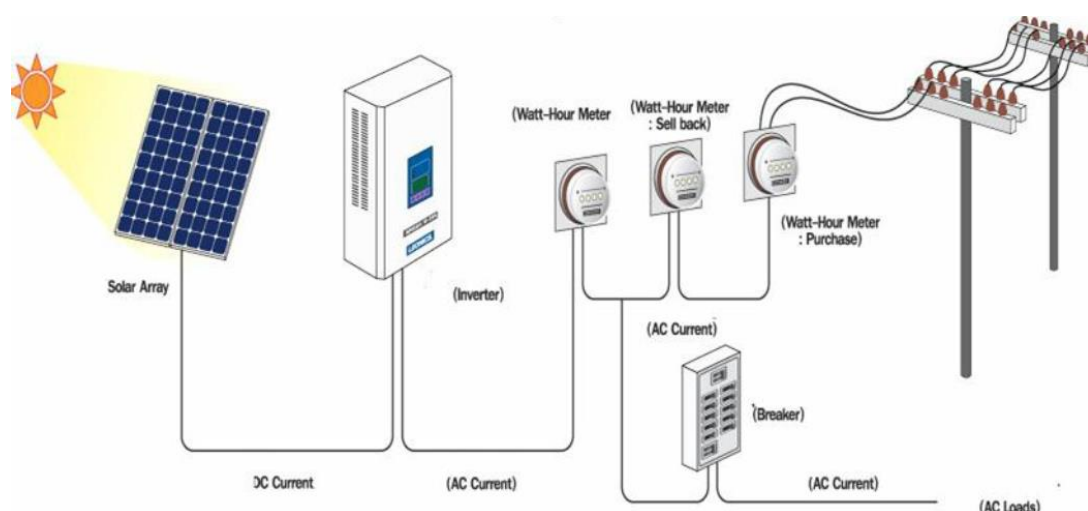


Εικόνα 7: Από το ηλιακό κελί στο φωτοβολταϊκό πάνελ

Πηγή: Zeeshan Hyder, Ιανουάριος 2021, Learn about solar energy: Comprehensive guide, ανακτήθηκε από <https://www.solarreviews.com/blog/solar-power-comprehensive-guide>

Τα Φ/Β πλαίσια αποτελούνται από κατάλληλα επεξεργασμένους δίσκους πυριτίου που βρίσκονται ερμητικά σφραγισμένοι μέσα σε πλαστική ύλη για να προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες. Η μπροστινή όψη του πλαισίου προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί. Η κατασκευή αυτή, που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 χιλιοστά του μέτρου, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου, όπως στους υαλοπίνακες των κτιρίων. Τα εσωτερικά είναι διασυνδεδεμένα εν σειρά και παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.

Η ένωση όλων αυτών των πλαισίων, οδηγεί στη δημιουργία φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αυτά είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν παράλληλα και διασυνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο. Περιλαμβάνουν έναν inverter ο οποίος μετατρέπει την DC ισχύ που παράγεται από το Φ/Β σε AC ισχύ συμβατή με τις προδιαγραφές τάσης και ποιότητας ισχύος του ηλεκτρικού δικτύου. Το σύστημα επιτρέπει είτε την κατανάλωση της παραγόμενης από το Φ/Β ισχύος από τα φορτία της τροφοδοτούμενης εγκατάστασης, είτε την έγχυση της πλεονάζουσας ισχύος στο δίκτυο.



Εικόνα 8: Φωτοβολταϊκό σύστημα

Πηγή: *Energy Education*, Απρίλιος 2020, *Photovoltaic system*, ανακτήθηκε από https://energyeducation.ca/encyclopedia/Photovoltaic_system

Τα Φ/Β συστήματα διακρίνονται σε τρεις τύπους:

- Αυτόνομα Συστήματα
- Διασυνδεδεμένα Συστήματα
- Υβριδικά Συστήματα

Τα αυτόνομα Φ/Β συστήματα είναι εκείνα που δεν συνδέονται σε δίκτυο ηλεκτρικής παροχής, σε αντίθεση με τα διασυνδεδεμένα. Η κύρια διαφορά αυτών αφορά τους συσσωρευτές (που τοποθετούνται στα αυτόνομα συστήματα) λόγω της ανάγκης αποθήκευσης ενέργειας για την κάλυψη της ενεργειακής ζήτησης την νύχτα που δεν υπάρχει ηλιοφάνεια ή σε ώρες αιχμής που δεν φτάνει το ποσό της ενέργειας που προέρχονται από τα Φ/Β. Αντίθετα, στα διασυνδεδεμένα συστήματα δεν χρειάζεται η ύπαρξη συσσωρευτών, επειδή η περίσσεια ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο, ενώ αν υπάρχει έλλειμα ενέργειας, τότε αυτό καλύπτεται από το δίκτυο.

Τα υβριδικά Φ/Β συστήματα μπορεί να είναι είτε αυτόνομα είτε διασυνδεδεμένα, απλά θα έχουν τουλάχιστον μια άλλη πηγή εκτός από την Φ/Β. Σε αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως ανεμογεννήτριες, ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη ή ο συνδυασμός τους. Ακόμη, χρησιμοποιείται και το βιοαέριο αλλά είναι λιγότερο συνηθισμένο. Με τη χρήση υβριδικού συστήματος αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος ειδικά σε περίπτωση βλάβης της Φ/Β γεννήτριας. Το κοινό στοιχείο και στα τρία συστήματα, είναι πως η εγκατάστασή τους δεσμεύεται με την ύπαρξη των πόρων είτε είναι ο ήλιος, είτε ο άνεμος ή και το κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος

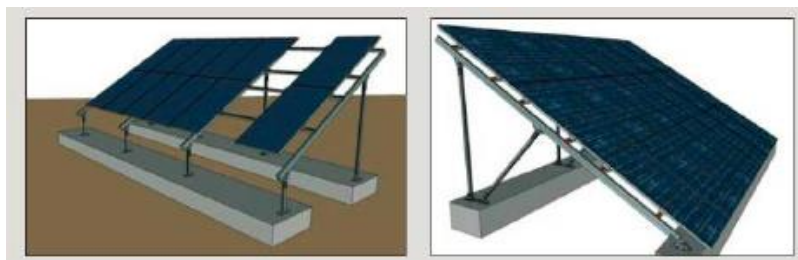
1.3.1 Τρόποι στήριξης Φ/Β πάνελ και inverters

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως τοποθετούνται σε στέγες ή στο έδαφος με δύο τρόπους:

- Σε βάσεις σταθερής κλίσης ως προς την οριζόντιο, συνήθως αναφερόμενες ως «σταθερές βάσεις»
- Σε βάσεις επί διατάξεων παρακολούθησης της πορείας του ήλιου, αναφερόμενες συνήθως ως συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές ή trackers.

Σταθερές βάσεις: αποτελούν τον απλούστερο και οικονομικότερο τρόπο έδρασης Φ/Β πάνελ. Η αρχή σχεδιασμού τους είναι απλή: οι ακτίνες του ήλιου θα πρέπει να προσπίπτουν κάθετα στην επιφάνεια των πάνελ κατά το μεσημέρι. Έτσι οι βάσεις κατασκευάζονται ώστε να επιτρέπουν την τοποθέτηση των πάνελ σε σταθερή κλίση, περί τις 30 μοίρες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η ιδανική κλίση είναι αρκετά μικρότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και αρκετά μεγαλύτερη κατά τους χειμερινούς μήνες.

Οι σταθερές βάσεις κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα (χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ). Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις ή φορτία χιονιού. Οι βάσεις, μπορεί να τοποθετηθούν είτε με σκυροδέτηση (σε δοκάρι και σε όλη τη σειρά των βάσεων) είτε με εδαφόμπτυξη (μέσα στο έδαφος με βάθος 0,5-1,5 μέτρα).



Εικόνα 9: Σκυροδέτηση σταθερών βάσεων σε δοκάρι με μπετόν



Εικόνα 10: Παράδειγμα εδαφόμπτυξη βάσεων (αριστερά). Σταθερές βάσεις σε οροφή κτιρίου (δεξιά)

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, *Φωτοβολταϊκά: Ένας Πρακτικός Οδηγός*.

Οι σταθερές βάσεις αποτελούνται συνήθως από τεμάχια τα οποία συναρμολογούνται επί το έργο. Κάθε τεμάχιο χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη επιφάνεια τοποθέτησης, η οποία συνήθως υπολογίζεται λαμβάνοντας κάποιες μέσες τιμές διαστάσεων πάνελ (τυπικά 1,6 χ 1 μέτρο για κρυσταλλικά πάνελ). Τα πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν ανά απλή (μονή) σειρά ή (συνηθέστερα) σε διπλή σειρά ή ακόμη και σε τριπλή ή τετραπλή σειρά. Επίσης είναι δυνατή

η τοποθέτηση τους είτε κατά τη μικρή διάσταση (portrait) είτε κατά τη μεγάλη διάσταση (landscape). Η ακριβής χωροθέτηση εξαρτάται από τη μορφολογία του διαθέσιμου χώρου εγκατάστασης και τις διαστάσεις αυτού.

Συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου: Η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Με αυτόν τον τρόπο, οι αποδόσεις αυξάνονται περίπου στο 30%. Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους: ο πρώτος τρόπος είναι με ηλιακούς αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω λογισμικού, από αστρονομικά δεδομένα, βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και πορεία του ήλιου για κάθε μέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής.

Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη είναι στα συστήματα μονού άξονα (single axis), όπου η κίνηση των πάνελ γίνεται στον άξονα Ανατολής-Δύσης κατά τη διάρκεια της μέρας. Η άλλη κατηγορία αφορά τα συστήματα διπλού άξονα (dual axis), στα οποία προστίθεται και η ρύθμιση της κλίσης και ως προς την οριζόντιο, δηλαδή στον άξονα Βορρά-Νότου.

Λόγω της ανάγκης κίνησης σημαντικού αριθμού πάνελ, τα συστήματα ιχνηλάτησης χαρακτηρίζονται από επίπεδες επιφάνειες τοποθετημένες σε μία κάθετη ως προς το έδαφος βάση στήριξης. Η κατασκευή στήριξης των πάνελ είναι πιο απαιτητική σε αυτή τη περίπτωση, διότι αυξάνεται η επιφάνεια τους και κατά συνέπεια και το συνολικό βάρος της κατασκευής. Επίσης, Το σημαντικό μέγεθος των συστημάτων αυτών (και κυρίως το ύψος τους που κυμαίνεται απο 2,5 έως 10-12 μέτρα) αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου σε σχέση με ένα σύστημα σταθερών βάσεων, συνήθως κατά 1,5-2φορές, λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ τους για την αποφυγή σκιάσεων. Επιπλέον, το μέγεθος των τράκερ, τους καθιστά περισσότερο ευάλωτους (σε σχέση με συστήματα σταθερών βάσεων) σε ανεμοπιέσεις. Για να αντιμετωπιστεί αυτό, χρησιμοποιείται ένα ανεμόμετρο και όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο (καθορίζεται από τον κατασκευαστή) το σύστημα κίνησης να λαμβάνει εντολή να θέτει την επιφάνεια των πάνελ σχεδόν παράλληλα με το έδαφος, για λόγους προστασίας.



Εικόνα 11: Σύστημα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου μονού άξονα (αριστερά). Σύστημα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου διπλού άξονα

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Σε αυτή τη περίπτωση συστημάτων πρέπει να ληφθεί υπόψιν, ότι είναι πιο κοστοβόρα. Αυτό γιατί χρειάζονται επιπλέον συντήρηση και στα μηχανικά μέρη που βοηθάνε στη κίνηση της κατασκευής αλλά και στην συντήρηση του λογισμικού. Επίσης, είναι απαραίτητη η έκδοση οικοδομικής άδειας και όχι έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας, όπως ισχύει για τα συστήματα σταθερών βάσεων. Το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και επηρεάζει τον χρόνο υλοποίησης της κατασκευής του σταθμού. Τέλος, η συντήρηση, ο καθαρισμός και η αντικατάσταση των πάνελ είναι πιο δύσκολη λόγω της ιδιαιτερότητας της κατασκευής (ύψος)

Στη βάση στήριξης τοποθετείται συνήθως και ο αντιστροφέας (inverter) ή αν αυτό δεν είναι δυνατόν, γίνεται η αναχώρηση καλωδίων προς ένα κεντρικό σημείο συλλογής όπου βρίσκονται και οι αντιστροφείς.

Με τον όρο αντιστροφέα νοείται η διάταξη ηλεκτρονικών ισχύος η οποία μετατρέπει τη συνεχή τάση των Φ/Β πάνελ σε εναλλασσόμενη ονομαστικών τιμών 230V (ανά φάση) /50 Hz. Οι αντιστροφείς αποτελούν πάντα ένα κομβικό σημείο σε μία Φ/Β εγκατάσταση καθώς όλη η παραγόμενη ενέργεια διοχετεύεται μέσω αυτών στο δίκτυο. Κατά συνέπεια έχει ιδιαίτερη σημασία να χαρακτηρίζονται από αξιοπιστία, υψηλή απόδοση και να τηρούν κάποιες προδιαγραφές σε σχέση με συγκεκριμένα πιστοποιητικά (τάση και συχνότητα, Total Harmonic Distortion-THD, Προστασία έναντι του φαινομένου νησιδοποίησης, κ.α).

Οι αντιστροφείς των διασυνδεδεμένων συστημάτων διαχωρίζονται με αρκετούς τρόπους. Ένας από αυτούς είναι ανάλογα με το είδος της τάσης που παράγουν σε, μονοφασικούς αντιστροφείς (ισχύς 10-11kW) και τριφασικούς αντιστροφείς (6-7kW έως και 1MW) καθώς και με το αν χρησιμοποιούν μετασχηματιστή (inverters with transformer) ή όχι (transformerless (TL) inverters). Επιπλέον, ανάλογα της τεχνολογίας διασύνδεσης των Φ/Β πάνελ που χρησιμοποιείται, οι αντιστροφείς χωρίζονται σε:

Κεντρικούς αντιστροφείς (central inverters): Οι κεντρικοί αντιστροφείς αποτελούν το είδος των αντιστροφέων που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος, από 30-50kW έως και 1-2MW. Για το λόγο αυτό, η χρήση τους είναι περισσότερο διαδεδομένη σε σταθμούς μεγάλης ισχύος. Σε ορισμένες περιπτώσεις και σε επίπεδα ισχύος των εκατοντάδων kW οι αντιστροφείς αυτοί συνοδεύονται από μετασχηματιστή ανύψωσης 0,4/20kV, ώστε να επιτρέπουν την απευθείας σύνδεση τους στο δίκτυο Μέσης Τάσης της ΔΕΗ.

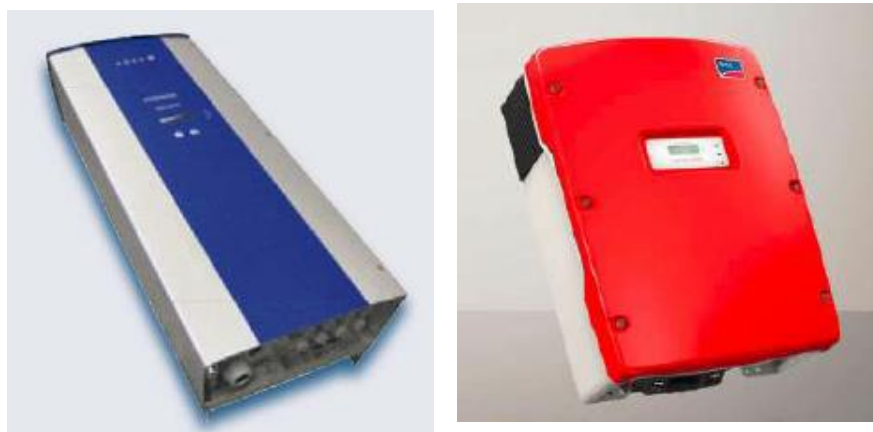


Εικόνα 12: Κεντρικός μετατροπέας με μέγιστη ισχύ εισόδου τα 1,4 kWp.

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Οι κεντρικοί μετατροπείς χαρακτηρίζονται από το μικρό αριθμό εισόδων DC (συνήθως 1-2 εισόδους). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τον μεγάλο αριθμό πάνελ τα οποία πρέπει να συνδεθούν στην είσοδο τους, επιβάλλει την εκτεταμένη χρήση DC καλωδίων σε αντίθεση με τις άλλες ομάδες αντιστροφών όπου η καλωδίωση μπορεί να γίνει με AC.

Αντιστροφείς κλάδων (string inverters): Αποτελούν αδιαμφισβήτητα την περισσότερο διαδεδομένη κατηγορία αντιστροφών σε σταθμούς μικρής έως και μέσης ισχύος. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού κλάδων (strings) σε αντίστοιχες εισόδους του αντιστροφέα (της τάξης των 2-8). Οι αντιστροφείς αυτού του τύπου κυκλοφορούν στο εμπόριο με μετασχηματιστή ή χωρίς μετασχηματιστή καθώς επίσης και σε μονοφασική ή τριφασική σύνδεση (συνήθως πάνω από 10kW). Διαθέτουν αρκετή ευελιξία αναφορικά με τον αριθμό των πάνελ που μπορεί να συνδεθεί στις εισόδους τους, αρκεί φυσικά να μην παραβιάζονται οι μέγιστες ρυθμίσεις ασφαλείας τους. Επιπλέον είναι σκόπιμο να συνδέονται στις εισόδους τους με τον ίδιο τύπο και αριθμό πάνελ.



Εικόνα 13: String Inverters

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων (multi-string inverters): Οι αντιστροφείς πολλαπλών κλάδων χρησιμοποιούνται όταν σε έναν αντιστροφέα είναι απαραίτητο να συνδεθούν διαφορετικά πάνελ, όσον αφορά την ονομαστική ισχύ τους, τον αριθμό των πάνελ που αποτελούν τον κλάδο, τον κατασκευαστή κτλ. Στην περίπτωση αυτή στην ουσία κάθε είσοδος είναι ανεξάρτητη από τις άλλες και διαθέτει τους δικούς της ελεγκτές μέγιστης ισχύος και μετατροπείς. Οι αντιστροφείς αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η διαθεσιμότητα πάνελ επιβάλλει τη σύνδεση διαφορετικών πάνελ ή σε περιπτώσεις όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας,

Αντιστροφείς με ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ (module integrated inverters): Οι αντιστροφείς αυτοί αποτελούν μία σχετικά νέα κατηγορία χαμηλής ισχύος (έως περίπου

300W). Οι αντιστροφείς αυτοί ενσωματώνονται, δηλαδή δέχονται στην είσοδο τους, με ένα Φ/Β πάνελ. Σκοπός της χρήσης τους αποτελεί η βέλτιστη λειτουργία της Φ/Β εγκατάστασης ανά κάθε πάνελ χωριστά. Οι αντιστροφείς αυτοί παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως για μικρές οικιακές εγκαταστάσεις με σημαντικά προβλήματα σκίασης.



Εικόνα 14: Αντιστροφείς για ενσωμάτωση σε Φ/Β πάνελ

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, *Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός*».

1.3.2 Καλωδίωση και Μέση Τάση.

Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος απαιτεί τη χρήση καλωδίων DC και AC. DC καλώδια χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των πάνελ μεταξύ τους και για τη σύνδεση των κλάδων/στοιχειοσειρών (string) με τις εισόδους του αντιστροφέα ενώ AC καλώδια ισχύος, συμβατικού τύπου, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των αντιστροφέων σε τριφασικό σύστημα και την τελική σύνδεση με τη ΔΕΗ.

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο ειδικά για χρήση σε φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Είναι μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125°C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι υποσταθμοί μέσης τάσης είναι απαραίτητοι σε περιπτώσεις σύνδεσης Φ/Β σταθμών με εγκατεστημένη ισχύ άνω των 100kWp. Στην περίπτωση αυτή ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να εγκαταστήσει υποσταθμό για σύνδεση του σταθμού απευθείας στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) 20kV της ΔΕΗ. Γενικά, ένας υποσταθμός ενός παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα αποτελείται από τα τμήματα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης, τον ή τους μετασχηματιστές ισχύος και τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Αυτός ο σταθμός στεγάζεται σε ιδιαίτερο χώρο μέσα στην έκταση του πάρκου. Είναι προτιμότερο ο παραγωγός να προβλέψει τρεις ανεξάρτητους χώρους για την εγκατάσταση αντίστοιχα του τμήματος μέσης τάσης, του ή των μετασχηματιστών ισχύος και του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης. Είναι δυνατή η εγκατάσταση στον ίδιο χώρο του πίνακα μέσης

τάσης και των μετασχηματιστών ισχύος. Ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης πρέπει να είναι σε ανεξάρτητο χώρο.

Η εγκατάσταση αυτή πρέπει να υπόκειται σε κάποιες προδιαγραφές των μηχανημάτων που στεγάζονται όπως το μέγεθος και το πλήθος των μετασχηματιστών ισχύος, του καλωδίου μέσης τάσης, καθώς και των μέσων προστασίας στη μέση και χαμηλή τάση. Πρέπει οι χώροι αυτοί να αερίζονται σωστά (με τεχνητό ή φυσικό τρόπο) και οι χώροι των μετασχηματιστών και του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης πρέπει να είναι κλειστοί και κατασκευασμένοι από άκαυστα υλικά.

Κατά τη μελέτη ενός υποσταθμού θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για τον προσδιορισμό:

- Μεγέθους και πλήθους των μετασχηματιστών ισχύος.
- Μεγέθους και είδους του καλωδίου μέσης τάσης.
- Μεγέθους και είδους των ζυγών στη μέση και χαμηλή τάση.
- Μεγέθους και είδους των μέσων προστασίας στη μέση και χαμηλή τάση.

Η ισχύς του ή των μετασχηματιστών ενός υποσταθμού υπολογίζεται με βάση τη μέγιστη ενεργό ισχύ του σταθμού η οποία καθορίζεται στη φάση της μελέτης. Η επιλογή ενός ή περισσότερων μετασχηματιστών καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος και τη χωροθέτηση του Φ/Β σταθμού και τις επιπτώσεις αυτής στις απώλειες του σταθμού, αλλά και για λόγους εφεδρείας. Για την επιλογή του μετασχηματιστή θα πρέπει να καθοριστεί επίσης η τάση βραχυκύκλωσής του, η ομάδα συνδεσμολογίας του και το είδος της μόνωσής του (με λάδι ή ξηρά μόνωση).

Ανάλογα με το είδος του δικτύου (εναέριο ή υπόγειο) από το οποίο θα τροφοδοτηθεί ο υποσταθμός, τη συνολική ισχύ του και τα τεχνικά στοιχεία της ηλεκτρικής προστασίας του, η ΔΕΗ έχει διαμορφώσει ορισμένες τυπικές παροχές. Οι παροχές διακρίνονται σε δύο τύπους:

- Παροχές τύπου Α, όταν γίνονται από εναέριο δίκτυο της ΔΕΗ.
- Παροχές τύπου Β, όταν γίνονται από υπόγειο δίκτυο της ΔΕΗ.

Οι παροχές τύπου Α, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Α1, για ισχύεις μέχρι 630 kVA.
- Παροχές τύπου Α2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 630 kVA.

Οι παροχές τύπου Β, διακρίνονται σε:

- Παροχές τύπου Β1, για ισχύεις μέχρι 1250 kVA
- Παροχές τύπου Β2, για ισχύεις μεγαλύτερες των 1250 kVA.

Ο τύπος της παροχής καθορίζει και τη μέθοδο προστασίας από την πλευρά της ΔΕΗ και σε μεγάλο βαθμό τη μέθοδο προστασίας που πρέπει να εφαρμόσει ο καταναλωτής.

Η γείωση είναι ένα από τα σημαντικότερα τμήματα ενός υποσταθμού και διακρίνεται σε γείωση λειτουργίας και γείωση προστασίας. Γείωση λειτουργίας είναι η γείωση του

ουδέτερου κόμβου των μετασχηματιστών. Γείωση προστασίας είναι η γείωση των μεταλλικών περιβλημάτων των πινάκων, των καλωδίων κτλ. Βασικός ρόλος της γείωσης σε έναν υποσταθμό είναι η προστασία των ανθρώπων από τάσεις επαφής. Τάση επαφής είναι η τάση μεταξύ δύο μεταλλικών σημείων ή ενός μεταλλικού σημείου και του εδάφους που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος. Καλύτερη γείωση σε υποσταθμό θεωρείται η γείωση κατά μήκος των θεμελίων (θεμελιακή γείωση)

1.4 Ενεργειακές κοινότητες

Η Ενεργειακή κοινότητα, όπως ορίζεται από τον νόμο 4513/2018, είναι αστικός συνεταιρισμός αποκλειστικού σκοπού. Ο σκοπός αυτής της κοινότητας, είναι η προώθηση της κοινωνικής και αλληλέγγυας οικονομίας, η οποία ορίζεται ως το σύνολο των οικονομικών δραστηριοτήτων που στηρίζονται σε μία εναλλακτική μορφή οργάνωσης των σχέσεων παραγωγής, διανομής, κατανάλωσης και επανεπένδυσης, βασισμένη στις αρχές της δημοκρατίας, της ισότητας, της αλληλεγγύης, της συνεργασίας, καθώς και του σεβασμού στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα στόχος των ενεργειακών κοινοτήτων είναι να προωθήσουν την αλληλέγγυα οικονομία, την καινοτομία στον ενεργειακό τομέα, να καταπολεμήσουν την ενεργειακή φτώχεια, να προωθήσουν τη βιώσιμη παραγωγή, την αποθήκευση και τη διαχείριση της ενέργειας, την αυτοπαραγωγή και ίδια κατανάλωση, και να βελτιώσουν την ενεργειακή ασφάλεια και την ενεργειακή αυτονομία. Για να επιτευχθούν οι σκοποί αυτοί, τα μέσα είναι η δραστηριοποίηση στους τομείς Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), η συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ), η ορθολογική χρήση ενέργειας, η ενεργειακή αποδοτικότητα, οι βιώσιμες μεταφορές, η διαχείριση της ζήτησης και της παραγωγής, διανομής και προμήθειας ενέργειας.

Σύμφωνα με τον Ν. 4513/2018, δικαίωμα συμμετοχής σε ένα τέτοιο σχήμα θα έχουν φυσικά πρόσωπα, νομικά πρόσωπα δημοσίου και ιδιωτικού δικαίου, όπως και οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) πρώτου ή δεύτερου βαθμού. Για τη σύσταση μίας Ε.Κοιν. θα απαιτούνται τουλάχιστον πέντε μέλη, στην περίπτωση νομικών προσώπων ιδιωτικού δικαίου, φυσικών προσώπων και νομικών προσώπων δημοσίου δικαίου (εκτός ΟΤΑ). Αντίθετα, απαιτούνται τρία μέλη στην περίπτωση που η σύστασή της γίνεται μόνο από ΟΤΑ (και μάλιστα δύο στις νησιωτικές περιοχές), ενώ αν θελήσουν να συμπράξουν δύο ΟΤΑ, θα χρειάζεται τουλάχιστον ένα ακόμη φυσικό πρόσωπο ή νομικό πρόσωπο δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου. Σημαντικό στοιχείο είναι όμως η εντοπιότητα της πλειοψηφίας των μελών, καθώς τουλάχιστον το 51% των μελών πρέπει να σχετίζονται με τον τόπο στον οποίο βρίσκεται η έδρα της, ώστε οι τοπικές κοινωνίες να είναι αυτές που απολαμβάνουν τα οφέλη. Συγκεκριμένα, τα φυσικά πρόσωπα - μέλη πρέπει να έχουν (πλήρη ή ψιλή) κυριότητα ή επικαρπία σε ακίνητο το οποίο βρίσκεται εντός της Περιφέρειας της έδρας της ενεργειακής κοινότητας ή να είναι δημότες δήμου της Περιφέρειας αυτής, ενώ τα νομικά πρόσωπα – μέλη να έχουν την έδρα τους εντός της Περιφέρειας της έδρας της ενεργειακής κοινότητας.

Κάθε μέλος μπορεί να κατέχει πέραν της υποχρεωτικής συνεταιριστικής μερίδας και μία ή περισσότερες προαιρετικές συνεταιριστικές μερίδες, με ανώτατο όριο συμμετοχής στο συνεταιριστικό κεφάλαιο το 20%, με εξαίρεση τους ΟΤΑ. Την ίδια στιγμή, το ποσοστό στο συνεταιριστικό κεφάλαιο δεν θα αυξάνει τον συντελεστή βαρύτητας οποιουδήποτε μέλους στη λήψη αποφάσεων. Κι αυτό γιατί σε κάθε μέλος θα αντιστοιχεί μία ψήφος, ανεξάρτητα από τον αριθμό των μερίδων που κατέχει.

Για τις Ενεργειακές Κοινότητες, ορίζεται ότι από τα πλεονάσματα κάθε χρήσης, πρέπει να παρακρατείται το 10% για το σχηματισμό του τακτικού αποθεματικού, το οποίο δεν είναι υποχρεωτικό όταν το ύψος του αποθεματικού είναι τουλάχιστον ίσο με το ύψος του συνεταιριστικού κεφαλαίου. Τίθεται ο κανόνας της απαγόρευσης διανομής των πλεονασμάτων της χρήσης στα μέλη όπως και της υποχρέωσης διατήρησης των πλεονασμάτων στην κυριότητα του νομικού προσώπου, με τη μορφή αποθεματικών, και της διαθέσεώς τους για τους σκοπούς του, με απόφαση της γενικής συνέλευσης. Στις ενεργειακές κοινότητες που συμμετέχουν αποκλειστικά ΟΤΑ όπως αναγράφονται παραπάνω, μπορεί μέρος ή το σύνολο των πλεονασμάτων χρήσης ης κοινότητας να διατίθεται για κοινωφελείς δράσεις τοπικού χαρακτήρα που σχετίζονται με την επάρκεια και τον ανεφοδιασμό πρώτων υλών, καυσίμων και νερού, μετά την παρακράτηση του τακτικού αποθεματικού. Επίσης το πλεόνασμα (μετά την αφαίρεση του τακτικού αποθεματικού) μπορεί να διανεμηθεί στα μέλη της Ε.κοιν. (σύμφωνα με τις προϋποθέσεις του Α.8 Ν.4513/2018) τα πλεονάσματα της χρήσης.

Για τις Ενεργειακές Κοινότητες, προβλέπονται ακόμα οικονομικά κίνητρα και μέτρα στήριξης. Αυτά ξεκινούν από τους σταθερούς συντελεστές φορολογίας εισοδήματος για πέντε έτη, εκτός από τα μικρά νησιά, όπου η αντίστοιχη χρονική περίοδος επεκτείνεται στη δεκαετία. Μπορούν ακόμα να συμμετάσχουν σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από εθνικούς πόρους ή πόρους της ΕΕ. Ακόμα, μπορεί να καθορίζονται ειδικές προϋποθέσεις και όροι προνομιακής συμμετοχής ή εξαίρεσης από τις ανταγωνιστικές διαδικασίες υποβολής προσφορών για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ που πρόκειται να λειτουργήσουν από κοινότητες. Σε αυτό να προστεθούν και οι προνομιακές χρεώσεις, η μεγαλύτερη διάρκεια χρήσης και η χρήση των υπηρεσιών του Φορέα Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου (ΦοΣΕΤεΚ). Ένα ακόμα όφελος για τις Ενεργειακές Κοινότητες είναι ότι απαλλάσσονται από την υποχρέωση καταβολής του ετήσιου τέλους διατήρησης δικαιώματος κατοχής άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο ισχύει για σταθμούς ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ και υβριδικούς σταθμούς. Σύμφωνα με τη νομοθετική αυτή πρωτοβουλία ορίστηκε ότι η ιδιότητα του μέλους ενεργειακής κοινότητας δεν καθιστά υποχρεωτική την ασφάλιση στον Ενιαίο Φορέα Κοινωνικής Ασφάλισης (ΕΦΚΑ). Η απαλλαγή αυτή κρίθηκε σκόπιμη δεδομένου ότι οι ενεργειακές κοινότητες διαφοροποιούνται από τα συνήθη εταιρικά σχήματα τα οποία έχουν ως κύρια επιδίωξή τους το επιχειρηματικό κέρδος, αποτελούν δηλαδή ιδιαίτερη εταιρική μορφή (Ν.4618/2019). Ένα ακόμη σημαντικό κίνητρο είναι πως οι Ενεργειακές Κοινότητες θα μπορούν να αξιοποιούν τον εικονικό ενεργειακό συμψηφισμό (virtual net metering), ο οποίος αναλύεται περισσότερο παρακάτω.

Οι Ενεργειακές Κοινότητες πλέον είναι υποστηριζόμενες από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω ανεπτυγμένου νομικού πλαισίου. Επίσης, η ΕΕ υποχρεώνει τις χώρες μέλη να απλοποιούν όλες τις διαδικασίες που αφορούν τις ενέργειες που αναλαμβάνονται από τις κοινότητες αυτές και των ανθρώπων τους. Με βάση όλα τα προηγούμενα που αναφέρθηκαν, δημιουργούνται πολλά πλεονεκτήματα και μεγαλύτερα κίνητρα για τη δημιουργία τέτοιων κοινοτήτων. Ένα από τα μεγαλύτερα κέρδη από τις Εν. Κοιν., είναι ότι μειώνεται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Η παραγωγή ουσιαστικά μεταφέρεται σε ΑΠΕ και μειώνονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να αυξηθούν οι επενδύσεις σε τέτοια έργα, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας και δυνατότητα κέρδους σε βάθος χρόνου. Μέσα από αυτές, μειώνεται η ενεργειακή φτώχεια, μιας και μπορεί πλέον η κάθε κοινότητα, μέσω της παραγωγής της και του ενεργειακού συμψηφισμού, να μειώσει τους λογαριασμούς ενέργειας

των μελών της ή και να βοηθήσει άλλα μέλη της κοινότητας με οικονομικές δυσκολίες προσφέροντας την ενέργεια δωρεάν ή με ένα αρκετά χαμηλότερο αντίτιμο

1.5 Καταναλωτικά μοντέλα – ενεργειακός συμψηφισμός

Ενεργειακός συμψηφισμός ορίζεται ο συμψηφισμός της παραχθείσας από το σταθμό παραγωγής ενέργειας με την καταναλωθείσα ενέργεια στην εγκατάσταση κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού. Αφορά σταθμούς παραγωγής οι οποίοι εγκαθίσταται στον ίδιο ή γειτονικό χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο δίκτυο διανομής μέσω της αυτής παροχής.

Ένας άλλος τρόπος ενεργειακού συμψηφισμού είναι ο εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός. Σε αυτή τη περίπτωση, πρέπει μια τουλάχιστον εγκατάσταση παραγωγής του αυτοπαραγωγού είτε να μην βρίσκεται στον ίδιο (ή γειτονικό) χώρο με τον σταθμό παραγωγής είτε να βρίσκεται στον ίδιο (ή γειτονικό) χώρο αλλά να μην συνδέεται ηλεκτρικά με την εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση του σταθμού παραγωγής, δηλαδή ο σταθμός παραγωγής και η εγκατάσταση κατανάλωσης τροφοδοτούνται από διαφορετικές παροχές. Σε αυτή τη περίπτωση βέβαια, πρέπει ο σταθμός παραγωγής και οι εγκαταστάσεις κατανάλωσης να βρίσκονται στην ίδια Περιφερειακή Ενότητα.

Επίσης, εικονικός ενεργειακός συμψηφισμός μπορεί να υπάρξει και στις Ενεργειακές Κοινότητες. Εδώ, ο σταθμός παραγωγής και οι εγκαταστάσεις κατανάλωσης πρέπει να εγκαθίσταται εντός της Περιφέρειας στην οποία βρίσκεται η έδρα της Ε.Κοιν και συνδέονται στο δίκτυο διανομής αρμοδιότητας του αυτού Διαχειριστή. Επίσης, μέσω αυτού στηρίζεται η αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας και πραγματοποιείται με την πρόσθεση πρόβλεψης για την εφαρμογή εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού μεταξύ της παραχθείσας από το σταθμό ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ ή υβριδικό σταθμό που ανήκει στην ενεργειακή κοινότητα ηλεκτρικής ενέργειας και της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας σε εγκαταστάσεις μελών της ενεργειακής κοινότητας καθώς και σε εγκαταστάσεις ευάλωτων καταναλωτών ή πολιτών που ζουν κάτω από το όριο της φτώχειας εντός της Περιφέρειας στην οποία βρίσκεται η έδρα της ενεργειακής κοινότητας.

Η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής (σε εικονικό ή μη ενεργειακό συμψηφισμό) μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 kW ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης, εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 20 kW. Δεν μπορεί βέβαια να υπερβαίνει το ανώτατο όριο του 1MW. Σε περίπτωση που οι αυτοπαραγωγοί επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, τότε η ανώτατη ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% του αθροίσματος της συμφωνημένης ισχύος του συνόλου των συμψηφιζόμενων καταναλώσεων. Επίσης σε περιπτώσεις δικτύου Μη Διασυνδεδεμένων νησιών, τα ποσοστά και τα όρια αλλάζουν σύμφωνα με τις διατάξεις του προβλεπόμενου νόμου

Για να μπορέσει κάποιος να συμμετάσχει στον ενεργειακό συμψηφισμό, πρέπει να είναι φυσικό ή νομικό πρόσωπο δημόσιου ή ιδιωτικού δικαίου, το οποίο είτε έχει στην κυριότητα του τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται ο σταθμός παραγωγής είτε έχει τη νόμιμη χρήση αυτού. Στη περίπτωση του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού, δικαίωμα ένταξης έχουν νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημοσίου ενδιαφέροντος σκοπούς γενικής ή τοπικής εμβέλειας. Ειδικά στην περίπτωση εφαρμογής εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού από Ε. Κοιν., το δικαίωμα ένταξης στον

εικονικό ενεργειακό συμφητισμό ασκείται από τα φυσικά ή/και νομικά πρόσωπα που κατέχουν την ιδιότητα του μέλους της Ε. Κοιν. Βασική προϋπόθεση σε αυτές τις περιπτώσεις είναι κάθε σταθμός παραγωγής να αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με ένα μετρητή κατανάλωσης ή με τουλάχιστον έναν στον εικονικό ενεργειακό συμφητισμό.

Κεφάλαιο 2

Για την εκτέλεση ενός έργου, πρέπει να γίνει μια σειρά ενεργειών ώστε να ολοκληρωθεί μια πλήρης μελέτη για την ανάπτυξή του. Αυτές είναι η ενεργειακή μελέτη και η μελέτη χωροθέτησης λαμβάνοντας υπόψιν και τις ιδιαιτερότητες του χώρου του έργου.

2.1 Ενεργειακή Μελέτη

Για έργα τέτοιου τύπου, πηγή ενέργειας είναι η ηλιακή ακτινοβολία και πρέπει να γίνει αποτίμηση του ηλιακού δυναμικού του χώρου με ανάλυση των σκιάσεων μέσω ηλιακού χάρτη.

Η επίδραση της σκίασης είναι από τα πιο σημαντικά κομμάτια ανάλυσης φ/β έργων και είναι ουσιαστικά η έλλειψη ηλιακού φωτός και πιο συγκεκριμένα η μερική ή ολική απώλεια δημιουργίας φωτορεύματος. Η σκίαση δημιουργείται συνήθως από την παρουσία φυσικών εμποδίων (π.χ. δένδρα, κτίρια, στύλοι κτλ) ή από παροδικά φαινόμενα (π.χ. σύννεφα). Η επιρροή του φαινομένου αυτού είναι πολύ σημαντική γιατί μειώνει την τελική παραγωγή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος και για την αξιοποίηση όσο περισσότερο γίνεται των φ/β πάνελ, χρησιμοποιούνται δίοδοι παράκαμψης (bypass diodes: δίοδοι πολωμένοι ανάστροφα που δεν επιδρούν στην παραγωγή ενέργειας και ουσιαστικά παρακάμπτουν το κελί που δεν παράγει ή απλά συμπεριλαμβάνει το ποσό ρεύματος που αυτό παράγει στην τελική ποσότητα παραγωγής) ανά 10-1 κελιά. Επίσης, οι δίοδοι παράκαμψης δεν προκαλούν απώλειες σε κανονικές συνθήκες όταν δεν διαρρέονται από ρεύμα. Για τη προστασία ενός ή περισσότερων κελιών που σκιάζονται, οι δίοδοι παράκαμψης επιτρέπουν τη ροή ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό πάνελ σε μειωμένη βέβαια τάση και ισχύ.

Ένας ακόμη παράγοντας που είναι σημαντικός σε μια ενεργειακή μελέτη, είναι η επίδραση της θερμοκρασίας και της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτά τα φαινόμενα, αποτελούν τους δύο κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ενέργειας ενός ηλιακού κελιού. Γενικά υπάρχει αναλογική σχέση ανάμεσα στην ισχύ του κελιού και την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (για σταθερές θερμοκρασίες κελιού), δηλαδή όταν αυξάνεται το ρεύμα βραχυκύκλωσης του κελιού (ένταση ρεύματος) αυξάνεται ελαφρά και η τάση του κυκλώματος. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, μειώνεται η ισχύς του ηλιακού κελιού. Έχει παρατηρηθεί ότι όσο μικρότερη θερμοκρασία έχει ένα φ/β πλαίσιο, σε συνδυασμό με μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία, τότε επιτυγχάνεται μεγαλύτερη παραγωγή. Για τη σύγκριση διαφορετικών κελιών ή και πάνελ υπό κοινές συνθήκες, έχουν οριστεί οι λεγόμενες Πρότυπες Συνθήκες Ελέγχου ή αλλιώς STC (Standard Test Conditions). Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν στην ένταση προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ίσης προς 1000W/m², σε θερμοκρασία κελιού ίση προς 25°C και σε μάζα αέρα (διαδρομή ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου της ατμόσφαιρας) ίση προς 1,5. Βέβαια, οι αποδόσεις παραγωγής, σύμφωνα με τα παραπάνω, διαφέρουν ανάλογα τη τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί (κρυσταλλικό πυρίτιο, άμορφο πυρίτιο κλπ), με θυσία άλλους παράγοντες όπως απαιτήσεις χώρου και εγκαταστάσεων.

Στον υπολογισμό συνυπολογίζονται οι παράγοντες της υγρασίας, μέσος όρος ηλιοφάνειας, μορφολογίας του εδάφους και ετήσιας βροχόπτωσης. Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης εξάγονται σε ετήσια κατανομή της ηλιακής ενέργειας, θερμοκρασίας (κλπ) ανά ώρα, παράγοντας αρχείο κλιματολογικών συνθηκών.

ηλιακή ακτινοβολία .Αποτίμηση του ηλιακού δυναμικού με ανάλυση των σκιάσεων μέσω ηλιακού χάρτη. (+ θερμοκρασίας, υγρασίας, μέσος όρος ηλιοφάνειας, μορφολογίας του εδάφους και ετήσιας βροχόπτωσης)

2.2 Μελέτη Χωροθέτησης

Από την προηγούμενη ανάλυση, έγινε φανερό ότι είναι σημαντικό να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ένταση ακτινοβολίας σε κάθε πάνελ κατά τη διάρκεια του χρόνου. Όπως θα περίμενε κανείς, η ένταση της ακτινοβολίας είναι αρκετά μεγαλύτερη το καλοκαίρι απ' ό τι το χειμώνα. Ωστόσο, για τον υπολογισμό της ενεργειακής απολαβής θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη του και το γεγονός ότι οι υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού συντελούν αρνητικά στην παραγωγή ενέργειας.

Για να παραχθεί το μέγιστο της ενέργειας, τα πάνελ είναι απαραίτητο να τοποθετούνται με νότιο προσανατολισμό με κλίση η οποία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Για τα ελληνικά δεδομένα, μία τυπική μέση χαρακτηριστική κλίση είναι αυτή των 30 μοιρών. Είναι δυνατόν να αυξηθεί η ενεργειακή απολαβή από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία tracking έτσι ώστε να ακολουθούν καθημερινώς την πορεία του ήλιου από ανατολή προς δύση με μεταβλητή κλίση.

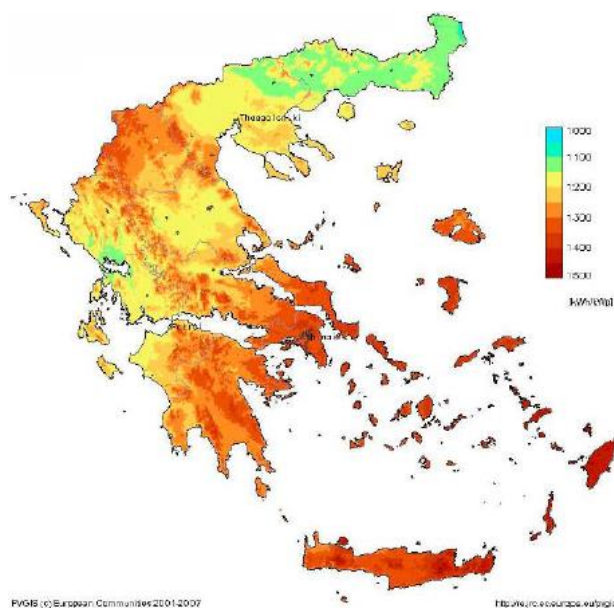
Η εγκατάσταση πρέπει να βρίσκεται σε χώρο στον οποίο απουσιάζουν εμπόδια για να αποφευχθεί το φαινόμενο της σκίασης. Ακόμα, πρέπει να υπάρχει απόσταση και μεταξύ των σειρών των πάνελ για να αποφευχθεί η σκίαση. Για τον λόγο αυτόν, ένας πρακτικός κανόνας τοποθέτησης είναι ότι η απόσταση μεταξύ διαδοχικών σειρών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια του ύψους της εγκατάστασης, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 15: Χωροθέτηση σειρών πάνελ

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, *Φωτοβολταϊκά: Ένας Πρακτικός Οδηγός*».

Η απόδοση των Φ/Β εξαρτάται προφανώς και από τα κλιματολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης, οπότε το ίδιο πάνελ σε διαφορετικά μέρη της Ελλάδας θα έχει και διαφορετικές αποδόσεις. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τις ενδεικτικές παραγωγές ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος και ανά εγκατεστημένο kWp για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδος για πάνελ τοποθετημένα σε σταθερές βάσεις. Ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει πάντα να έχει υπόψη του ότι η αναγραφόμενη ισχύ κάθε πάνελ (peak power, Wp) αναφέρεται σε πρότυπες συνθήκες ελέγχου (STC) οι οποίες διαφέρουν σημαντικά από τις πραγματικά επικρατούσες συνθήκες.



Εικόνα 16: Παραγωγή ενέργειας (kWh/έτος/kWp) για τις διάφορες περιοχές της Ελλάδας (Πηγή ΣΕΦ, <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

Όπως προκύπτει, μία μέση εκτίμηση της ενεργειακής απολαβής είναι 1200-1500kWh/kWp ετησίως, με τη μεγαλύτερες τιμές να σημειώνονται στην Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. Ο υπολογισμός αυτός προσαυξάνεται κατά περίπου 25-30% κατά μέσο όρο με τη χρησιμοποίηση συστημάτων ανίχνευσης της πορείας του ήλιου (trackers). Η κλίση των πάνελ, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι συνήθως 30° αλλά αυτό μπορεί να αλλάξει για παράδειγμα αν η εγκατάσταση είναι πάνω σε κτήριο (κλίση από 0° -90°), Οπότε και σε αυτή τη περίπτωση οι αποδόσεις διαφέρουν. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι παρακάτω αποδόσεις:

Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	0 °	30 °	90 °
Ανατολικός - Δυτικός	90	85	50
Νοτιοανατολικός- Νοτιοδυτικός	90	95	60
Νότιος	90	100	60
Βορειοανατολικός- Βορειοδυτικός	90	67	30
Βόρειος	90	60	20

Εικόνα 17: Μεταβολή της παραγωγής ενέργειας για απόκλιση τοποθέτησης ως προς τις βέλτιστες συνθήκες.

Πηγή: Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός».

Από όλα τα παραπάνω είναι φανερό ότι σε μια Μελέτη Χωροθέτησης, πρέπει να αποτυπωθούν οι ακριβείς θέσεις των βάσεων και των πλαισίων προκειμένου να γίνει βελτιστοποίηση και απόλυτη μείωση των αναπόφευκτων απωλειών που έχουμε σε κάθε φωτοβολταϊκό πάρκο

Κεφάλαιο 3

3.1 Τρόποι Χρηματοδότησης Έργου

Ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα ενός έργου, είναι η χρηματοδότησή του. Κάθε έργο βέβαια είναι διαφορετικό, οπότε πρέπει να ληφθούν πολλοί παράμετροι υπόψιν για την καλύτερη δυνατή οικονομική διάρθρωσή του. Οι παράμετροι αυτοί αφορούν μετρήσεις και προβλέψεις που σχετίζονται με τα έσοδα και τα έξοδα του έργου και ουσιαστικά οδηγούν στην καλύτερη εκτίμηση του συνολικού κέρδους της επένδυσης. Σε γενικές γραμμές υπάρχουν τέσσερις τρόποι χρηματοδότησης οι οποίοι είναι τα ίδια κεφάλαια, ο τραπεζικός δανεισμός, η συμμετοχική χρηματοδότηση και το leasing. Συνήθως τα έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτούν μεγάλο κεφάλαιο κατά την εκκίνηση της κατασκευής τους και ταυτόχρονα χαρακτηρίζονται από μακροχρόνιο επενδυτικό ορίζοντα (>15 έτη). Για τους παραπάνω λόγους προτιμώνται οι τρεις τελευταίοι τρόποι και αποφεύγεται να χρησιμοποιείται μεγάλο μέρος ιδίων κεφαλαίων.

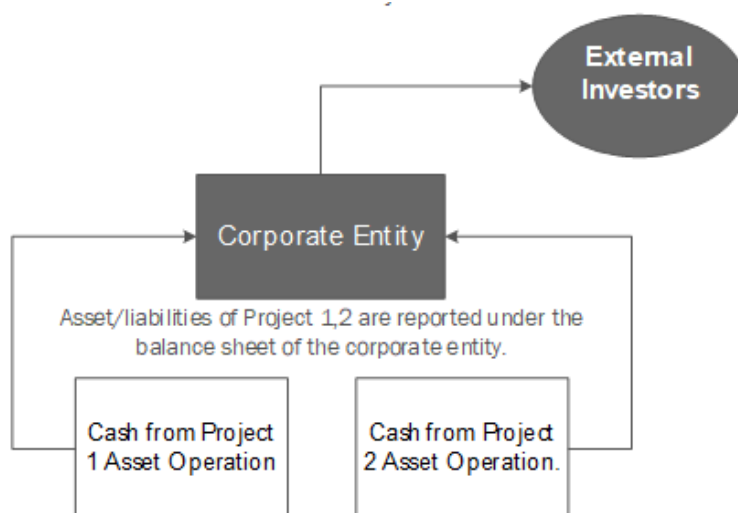
3.1.1 Ίδια Κεφάλαια

Τα ίδια κεφάλαια συνήθως αφορούν μικρά έργα και εμφανίζονται σε πολύ πρώιμο στάδιο. Τα κεφάλαια αυτά είναι μικρά και είναι απίθανο να μπορέσουν να καλύψουν συνολικά ένα τέτοιο έργο. Επίσης, μεγάλο ποσοστό ιδίων κεφαλαίων δεν επενδύεται σε τέτοια έργα, λόγω των επιπτώσεων της χρηματοοικονομικής μόχλευσης (η σχέση της ποσοστιαίας μεταβολής στα καθαρά κέρδη που τίθενται στη διάθεση των μετόχων προς την ποσοστιαία μεταβολή των κερδών προ τόκων και φόρων). Γενικά, μια μικρή μεταβολή στη σχέση κερδών προ τόκων και φόρων προς το σύνολο των επενδεδυμένων κεφαλαίων προκαλεί μια πολύ μεγάλη μεταβολή στο δείκτη των καθαρών κερδών προς τα ίδια κεφάλαια. Τα περισσότερα ίδια κεφάλαια δείχνουν μεγαλύτερη σιγουριά για αποπληρωμή τυχών υποχρεώσεων, αλλά σε περίπτωση που προκύψει κάποια μεγάλη ζημιά, το βάρος για την κάλυψή τους θα πάνε κατά μεγαλύτερο ποσοστό σε αυτά. Για τους λόγους αυτούς συνήθως τα ίδια κεφάλαια συνδυάζονται με κάποιον τρόπο δανεισμού.

3.1.2 Ξένα Κεφάλαια-Δανεισμός

Τα Ξένα Κεφάλαια ή αλλιώς ο δανεισμός είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους τρόπους χρηματοδότησης ενός έργου ή μιας εταιρείας, μιας και δίνει την δυνατότητα για άντληση κεφαλαίων εύκολα και γρήγορα και φυσικά με το αντίστοιχο κόστος (τόκος). Η χρηματοδότηση μπορεί να είναι είτε με τον παραδοσιακό τρόπο (μεγάλα ποσά από μια ή λίγες πηγές), είτε με την συμμετοχική χρηματοδότηση (πολλά μικρά ποσά από μεγάλο αριθμό ιδιωτών-πηγών). Στην περίπτωση του δανεισμού, οι συνήθεις τρόποι χρηματοδότησης είναι η χρηματοδότηση έργου (Project Finance) και η εταιρική χρηματοδότηση (Corporate Finance).

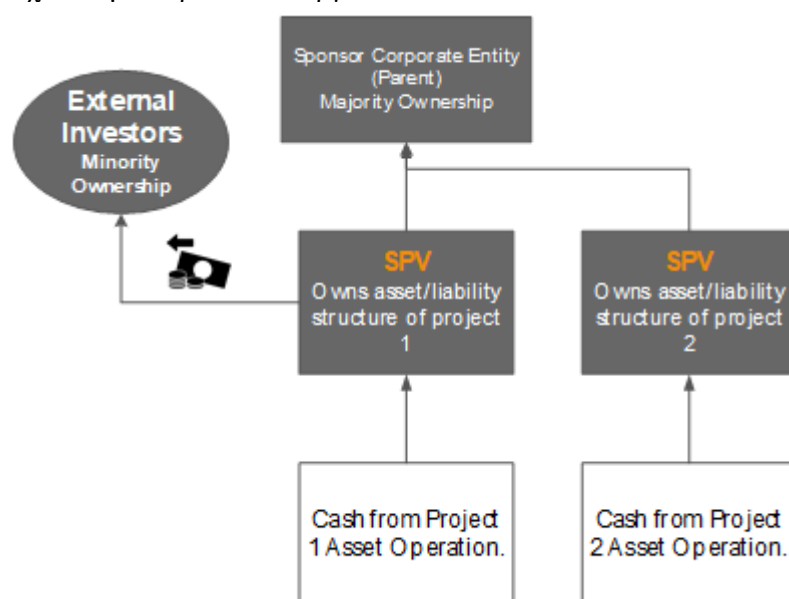
Με την εταιρική χρηματοδότηση, η επιχείρηση (ή το έργο) συγκεντρώνει τα απαραίτητα κεφάλαια από δανεισμό, εγγυώμενη την επιστροφή των δανείων από τα επιπρόσθετα λειτουργικά της κέρδη και με εγγύηση τα περιουσιακά της στοιχεία. Τα κεφάλαια αυτά προέρχονται από έκδοση ομολόγων ή με άλλου είδους χρεογράφων, με αύξηση κεφαλαίου και από τον τραπεζικό δανεισμό. Βασίζεται στο σύνολο των δραστηριοτήτων της επιχείρησης ή του έργου και στα ιστορικά στοιχεία αυτής. Σε αυτόν τον τρόπο χρηματοδότησης, οι επενδυτές έχουν πλήρη εικόνα της εταιρείας ή του έργου και κατά την αξιολόγησή του, δεν λαμβάνουν τόσο υπόψιν την απόδοση των στοιχείων της (εδώ τα Φ/Β πάνελ), όσο την συνολική κερδοφορία του έργου. Με βάση όλα τα παραπάνω, ο τρόπος αυτός δεν προτιμάται ιδιαίτερα, μιας και έχει σχετικά υψηλό κόστος και δεσμεύει τον ιδιώτη ή την εταιρεία που κατέχει το έργο για μεγάλα χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 18: Corporate Finance

Πηγή: Christos N. Stefanatos, September 2018, *Redefining RES Project Capital Structure: Introduction of Parity, a Crowdfunding Platform*

Η χρηματοδότηση έργου (Project Finance) επικεντρώνεται σε ποικιλία πηγών ιδιωτικών ή δημόσιων κεφαλαίων, σε αντίθεση με την απευθείας κρατική χρηματοδότηση ή την αποκλειστική εταιρική χρηματοδότηση και ιδιοκτησία. Εδώ το έργο, τα περιουσιακά του στοιχεία και οι συμφωνίες που το καθορίζουν είναι μια διακριτή οντότητα από εκείνη των κατασκευαστών και βασίζεται στην πρόβλεψη για τις χρηματοροές που θα δημιουργήσει. Δημιουργείται ουσιαστικά μια ξεχωριστή εταιρία, Εταιρία Ειδικού Σκοπού (Special Purpose Vehicle - SPV) η οποία αναλαμβάνει τη κατασκευή, την λειτουργία, τη συλλογή των εσόδων του έργου και κατέχει το ελάχιστο απαιτούμενο κεφάλαιο για να μπορέσει να δανειστεί ($\leq 30\%$ των απαιτούμενων κεφαλαίων). Αυτό επιτρέπει στους δανειστές να κάνουν εκτίμηση της πιστοληπτικής ικανότητας του έργου ξεχωριστά από τους υπόλοιπους δανειστές και ο κάθε ένας είναι υπόχρεος για το μερίδιό του και ουσιαστικά οριοθετείται η ευθύνη του σχετικά με τα ρίσκα του έργου.



Εικόνα 19: Project Finance

Πηγή: Christos N. Stefanatos, September 2018, *Redefining RES Project Capital Structure: Introduction of Parity, a Crowdfunding Platform*

Αξίζει να σημειωθεί ότι το Project Finance είναι μια περίπτωση της Δομημένης Χρηματοδότησης (Structure Finance), που στην γενική του μορφή αφορά κάθε μη τυποποιημένη διαδικασία συγκέντρωσης κεφαλαίων. Δηλαδή, συγκέντρωση κεφαλαίων για ειδικό σκοπό.

3.1.3 Χρηματοδοτική μίσθωση - Leasing

Ένας άλλος τρόπος χρηματοδότησης του έργου είναι η χρησιμοποίηση εξοπλισμού με την δυνατότητα του leasing. Το leasing ή αλλιώς χρηματοδοτική μίσθωση, σημαίνει τη μεταβίβαση του δικαιώματος χρήσης ενός παγίου στοιχείου από τον εκμισθωτή (lessor) σε ένα άλλο πρόσωπο, τον μισθωτή (lessee) έναντι ορισμένης αμοιβής για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο με τη μορφή της μίσθωσης (lease). Είναι ουσιαστικά δανεισμός του απαραίτητου εξοπλισμού ή και του χώρου εγκατάστασης. Δηλαδή σε ένα Φ/Β έργο μπορεί να είναι από το χωράφι που θα γίνει η εγκατάσταση μέχρι και τα πάνελ που θα τοποθετηθούν για να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Υπάρχουν πολλές μορφές leasing αλλά οι πιο σημαντικές είναι η Χρηματοδοτική Μίσθωση (Financial Leasing), η Πώληση και Επαναμίσθωση (Sale and Lease Back), η Χρηματοδοτική Μίσθωση με συνεργασία Προμηθευτών (Vendor Leasing) και η Κοινοπρακτική Μίσθωση (Syndicated Leasing).

Η Χρηματοδοτική Μίσθωση είναι γενικά μια συμφωνία η οποία καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της οικονομικής ζωής των παγίων που αποκτώνται (π.χ. 25 χρόνια). Η συμφωνία αυτή τυπικά δεν μπορεί να ακυρωθεί (ή αν ακυρωθεί επιφέρει ποινή σημαντικού ύψους) και ουσιαστικά ισοδυναμεί με την εξασφάλιση της υπολειμματικής αξίας του περιουσιακού στοιχείου στο πέρας της λήξης από το μισθωτή.

Η Πώληση και Επαναμίσθωση είναι ένα εργαλείο αναχρηματοδότησης των παγίων που έχει στην κυριότητα της η επιχείρηση. Δηλαδή, μπορεί ο ιδιοκτήτης του έργου να πουλήσει σε εταιρεία Leasing κάποια πάγια στοιχεία και στη συνέχεια να τα εκμισθώνει από αυτήν συντηρώντας το προσυμφωνημένο δικαίωμα της τελικής επαναγοράς του. Αυτός ο τρόπος μίσθωσης βοηθάει στην απόκτηση άμεσης ρευστότητας (από την πώληση) και απελευθέρωσης του κεφαλαίου κίνησης. Πρέπει να σημειωθεί επίσης, ότι τα πάγια σε αυτήν την περίπτωση συνεχίζουν να ανήκουν στον εκμισθωτή και είναι ξεκάθαρο ότι η συνολική ανταλλαγή πληρωμών απαρτίζουν ένα δάνειο με ενέχυρο το ακίνητο.

Στην Χρηματοδοτική Μίσθωση με συνεργασία Προμηθευτών, στην ουσία ο προμηθευτής συστήνει στην εταιρεία leasing πελάτες του οι οποίοι επιθυμούν να αγοράσουν κεφαλαιουχικά αγαθά από αυτόν. Ο πελάτης έχει άμεσα μία εναλλακτική χρηματοδότησης της κεφαλαιουχικής επένδυσης που επιθυμεί να πραγματοποιήσει, ενώ ο προμηθευτής ωφελείται από την πραγματοποίηση πωλήσεων τοις μετρητοίς. Στην περίπτωση αυτή, ο προμηθευτής μπορεί να είναι η ΔΕΗ ή και το Δημόσιο που μπορεί να μισθώσει εκτάσεις, εγκαταστάσεις και εξοπλισμό που είναι απαραίτητα για τέτοια έργα.

Τέλος, η Κοινοπρακτική Χρηματοδοτική Μίσθωση αφορά τη σύμπραξη δυο ή περισσότερων εταιριών μισθώσεων προκειμένου να χρηματοδοτηθεί κάποια σύμβαση μεγάλης αξίας. Σε περίπτωση δηλαδή που το έργο είναι πολύ κοστοβόρο κατά την υλοποίησή του, περισσότερες εταιρίες leasing βοηθάνε στην χρηματοδότησή του.

Τα τελευταία χρόνια το Leasing είναι από τους πιο συνήθεις τρόπους χρηματοδότησης και αυτό λόγω των αρκετών πλεονεκτημάτων που προσφέρει. Αρχικά, ο μισθωτής αποκτά και εκμεταλλεύεται πάγια στοιχεία στο 100%. Τα μισθώματα που καταβάλλονται στην εταιρία leasing και που αφορούν σε κτίριο θεωρούνται δαπάνες και μειώνουν το φορολογικό εισόδημα. Δεν απαιτούνται πρόσθετες εξασφαλίσεις όπως προσημειώσεις, υποθήκες κ.λ.π.. Μπορεί να γίνει Χρηματοοικονομικός έλεγχος και προγραμματισμός δεδομένου ότι τα ποσά των μισθωμάτων είναι συνήθως προκαθορισμένα για όλη την περίοδο της σύμβασης και

μπορεί να υπάρξει ευελιξία στην καταβολή τους. Ο ιδιοκτήτης μετά το πέρας της εκμίσθωσης μπορεί να αποκτήσει τα περιουσιακά αυτά στοιχεία χωρίς να χρειάζεται να καταβάλει φόρους μεταβίβασης. Το πιο σημαντικό από όλα βέβαια είναι ότι διασφαλίζεται περισσότερη ρευστότητα μιας και δεν υπάρχουν μεγάλες δαπάνες για την απόκτηση του εξοπλισμού.

Από την άλλη μεριά αυτός ο τρόπος δανεισμού έχει και μειονεκτήματα. Συνήθως το κόστος του leasing είναι υψηλότερο από το επιτόκιο τραπεζικού δανεισμού. Ο μισθωτής είναι υπεύθυνος για την σωστή λειτουργία του μισθίου μέχρι να τελειώσει η περίοδος δανεισμού και δεν μπορεί να το πουλήσει αν πάψει να το χρειάζεται ή αν χρειάζεται ρευστότητα κατά την περίοδο αυτή. Τέλος, οι ΟΤΑ εξαιτίας των φοροαπαλλαγών που απολαμβάνουν χάνουν σημαντικό μέρος του κινήτρου που έχουν προκειμένου να επιλέξουν μια σύμβαση κεφαλαιακής μίσθωσης για τη χρηματοδότηση ενός έργου.

3.1.4 Κράτος – μηχανισμός στήριξης εγγυημένων τιμών (Feed in Tariff) και Feed in Premium

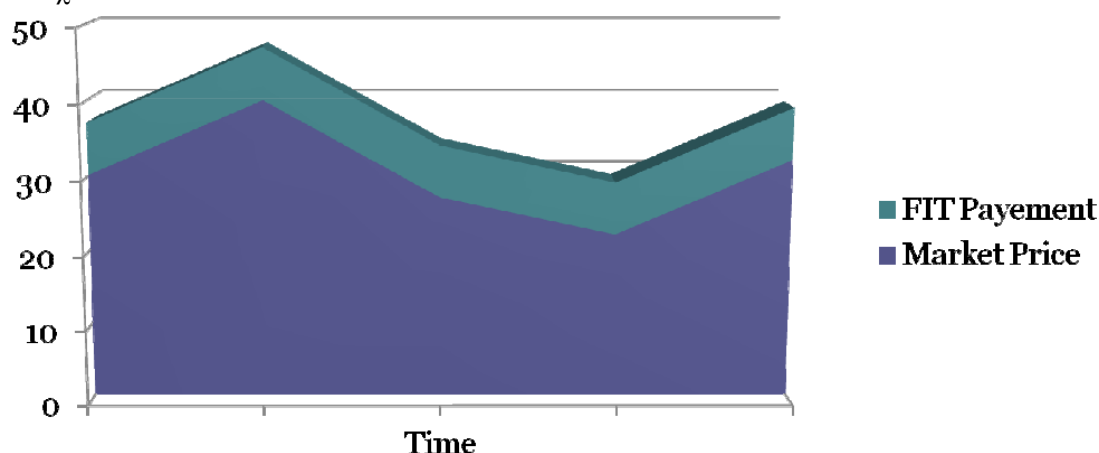
Το κράτος θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας για την βιωσιμότητα και την ανάπτυξη των έργων αποκεντρωμένης ενέργειας, μιας και τα επηρεάζουν άμεσα σύμφωνα με τους νόμους και τις διατάξεις του. Ο μηχανισμός εγγυημένων σταθερών τιμών (feed-in-tariff) συνίσταται σε σταθερή και εγγυημένη αποζημίωση, που παρέχεται ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας, προσφέροντας μακροχρόνια συμβόλαια πώλησης (συνήθως 20-25 έτη) και τη μέγιστη επενδυτική ασφάλεια. Οι εγγυημένες σταθερές τιμές πώλησης μπορούν να διαφοροποιούνται ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, το μέγεθος του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής ή/και την περιοχή και το είδος της εφαρμογής.

Το ύψος των εγγυημένων σταθερών τιμών μπορεί να καθοριστεί με βάση τέσσερα τουλάχιστον κριτήρια, το σταθμισμένο κόστος ενέργειας (levelised cost of energy) της κάθε τεχνολογίας Α.Π.Ε. που θα εξετασθεί σε επόμενο κεφάλαιο, την προστιθέμενη αξία που προσφέρει κάθε τεχνολογία Α.Π.Ε. στην κοινωνία (υπολογίζοντας δηλαδή το αποφευγόμενο κόστος ή ακόμη και το εξωτερικό κόστος των συμβατικών καυσίμων), την πολιτική παροχής, ως κίνητρο, μιας σταθερής τιμής, ανεξάρτητα από το ανοιγμένο κόστος παραγωγής ή το αποφευγόμενο κόστος, και μέσω διαγωνιστικής διαδικασίας, που προσφέρει μια εγγυημένη σταθερή τιμή στον μειοδότη. Το feed in tariff διαφοροποιείται συνήθως ως προς τον τύπο τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, το μέγεθος της εγκατάστασης, το διαθέσιμο δυναμικό ΑΠΕ μιας περιοχής και την προστιθέμενη αξία της εν λόγω εφαρμογής Α.Π.Ε. για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και τα δίκτυα.

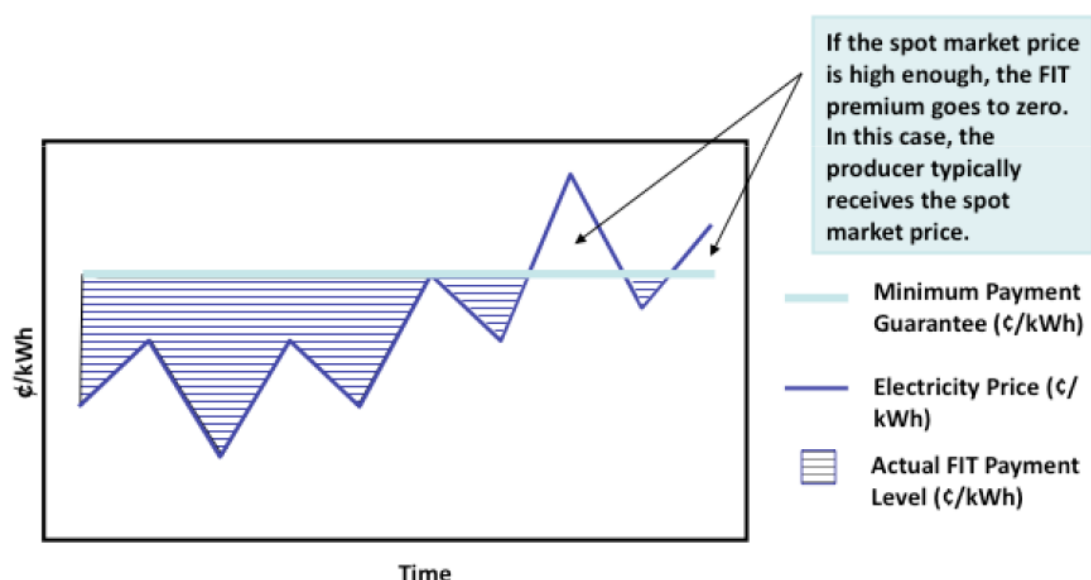
Στην Ελλάδα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, προωθήθηκε μέσω του feed in tariff και συγκεκριμένα τον νόμο 2244/1994. Ο νόμος αυτός, σε συνδυασμό με την οδηγία 96/92/EC της Ευρωπαϊκής Ένωσης, απελευθέρωσε την αγορά ενέργειας. Έδωσε τη δυνατότητα σε ιδιωτικές εταιρίες να επενδύσουν και να επωφεληθούν από τέτοια έργα παραγωγής ενέργειας.

Όμως, με τον νόμο 4414/2016 και τις συνακόλουθες αυτού κανονιστικές πράξεις, οι ΑΠΕ πέρασαν σε μια νέα εποχή σχετικά με το σύστημα στήριξής τους. Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο, καταργήθηκε το σύστημα εγγυημένων τιμών (feed in tariff) και οι δικαιούχοι οφείλουν να πωλούν την ηλεκτρική ενέργεια απευθείας στην αγορά και να υπόκεινται σε υποχρεώσεις της αγοράς, ενώ η ενίσχυση χορηγείται ως προσαύξηση επιπλέον της αγοραίας τιμής (premium) με την οποία οι παραγωγοί πωλούν την ενέργεια απευθείας στην αγορά. Το επίπεδο πληρωμής βασίζεται σε premium πάνω από την τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Το premium μπορεί να είναι σταθερό ή να είναι κυλιόμενο μέσω κλίμακας. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι οι ιδιώτες – εταιρίες, μπορεί είτε να κερδίζουν οι τιμές τις αγοράς αυξάνονται, είτε να εκτίθενται σε κίνδυνο όταν αυτές μειώνονται. Για να αποφευχθεί αυτό, συνήθως υπάρχουν άνω και κάτω όρια.

Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται ουσιαστικά οι επιδράσεις του συνεχούς και κυλιόμενου premium στις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και στο επίπεδο στήριξης των παραγωγών σε συνέχεια.



Εικόνα 20: Σταθερό μοντέλο *feed in premium*



Εικόνα 21: Κυλιόμενο μοντέλο *feed in premium* με εγγυημένη ελάχιστη πληρωμή

Πηγή: Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, Μάιος 2012, *Feed in Tariff Vs Feed in Premium*

Βέβαια το μοντέλο αυτό είναι κατάλληλο όταν οι οικονομίες βρίσκονται σε άνοδο, διότι εάν η οικονομία πλήττεται από κρίση τότε ακόμα και με αυτή τη στήριξη η τιμή της ενέργειας δεν θα φτάσει να καλύψει το κόστος αυτών των έργων μακροπρόθεσμα και σε συνέπεια δεν θα υπάρχει λόγος για επένδυση σε αυτά. Γι' αυτόν τον λόγο η Ελλάδα, την περίοδο της κρίσης δεν χρησιμοποίησε αυτό το μοντέλο, αλλά χρησιμοποίησε αυτό του *feed in tariff* για να συνεχίσει να υπάρχει λόγος για ανάπτυξη τέτοιων έργων και επενδύσεων.

Κεφάλαιο 4

4.1 Παράγοντες Ρίσκου

Τα Φωτοβολταϊκά έργα, καθώς και τα έργα που αφορούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αναφέρθηκε χαρακτηρίζονται από μεγάλους κύκλους ζωής (15-20 χρόνια) και από μεγάλα κεφάλαια χρηματοδότησης. Όπως είναι λογικό, αυτά τα έργα περιλαμβάνουν και αρκετούς κινδύνους και ρίσκα. Σε αυτήν την ενότητα, θα αναφερθούν τα ρίσκα που υπάρχουν σε τέτοια έργα, με τα πιο σημαντικά να αφορούν το λειτουργικό ρίσκο και το επενδυτικό ρίσκο.

4.1.1 Λειτουργικό ρίσκο

Αυτό το ρίσκο αναφέρεται στην πιθανότητα ότι η παραγόμενη ενέργεια θα είναι λιγότερη από την προβλεπόμενη. Συνήθως αυτό οφείλεται σε απροσδόκητες τεχνικές βλάβες και σε ανεπαρκή συντήρηση των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού. Η λιγότερη παραγωγή θα μπορούσε να οφείλεται και στις καιρικές συνθήκες ή στην διακοπή λειτουργίας της εγκατάστασης. Κίνδυνοι που δεν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό, μιας και οι καιρικές συνθήκες είναι περίπου ίδιες και γνωστές κάθε χρόνο και οι διακοπές λειτουργίας συνήθως κρατάνε για μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης, ατυχήματα του προσωπικού κατά την διάρκεια της εργασίας και της συντήρησης ανήκουν σε αυτή τη κατηγορία.

Μια υποκατηγορία που θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν λειτουργικό ρίσκο, είναι το ρίσκο κατά την ολοκλήρωση του έργου. Σε αυτή τη περίπτωση το έργο εγκαταλείπεται κατά το τέλος ή κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσής του και αφορά νομικά ή τεχνικά εμπόδια που εμφανίζονται. Είναι ένας αρκετά σημαντικός κίνδυνος, αφού τα έργα που αφορούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συνήθως απαιτούν χρονοβόρες διαδικασίες για την αδειοδότησή τους. Αυτό επίσης επηρεάζει και τον τρόπο χρηματοδότησης, μιας και οι επενδυτές προσπαθούν να διασφαλίσουν ότι έχουν ληφθεί όλες οι άδειες, δεν υπάρχουν σοβαρά θέματα για αντιμετώπιση καθώς και να είναι ξεκάθαρες όλες οι υποχρεώσεις και οι απαιτήσεις τους, προκειμένου να διαθέσουν τα κεφάλαιά τους. Ένα σημαντικό ζήτημα, είναι αυτό της δημόσιας αποδοχής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καθυστέρηση ολοκλήρωσης του έργου ή και στην μη πραγματοποίησή του, καθώς ομάδες ατόμων ή κοινότητες έρχονται αντιμέτωπες με την κατασκευή έργων, ορίζοντας τα σαν απειλή για το περιβάλλον και ότι θα επηρεάσουν τη χλωρίδα και την πανίδα γενικότερα.

4.1.2 Επενδυτικό ρίσκο

Το επενδυτικό ρίσκο, είναι από τα πιο σημαντικά μιας και αναφέρεται στην κερδοφορία του έργου και κυρίως στα έσοδα από τις πωλήσεις της παραγόμενης ενέργειας, τα οποία εξετάζονται αν είναι χαμηλότερα από τα προβλεπόμενα. Αν αυτό ισχύει, τότε η εταιρία ή ο ιδιώτης ενδέχεται να μην είναι σε θέση να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του για αποπληρωμή του χρέους και να είναι δυσκολότερη η εύρεση πιθανού χρηματοδότη. Πιθανοί λόγοι για τον παραπάνω κίνδυνο είναι να έχει γίνει λάθος οικονομική μελέτη ή μη σωστή αξιοποίηση πόρων και να υπάρξουν αλλαγές στις κρατικές ρυθμίσεις που επηρεάζουν την αγορά και την τιμή της ενέργειας.

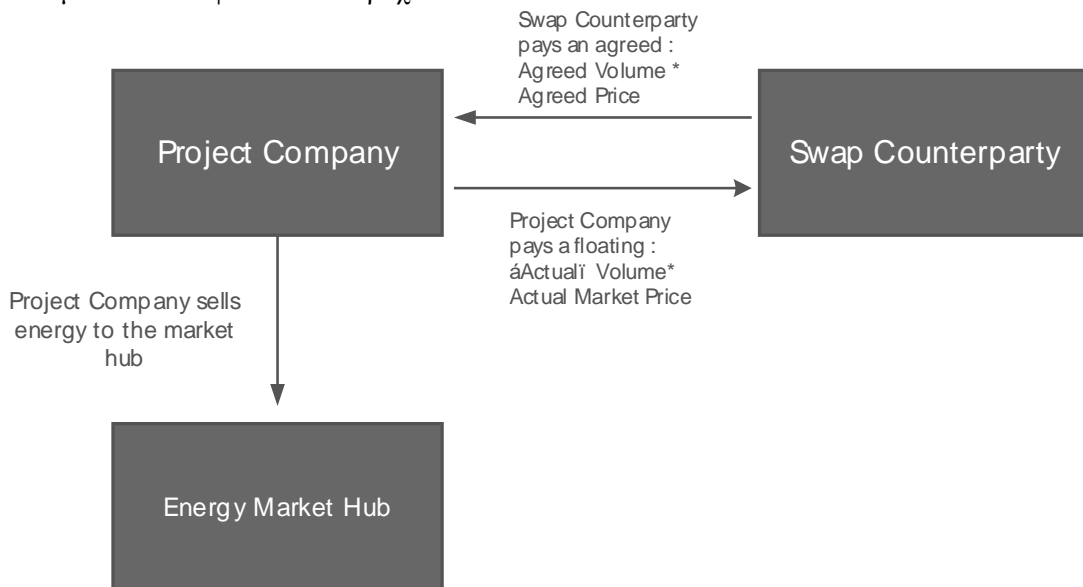
4.2 Τρόποι αντιμετώπισης ρίσκου

Οι παραπάνω μορφές ρίσκου, αποτελούν τις συχνότερες μορφές που παρουσιάζονται σε ένα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Υπάρχουν τρόποι να αντιμετωπιστούν και κυρίως να ελαχιστοποιηθούν στον μεγαλύτερο βαθμό. Κάθε έργο αποτελείται από διαφορετικές

ιδιαιτερότητες κάθε φορά, πράγμα που καθιστά αναγκαίο και διαφορετικό τρόπο αντιμετώπισης.

Όσον αφορά το επενδυτικό ρίσκο, ο πιο συνηθισμένος τρόπος αντιμετώπισής του είναι η δυνατότητα του ιδιώτη ή της εταιρίας που κατέχει το έργο ΑΠΕ να πουλάει την παραγόμενη ενέργεια στον πάροχο (π.χ ΔΕΗ) με σταθερή τιμή για εύρος χρόνου. Αυτό βοηθάει τον ιδιώτη ή την εταιρία να έχει ένα σταθερό έσοδο, ανάλογα τη παραγόμενη ποσότητα που παρέχει για αυτό το κομμάτι, χωρίς να επηρεάζεται από τις αλλαγές στην τιμή της αγοράς. Έτσι επιτυγχάνεται μια συναλλαγή που επιφέρει σταθερό έσοδο σε προσυμφωνημένη τιμή και ποσότητα παραγωγής.

Ένας ακόμη τρόπος αντιμετώπισης του επενδυτικού κινδύνου είναι η συνεργασία με κάποια ασφαλιστική εταιρεία ή πάροχο. Σε αυτή τη περίπτωση, ο ενδιαφερόμενος πουλάει τη τρέχουσα τιμή αγοράς επί την παραγόμενη ποσότητα και η ασφαλιστική εταιρία αγοράζει σε συμφωνημένη τιμή επί συμφωνημένη ποσότητα. Ουσιαστικά, η ασφαλιστική εταιρεία πληρώνει ένα συμφωνημένο ποσό βασισμένο σε αναμενόμενη τιμή και αναμενόμενη ποσότητα και παίρνει πίσω την πραγματική παραγωγή επί την τρέχουσα τιμή αγοράς. Έτσι ο ιδιώτης ή η εταιρεία που κατέχει το έργο, μεταφέρει τον όγκο παραγωγής και τον κίνδυνο των τιμών στον ασφαλιστικό πάροχο.



Εικόνα 22: Περίπτωση συνεργασίας με ασφαλιστικό φορέα.

Πηγή: Christos N. Stefanatos, September 2018, *Redefining RES Project Capital Structure: Introduction of Parity, a Crowdfunding Platform*

Σε αυτή τη περίπτωση, εάν η πραγματική παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη, τότε η ασφαλιστική βγαίνει κερδισμένη. Αντίθετα, εάν η παραγωγή ήταν χαμηλότερη, τότε ο ενδιαφερόμενος θα καρπωνόταν το κέρδος της διαφοράς. Εάν δεν έχει αποφασιστεί τέτοια συμφωνία, τότε ο ιδιώτης θα έπρεπε να βασίζει την κερδοφορία ή την ζημιά του στην πραγματική ποσότητα παραγωγής κάθε περιόδου.

Όσον αφορά τα λειτουργικά ρίσκα, αυτά υπόκεινται σε κατηγορίες που η εξάλειψή τους είναι πιθανή ή και απίθανη. Τα προβλήματα εξοπλισμού, τεχνολογίας και συντήρησης, μπορούν να μετριαστούν με συνεργάτες (ασφαλιστικές εταιρείες) που λαμβάνουν μέρος τέτοιου ρίσκου. Αντίθετα, ακραία καιρικά φαινόμενα ή ανωτέρα βία πρέπει είτε να αποδεχτούν από την εταιρεία είτε να μεταφερθούν. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι ασφαλιστικές που λαμβάνουν να αντιμετωπίσουν αυτούς τους κινδύνους, κοστολογούν την υπηρεσία τους με μεγάλα ποσά,

πράγμα που καθιστά την επιλογή αυτή μη αποδεκτή από τους ιδιώτες ή τις εταιρίες παραγωγής ενέργειας από Φ/Β έργα. Τέλος, ζητήματα δημόσιας αποδοχής λόγω αντιδράσεων τοπικών ή μη κοινοτήτων, μπορούν να αντιμετωπισθούν παρέχοντας οικονομικά κίνητρα σε πληττόμενες κοινότητες αλλά και με επαρκής νομοθεσία που καλύπτει τα ζητήματα που μπορεί να προκύψουν.

Κεφάλαιο 5

5.1 Τρόποι αποτίμησης απόδοσης

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, έργα που αντιστοιχούν στην παραγωγή ενέργειας έχουν μεγάλο κύκλο ζωής και μακροχρόνιο ορίζοντα κέρδους που σημαίνει ότι αναφερόμαστε σε μακροπρόθεσμες επενδύσεις. Αυτό οφείλεται κυρίως στον ακριβό εξοπλισμό (πάγια περιουσιακά στοιχεία) που απαιτείται, που όπως είναι λογικό αποδίδουν μέσα από τη μακρόχρονη λειτουργία τους και ανακυκλώνονται μέσω των ετήσιων αποσβέσεων.

Κατά την αξιολόγηση τέτοιων επενδύσεων δημιουργούνται πολλά ερωτήματα που επηρεάζουν τους ενδιαφερόμενους σχετικά με τις αποφάσεις τους. Οι πιο σημαντικές ερωτήσεις αφορούν κατά πόσο η επένδυση είναι συμφέρουσα, ποιος είναι ο πραγματικός χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, ποιοι είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν οικονομικά το αναμενόμενο αποτέλεσμα και πως μπορεί να συγκριθεί η επένδυση αυτή με αντίστοιχες εναλλακτικές ή με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Με βάση τα παραπάνω, σε αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι κύριες μεθοδολογίες που δίνουν πληροφορίες σχετικά με την απόδοση μιας τέτοιας επένδυσης καθώς και το ποια είναι τα όρια για να γίνει αποδεκτή μια επένδυση ή όχι. Για την αξιοποίησή αυτών των μεθόδων, είναι σημαντικό να υπολογιστούν οι καθαρές ταμειακές ροές (KTP) που θα έχει η επένδυση μέσα σε μια περίοδο (συνήθως χρόνος). Αυτή ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της ταμειακής εισροής (εισπράξεις) και της ταμειακής εκροής (πληρωμές) που απορρέει από μια επενδυτική πρόταση. Είναι σαφές ότι στην έναρξη μιας επένδυσης (χρονική στιγμή μηδέν – t_0) υπάρχουν οι αρχικές εκροές (αγορά αγαθών, κόστος μεταφοράς αγαθών, έξοδα εγκατάστασης, κόστος εκπαίδευσης, κλπ) και αρχικές εισροές (έσοδα από πώληση παλιού εξοπλισμού, κλπ) που αφορούν το αρχικό κόστος εκπαίδευσης και πρέπει να προσμετράται κατά την χρησιμοποίηση των μεθόδων. Με το πέρασ κάθε περιόδου, υπάρχουν και οι αντίστοιχες ταμειακές ροές που ακολουθούν την ίδια λογική, δηλαδή την διαφορά των εισροών (έσοδα από πώληση ενέργειας, εξοικονόμηση εργατικών κλπ) μείον τις εκροές (λειτουργικά έξοδα, φόροι, κλπ).

5.1.1 Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ, Net Present Value – NPV)

Μια από τις βασικότερες και πιο αποτελεσματικές μεθόδους αξιολόγησης, είναι αυτή της καθαρής παρούσας αξίας και αυτό γιατί θεμελιώνεται πάνω στην διαχρονική αξία του χρήματος, δηλαδή λαμβάνει υπόψη το διαφορετικό χρόνο πραγματοποίησης των χρηματικών εκροών-εισροών της επένδυσης και γενικά ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Σχεδόν όλα τα επενδυτικά σχέδια διαθέτουν πόρους ή έξοδα ή ταμιακές εκροές στην αρχή, δηλαδή στη φάση κατασκευής, για να αποκομίσουν εισπράξεις ή έσοδα ή ταμιακές εισροές αργότερα, δηλαδή κατά τη φάση της παραγωγικής λειτουργίας τους.

Οι διαφορετικές χρονικές ροές μετρητών δεν είναι ομοιογενείς ή ισοδύναμες και γι' αυτό δεν μπορεί να αθροιστούν. Για να τις αθροίσουμε και να τις συγκρίνουμε, θα πρέπει να τις μετατρέψουμε σε αξίες ενιαίας χρονικής βάσης σ' ένα ορισμένο έτος. Η τεχνική με την οποία γίνεται η μετατροπή μελλοντικών αξιών ή ποσών σε σημερινές ή παρούσες αξίες με βάση κάποιο επιτόκιο, καλείται προεξόφληση (discounting). Αντίθετα η τεχνική, με την οποία οι σημερινές αξίες μετατρέπονται ή ανάγονται σε ισοδύναμες μελλοντικές με βάση ένα ορισμένο επιτόκιο, καλείται ανατοκισμός (compounding).

Το $(1+i)^t$ καλείται συντελεστής κεφαλαιοποίησης ή ανατοκισμού και δείχνει, για αντίστοιχα επιτόκια (i) και χρονικές περιόδους (t), τη μελλοντική αξία (S_t) μιας αρχικής επένδυσης ή κατάθεσης A χρημάτων που ανατοκίζονται. Οι μελλοντικές αξίες, αν μετατραπούν σε παρούσες ή μεταφερθούν στο παρόν μειώνονται. Ο συντελεστής μετατροπής ή αναγωγής ή προεξόφλησης (rate of discount) εξαρτάται και πάλι από το επιτόκιο (i) και το χρόνο (t) αναγωγής ή προεξόφλησης και είναι το αντίστροφο του ανατοκισμού $(1+i)^t$, δηλαδή: $1/(1+i)^t$ ή $(1+i)^{-t}$.

Επομένως, η αξία που προκύπτει, αν προεξοφλήσουμε στο παρόν (= παρούσα αξία), για κάθε έτος χωριστά, τη διαφορά μεταξύ όλων των μελλοντικών χρηματικών (ταμιακών) (α) εισροών ή εσόδων και (β) εκροών ή εξόδων για ολόκληρο το χρόνο ζωής του σχεδίου επένδυσης, με βάση ένα συντελεστή προεξόφλησης. Η έννοια της παρούσας αξίας έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί αντιπροσωπεύει και εκφράζει όλες τις ροές του σχεδίου επένδυσης στην τωρινή αξία τους, δηλαδή σ' αυτή που ισχύει τη στιγμή που ο επενδυτής παίρνει την απόφαση. Η ΚΠΑ υπολογίζεται ως εξής:

$$ΚΠΑ = \sum_{t=1}^n \frac{KTPt}{(1+r)^t} + \frac{SVn}{(1+i)^n} - k_0$$

οπού :

i ή r = το επιτόκιο προεξόφλησης

t = ο χρόνος ή η περίοδος προεξόφλησης

n = η περίοδος της ζωής της επένδυσης (αριθμός ετών)

k_0 = η αρχική επένδυση

KTP = η Ταμειακή Ροή (Ταμ. Εισροές – Ταμ. Εκροές) κατά τη διάρκεια λειτουργίας της επιχείρησης.

SVn = η απομένουσα αξία της επένδυσης

Με βάση τον υπολογισμό της ΚΠΑ, βγαίνουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Αν ΚΠΑ είναι θετική (+), η αποδοτικότητα είναι πάνω από το επιτόκιο προεξόφλησης και το σχέδιο επένδυσης γίνεται αποδεκτό.
- Αν η ΚΠΑ είναι αρνητική (-), η αποδοτικότητα είναι κάτω από το επιτόκιο προεξόφλησης και το επενδυτικό σχέδιο απορρίπτεται.
- Αν η ΚΠΑ είναι αρνητική (-), η αποδοτικότητα είναι κάτω από το επιτόκιο προεξόφλησης και το επενδυτικό σχέδιο απορρίπτεται.

Να σημειωθεί επίσης, ότι εάν υπάρχουν παραπάνω από μια διαθέσιμες επενδύσεις, συγκρίνοντας τις ΚΠΑ κάθε μιας, τότε επιλέγεται αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή συγκριτικά με τις υπόλοιπες.

Ένας εναλλακτικός τρόπος χρησιμοποίησης, είναι να προσαρμοστεί το μοντέλο στην ανάλυση κόστους – οφέλους. Η ανάλυση αυτή, είναι εύκολα κατανοητή και δείχνει κατά

πόσο τα οφέλη της επένδυσης είναι μεγαλύτερα από τα κόστη αυτής. Υπολογίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$\sum_{t=1}^n \beta t \left(\frac{1}{1+r} \right)^t > \sum_{t=1}^n ct \left(\frac{1}{1+r} \right)^t$$

οπού :

βt = Ετήσια εξοικονόμηση

ct = Ετήσιο κόστος επένδυσης

$t = 0 \rightarrow n$ (διάρκεια ζωής της επένδυσης)

r = επιτόκιο αναγωγής

5.1.2 Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA, Internal Rate of Return–IRR)

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο r , που εξισώνει την παρούσα αξία των ταμειακών εισροών με την παρούσα αξία των ταμειακών εκροών που αναμένεται να προκύψει, ως συνέπεια του επενδυτικού έργου που αξιολογείται. Πιο απλά ο EBA είναι εκείνο το επιτόκιο το οποίο έχει την ιδιότητα να εξισώνει την παρούσα αξία των χρηματοροών της επένδυσης με την αρχική δαπάνη. Ο EBA υπολογίζεται ως εξής, λύνοντας ως προς r :

$$\sum_{t=1}^n \frac{KTP}{(1+r)^t} = k_0$$

Η αποδοχή ή η απόρριψη μιας επενδυτικής πρότασης με τη μέθοδο EBA βασίζεται στη σύγκριση της τιμής r που προκύπτει από την εξίσωση της παρούσας αξίας των ταμειακών εισροών με εκείνη των ταμειακών εκροών, με κάποιο προκαθορισμένο επιτόκιο έστω k , το οποίο η επιχείρηση θεωρεί ως ελάχιστο αποδεκτό.

- Όταν $EBA > k$ η επένδυση γίνεται αποδεκτή
- Όταν $EBA = k$ η επένδυση είναι οριακή
- Όταν $EBA < k$ η επένδυση δεν γίνεται αποδεκτή

5.1.3 Σταθμισμένος Συντελεστής Ενέργειας (Levelized Cost of Energy- LCOE)

Ο LCOE, βοηθάει στη σύγκριση εναλλακτικών επενδύσεων (πολλές φορές διαφορετικής κλίμακας, διαφορετικού χρονικού ορίζοντα κλπ) και υπολογίζει το σταθμισμένο κόστος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (πχ MWh) κατά την διάρκεια ζωής μιας μονάδας παραγωγής, ενσωματώνοντας τα επί μέρη κόστη (κόστος επένδυσης, λειτουργίας, καυσίμου, ασφάλισης, παροπλισμού κλπ) εκφρασμένα σε τιμές παρούσας αξίας. Είναι δηλαδή η τιμή που θα πρέπει να πληρώσει ο καταναλωτής ώστε να αποπληρώσει τον επενδυτή για το

κόστος ενέργειας, όταν η απόδοση φυσικής επένδυσης ισούται με το προεξοφλητικό επιτόκιο. Είναι η ελάχιστη τιμή στην οποία θα πρέπει να πουληθεί η ενέργεια ώστε ένα ενεργειακό έργο να υπερβεί το «νεκρό σημείο».

Ο LCOE υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού κόστους total lifetime expenses προς την συνολική παραγωγή, εκφρασμένα σε όρους παρούσας αξίας:

$$LCOE = \frac{\text{total lifetime expenses}}{\text{total expected output}} = \frac{\sum_t^n \frac{It + Mt + Ft}{(1+r)^t}}{\sum_t^n \frac{Et}{(1+r)^t}}$$

οπού :

It = κόστος επένδυσης κατά το έτος t ($t=0 \rightarrow n$)

Mt = κόστος λειτουργίας και συντήρησης κατά το έτος t

Ft = κόστος καυσίμου κατά το έτος t

Et = παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος t

r = επιτόκιο αναγωγής

Για τον συντελεστή σταθμισμένης ενέργειας, λαμβάνονται υπόψη τα κόστη που αφορούν άμεσα το έργο και τη παραγωγή. Αυτά είναι το κόστος κεφαλαίου, το κόστος παροπλισμού, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, το κόστος ασφάλισης, το χρονοδιάγραμμα κατασκευής κλπ. Αντίθετα δεν λαμβάνονται υπόψη εξωτερικότητες, παράγοντες συστήματος και επιπτώσεις στην αγορά. Σε αυτές τις κατηγορίες, υπάγονται οι ασφαλιστικές ευθύνες που λαμβάνονται από το κράτος (πχ περίπτωση ατυχημάτων), εξωτερική ωφέλεια (πχ ανάπτυξη γνώσης για τις μελλοντικές γενιές), κόστος συλλογής πληροφορίας κ.α.

Ο συντελεστής προσφέρει μια αρχική εκτίμηση για την βιωσιμότητα ενός ενεργειακού έργου και είναι ιδιαίτερα χρήσιμος σε μονοπωλιακά περιβάλλοντα.

Κεφάλαιο 6

6.1 Φωτοβολταϊκός Σταθμός Ισχύος 1,94MWp

Το έργο που θα μελετηθεί είναι ισχύς 1,94 Mwρ βάσει της άδειας από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) και η θέση εγκατάστασης είναι στην περιοχή του Ασπρόπυργου Αττικής. Το διαθέσιμο για την εγκατάσταση γήπεδο είναι 28.875,47 τ.μ. Στο παράδειγμα αυτό θα μελετήσουμε όλα τα στάδια που ακολουθήθηκαν μετά την ολοκλήρωση της αδειοδοτικής διαδικασίας μέχρι την ολοκλήρωση του έργου και την σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ. Επίσης θα εξεταστεί χρηματοοικονομική ανάλυση του πάρκου, δηλαδή τα αρχικά κόστη που απαιτούνται για την κατασκευή του (εξοπλισμός, έξοδα εγκατάστασης, εργατικά), τα εκτιμώμενα ετήσια έξοδα για την συντήρησή του και τέλος τα ετήσια έσοδα της επένδυσης σε βάθος χρόνου 20 ετών.

Τα στάδια που θα παρουσιαστούν για το έργο αυτό, μπορούν να συνοψιστούν όπως παρακάτω:

1. Τεχνική Ανάλυση - Μελέτη εφαρμογής
 - a. Επιλογή Υλικών
 - b. Χωροταξική διάταξη των φωτοβολταϊκών βάσεων - πλαισίων
 - c. Δομή του Δικτύου DC
 - d. Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας, Γείωσης
 - e. Εργασίες Διαμόρφωσης χώρου
 - f. Έλεγχοι – Δοκιμές
2. Ενεργειακή Μελέτη
3. Οικονομική Ανάλυση

6.2 Τεχνική Ανάλυση - Μελέτη εφαρμογής

6.2.1 Επιλογή Υλικών

Η επιλογή της τεχνολογίας των υλικών έγινε από τον ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού σταθμού και περιλαμβάνει Φ/Β πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου ισχύος 285 Wp. Έτσι για το συγκεκριμένο έργο απαιτούνται $1.939.140 \text{ Wp} : 285 = 6.804$ τεμάχια Φ/Β πλαισίων, διαστάσεων 1956 x 992 x 50 mm. και θα είναι επενδυμένα με γυαλί ασφαλείας υψηλής διαφάνειας. Τα Φ/Β Πλαίσια είναι σε θέση να λειτουργούν κάτω από ακραίες συνθήκες θερμοκρασίας (-40°C έως +85°C) και υγρασίας (από 0% έως και 95%) και ως εκ τούτου είναι σχεδιασμένα ώστε να εξασφαλίζεται η κατά το δυνατόν υψηλότερη αξιοπιστία κατά τη λειτουργία τους και να υπάρχει ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης.

Για το έργο επιλέχθηκαν μεταλλικές βάσεις στήριξης πάνω στις οποίες θα τοποθετηθούν τα πλαίσια. Αυτά θα συνδέονται μεταξύ τους σε Σειρές (Strings) και οι σειρές μεταξύ τους παράλληλα σχηματίζοντας Συστοιχίες (Arrays). Κάθε σειρά περιλαμβάνει 18 Φ/Β πλαίσια και το σύνολο των σειρών που πρέπει να τοποθετηθούν για να καλύψουν τον χώρο είναι 378. Οι Φ/Β Συστοιχίες είναι διασυνδεδεμένες σε τοπικό δίκτυο διανομής συνεχούς ρεύματος που καταλήγει σε Σταθμούς Αντιστροφών ισχύος DC/AC (Inverters). Για το έργο αυτό θα χρησιμοποιηθούν τρεις Inverters και κατά συνέπεια τρεις υποσταθμοί. Η διάταξη των Φ/Β Συστοιχιών είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη τάση διασύνδεσης με το τοπικό δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) μέσω κατάλληλων μετασχηματιστών.

Παρακάτω φαίνεται η χωροθέτηση των Φ/Β, καθώς και τα αντίστοιχα Station που δημιουργούνται:



Η σύνδεση των Φ/Β συστημάτων με το δίκτυο έγινε μέσω 3 αντιστροφικών δικτύου, μετατρέποντας την παραγόμενη DC τάση των φωτοβολταϊκών σε εναλλασσόμενη τάση για να γίνει ο παραλληλισμός με το δίκτυο της ΔΕΗ. Στο τμήμα της συνεχούς τάσης (DC), υπάρχει ειδική προστασία για τυχόν υπερτάσεις με ενσωματωμένους θερμικά ελεγχόμενους varistors³. Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η αυτόματη απόζευξη του σταθμού από το ηλεκτρικό σύστημα σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της ΔΕΗ προς αποφυγή του φαινομένου της νησιδοποίησης όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν τον ορίων του συστήματος.

Σημαντικό επίσης είναι και το σύστημα εποπτείας, ελέγχου και συλλογής μετρήσεων. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τοπικό σύστημα εποπτείας και ελέγχου που βρίσκεται εγκατεστημένο σε οικίσκο εντός του Φ/Β Σταθμού. Οι βασικές λειτουργίες του συστήματος είναι οι παρακάτω:

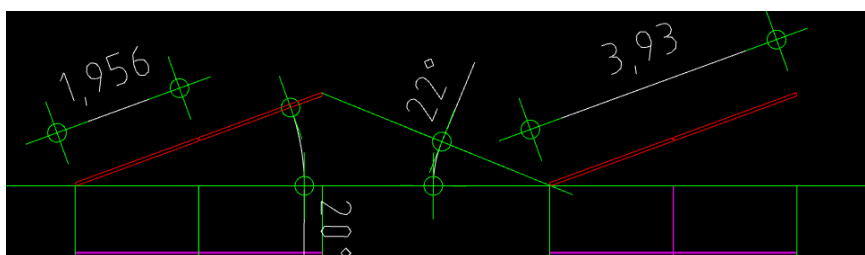
- Καταγραφή και αποθήκευση των λειτουργικών δεδομένων των Φ/Β Σταθμών.
- Καταγραφή και αποθήκευση των τοπικών Μετεωρολογικών Συνθηκών.
- Απεικόνιση και έλεγχος του τρόπου λειτουργίας των Φ/Β Σταθμών και των τοπικών Μετεωρολογικών Συνθηκών στο απομακρυσμένο σύστημα εποπτείας και ελέγχου.
- Επεξεργασία και απεικόνιση των συλλεγμένων πληροφοριών από τους Φ/Β Σταθμούς και τον Σταθμό μέτρησης των Μετεωρολογικών Συνθηκών.

³ θερματική συσκευή ημιαγωγών που προστατεύει τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές από υπερτάσεις υπέρτασης

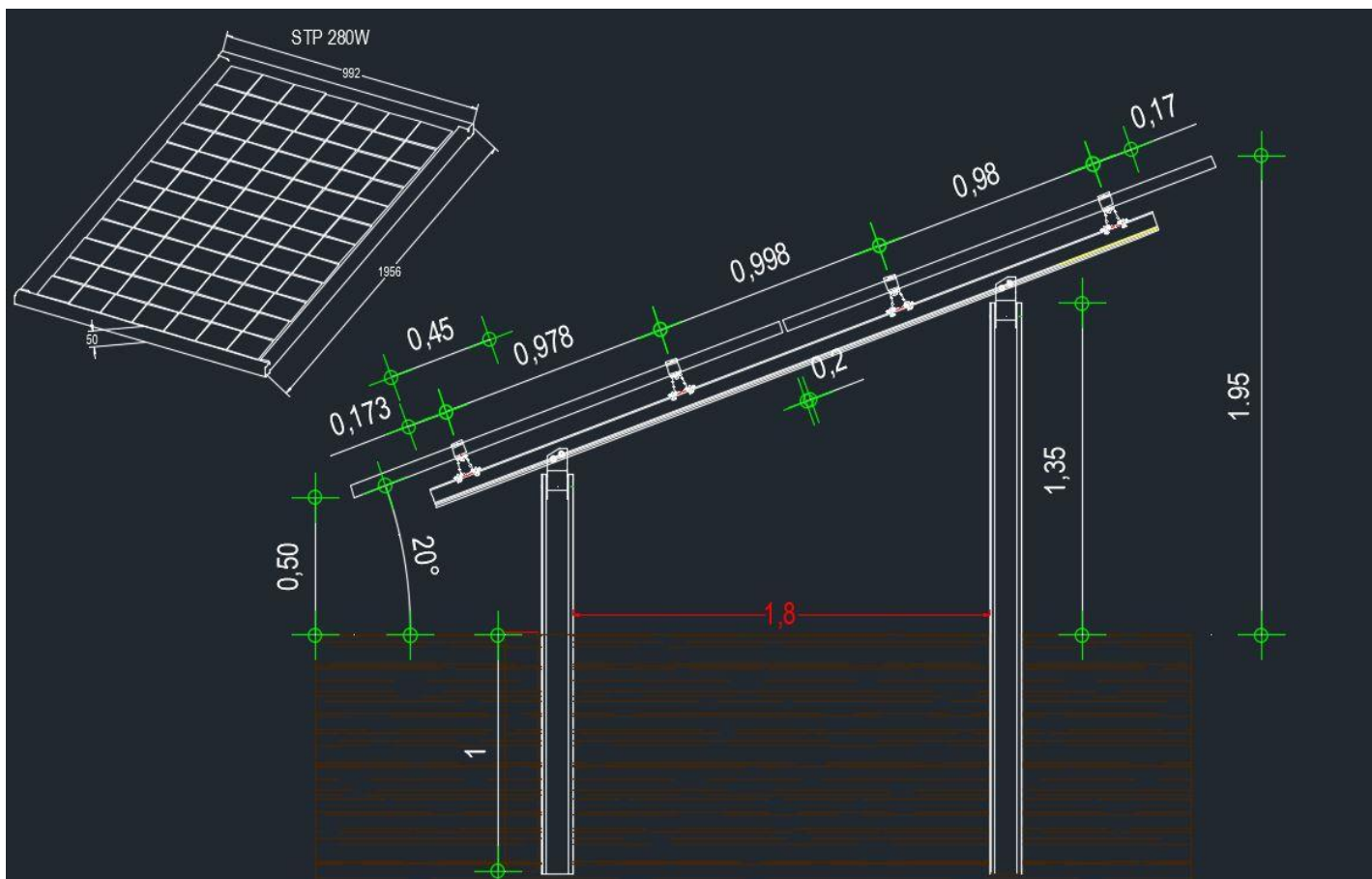
Τέλος, Ο φωτοβολταϊκός σταθμός φέρει σύστημα συναγερμού και σύστημα παρακολούθησης με κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης για την διατήρηση της ασφάλειας του έργου.

6.2.2 Χωροταξική διάταξη των φωτοβολταϊκών βάσεων – πλαισίων

Ένας βασικός παράγοντας που επηρεάζει την παραγωγή ενέργειας από τον Φ/Β σταθμό είναι τα φαινόμενα σκίασης. Έτσι λοιπόν θα πρέπει να τοποθετηθούν οι βάσεις σε τέτοια απόσταση η μια από την άλλη, ώστε να αποφεύγονται τα μεταξύ τους φαινόμενα σκίασης. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι θεωρητικά κατά τη δύση του ηλίου η σκιά ενός αντικείμενου εκτείνεται, εάν ο ήλιος δύει οριζόντια στη θάλασσα, στο άπειρο. Για το λόγο αυτό η βέλτιστη τεχνοοικονομικά απόσταση μεταξύ των δύο βάσεων δίνεται στο παρακάτω σχήμα:



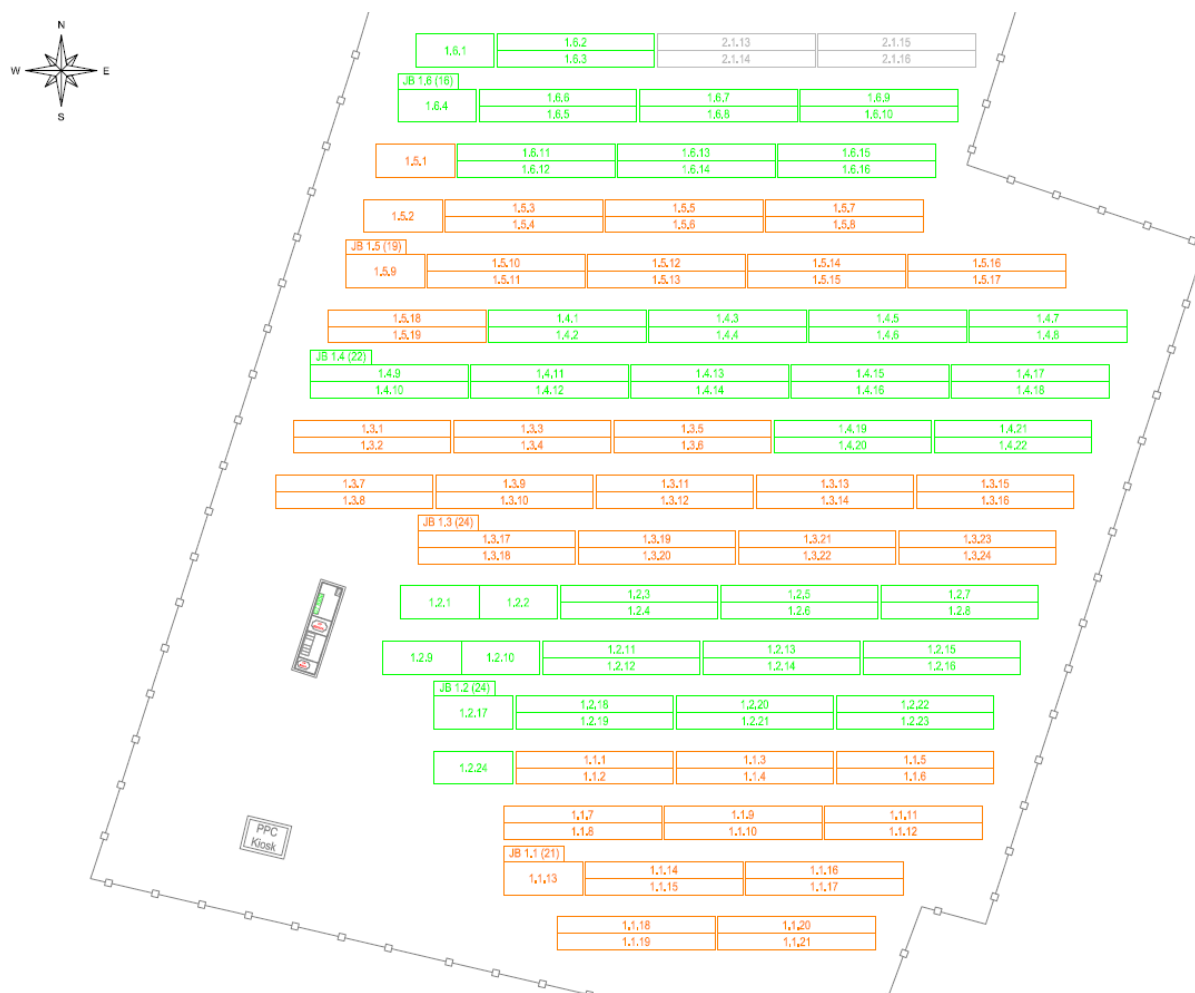
Εικόνα 23: Διάταξη μεταξύ βάσεων



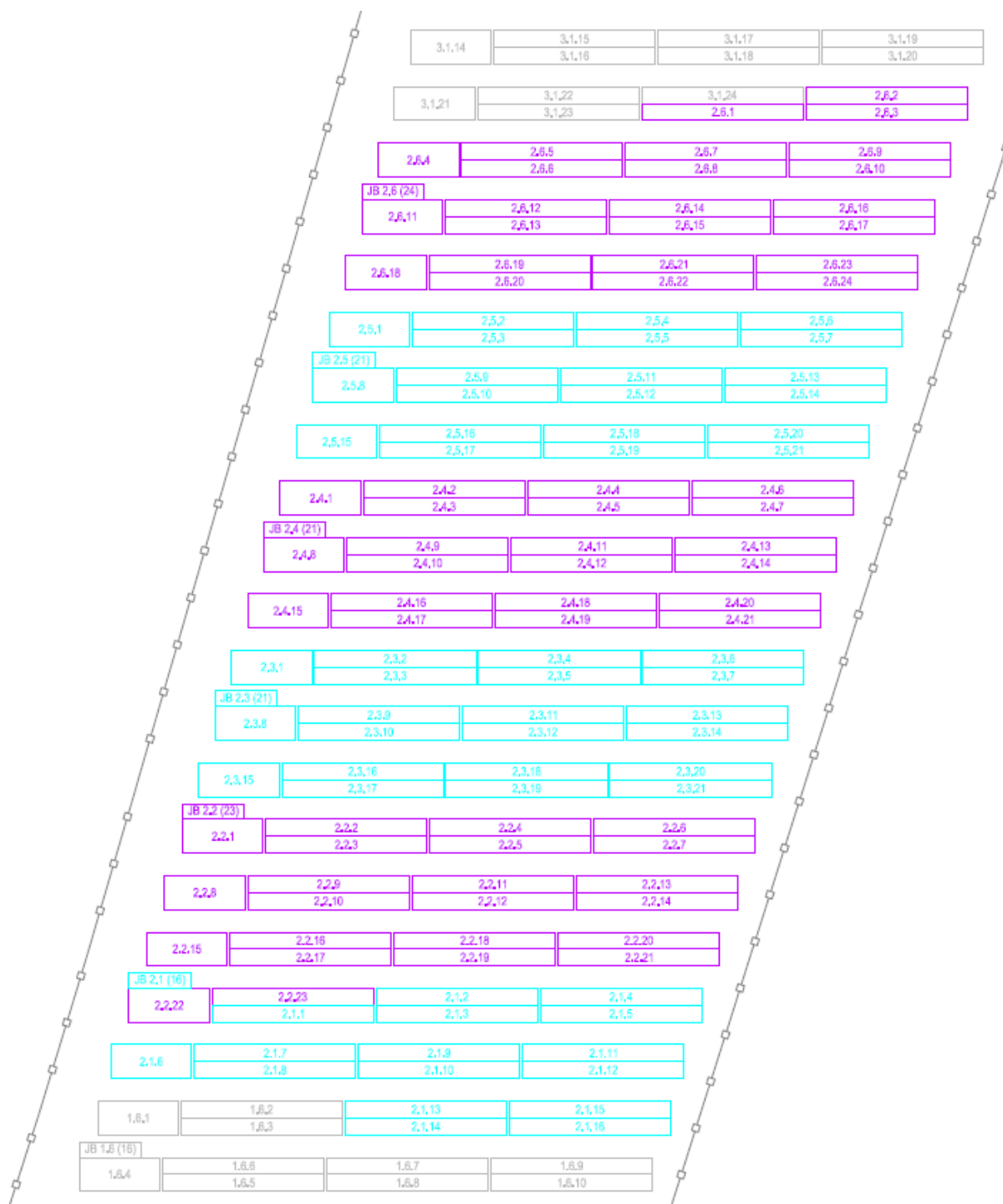
Εικόνα 24: Χαρακτηριστικά πάνελ

Έτσι, σύμφωνα με τα δυο σχήματα η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των βάσεων είναι 3,14 μέτρα. Να σημειωθεί ότι στην βάση που έχει επιλεγθεί, τοποθετούνται δυο σειρές πλαίσια σε οριζόντια διάταξη. Ενδιάμεσα στα πλαίσια προβλέπεται και το κενό που δημιουργούν τα εξαρτήματα συγκράτησης τους και είναι 2 cm. Οι Μεταλλικές Βάσεις Στήριξης είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε η ελάχιστη απόσταση των Φ/Β Πλαισίων από το έδαφος δεν είναι μικρότερη από 0,5m, το συνολικό ύψος της εγκατάστασης δεν ξεπερνάει τα 1,95m και η κλίση των Φ/Β Πλαισίων ως προς το οριζόντιο επίπεδο είναι 20°. Η Στήριξη των Φ/Β πλαισίων του πάρκου έγινε με την μέθοδο Cast In (εδαφόμψη) με χρήση πασσάλων στήριξης.

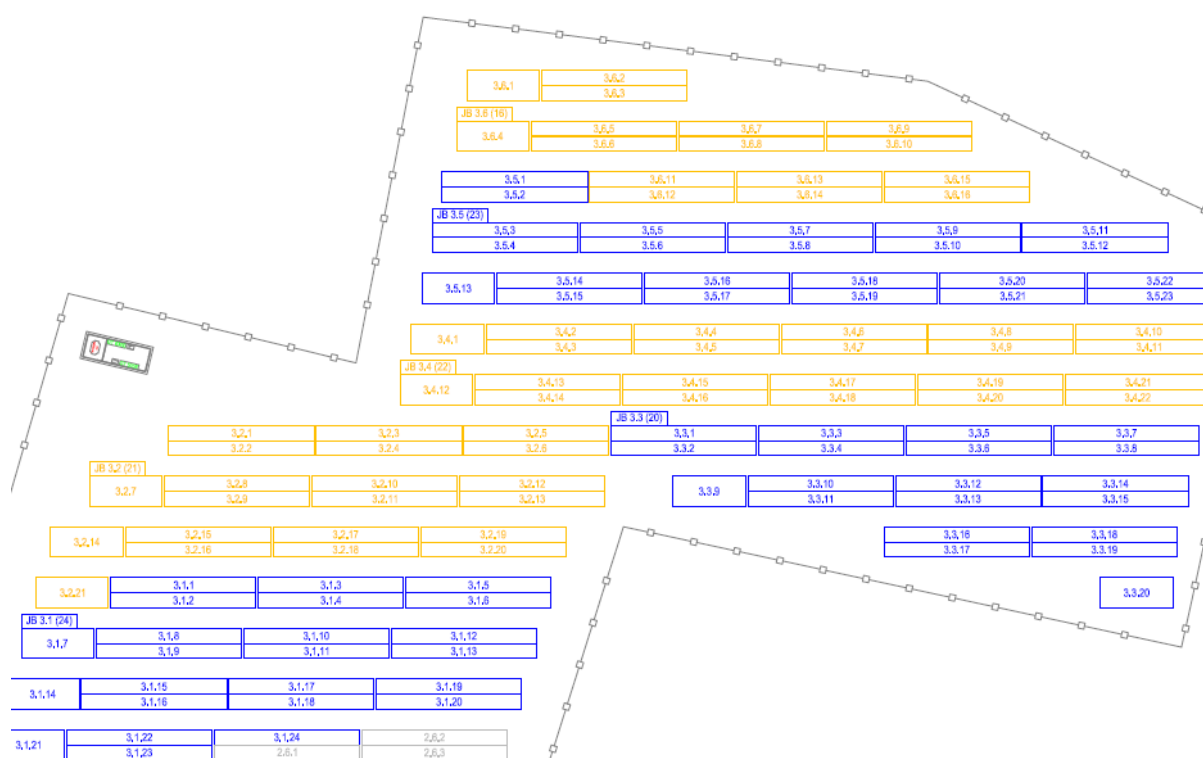
Βάσει του ΠΔ για το συγκεκριμένο γήπεδο προβλέπεται η εγκατάσταση σε απόσταση τουλάχιστον 2,5m από τα όρια του γηπέδου. Επίσης επιτρέπεται κατασκευή τριών οικίσκων έως 15 τ.μ. ο καθένας (σύνολο 45τ.μ). Κατόπιν αυτών στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η διάταξη των βάσεων, όπως επίσης οι θέσεις των οικίσκων, η θέση του μετρητή της ΔΕΗ, όπως αυτή προέκυψε από την επισκόπηση. Παρουσιάζονται τρεις εικόνες που η κάθε μια αντιστοιχεί στα πάνελ που είναι υπεύθυνος κάθε inverter.



Εικόνα 25: Inverter 1 – Station 1



Εικόνα 26: Inverter 2 - Station 2



Εικόνα 27: Inverter 3 - Station 3

6.2.3 Δομή του Δικτύου DC

Η ηλεκτρική συνδεσμολογία των Φ/Β πλαισίων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, προβλέπει την εν σειρά σύνδεσή τους για τον σχηματισμό Σειρών (Strings), οι οποίες συνδέονται παράλληλα σχηματίζοντας Συστοιχίες (Arrays). Οι Σειρές συνδέονται σε τοπικό κιβώτιο σύνδεσης (String Combiner Box - SCB), το οποίο έχει το ρόλο δευτερεύοντα τοπικού υποπίνακα DC διανομής. Με το SCB παρέχεται η δυνατότητα επιτήρησης των Φ/Β Πλαισίων. Μέσω μέτρησης και σύγκρισης των επιμέρους ρευμάτων των Σειρών, γίνεται ασφαλής αναγνώριση σφαλμάτων και άμεση αξιολόγησή τους μέσω του συστήματος ελέγχου του αντιστροφέα. Το SCB είναι εφοδιασμένο με γενικό διακόπτη αποσύνδεσης DC για απομόνωση από το δίκτυο. Επιπλέον διαθέτει προστασία έναντι υπερτάσεων.

Τα καλώδια που χρησιμοποιήθηκαν στο δίκτυο διανομής DC είναι ειδικά για Φ/Β συστήματα, καθώς είναι ανθεκτικά σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία καθώς επίσης και στο όζον. Έχουν βελτιωμένη συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς και διαθέτουν χαμηλές εκπομπές καπνού. Λειτουργούν σε εκτεταμένη περιοχή θερμοκρασιών και έχουν βελτιωμένη συμπεριφορά έναντι τριβής. Τα καλώδια που χρησιμοποιήθηκαν για την σύνδεση των Strings με τα SCB έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά και βρίσκονται εγκατεστημένα επί των βάσεων στήριξης των πλαισίων και στην πίσω (βόρεια) πλευρά τους, ώστε να μην εκτίθενται άμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία.

- Μέγιστη επιτρεπτή τάση λειτουργίας 1800 V DC
- Τάση εργοστασιακής δοκιμής 6500 V AC
- Μέγιστη Θερμοκρασία αγωγού 120°C για 20.000 ώρες

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος $-40^{\circ}\text{C} \dots 90^{\circ}\text{C}$

Επίσης, για τη σύνδεση των SCB με τους Σταθμούς των Αντιστροφών χρησιμοποιήθηκαν καλώδια ισχύος με μόνωση και μανδύα από PVC κατάλληλης διατομής. Τα καλώδια έχουν τοποθετηθεί σε βάθος 0,6 μέτρα σε οριζόντια διάταξη και έχουν καλυφθεί από ειδική άμμο για προστασία έναντι τραυματισμών της μόνωσης των καλωδίων και βελτιωμένη απαγωγή θερμότητας. Επίσης έχει σημειωθεί η τοποθεσία των καλωδίων, η οποία οποίο υποδεικνύει την παρουσία καλωδίων ισχύος στην περίπτωση εκσκαφής για οποιοδήποτε λόγο.

Τα καλώδια, τοποθετούνται με τις μικρότερες κατά το δυνατό αποστάσεις λόγω τους κόστους που φέρουν. Αντίστοιχα τοποθετούνται και τα καλώδια της Μέσης Τάσης (MT). Επίσης οι υπολογισμοί των απωλειών της καλωδίωσης συνεχούς ρεύματος (DC) όπως και ο καθορισμός των διατομών των αντίστοιχων αγωγών έγινε έτσι ώστε η πτώση τάσεως στα κυκλώματα AC και DC να είναι μικρότερη ή ίση του 1%.

6.2.4 Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας, Γείωσης

Το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας πρέπει να αποτελείται από υλικά ανθεκτικά στις ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις αλλά και στη θερμική και μηχανική καταπόνηση που επιφέρει το ρεύμα του κεραυνού, χωρίς να παρουσιάσουν βλάβες ή αλλοιώσεις. Οι συλλεκτήριοι αγωγοί και οι αγωγοί καθόδου πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα ή αλουμίνιο, λόγω της ανθεκτικότητάς τους.

Το σύστημα γείωσης στα προκατασκευασμένα κτήρια του Φ/Β Σταθμού θα περιλαμβάνει και θεμελιακή γείωση εκτός από το κεντρικό σύστημα γείωσης, το οποίο θα εκτείνεται περιμετρικά από τη βάση του κάθε κτηρίου. Γύρω από τις Φ/Β συστοιχίες και τους οικίσκους των αντιστροφών, θα εγκατασταθεί περιμετρική γείωση η οποία θα αποτελεί τμήμα του ευρύτερου πλέγματος γείωσης του κάθε σταθμού. Τα επιμέρους συστήματα γείωσης θα διασυνδέονται μεταξύ τους για τον σχηματισμό ενός ενιαίου συστήματος γείωσης και ισοδυναμικής προστασίας του Φ/Β σταθμού. Στο σύστημα ισοδυναμικής σύνδεσης θα συνδέονται όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μεταλλικά μέρη (μεταλλικά περιβλήματα Φ/Β πλαισίων, μεταλλικές βάσεις, μεταλλικά περιβλήματα πινάκων κ.λ.π.), όπως και οι ενεργοί αγωγοί μέσω κατάλληλων διατάξεων προστασίας από υπερτάσεις. Σε κάθε Φ/Β συστοιχία θα διασφαλίζεται η ισοδυναμικότητα μέσω αγωγίμης σύνδεσης των μεταλλικών περιβλημάτων των Φ/Β πλαισίων και των βάσεων στήριξης.

Επίσης για την προστασία από υπερτάσεις, θα εγκατασταθούν απαγωγοί υπερτάσεων και ιδιαίτερα για το δίκτυο διανομής συνεχούς ρεύματος, που θα χρησιμοποιηθούν κατάλληλοι για δίκτυα DC της μέγιστης τάσης λειτουργίας και ρεύματος βραχυκύκλωσης του κάθε Φ/Β σταθμού στην εκάστοτε θέση τοποθέτησής τους.

6.2.5 Εργασίες Διαμόρφωσης χώρου

Μετά την παραπάνω μελέτη που αφορά τη τοποθεσία των βάσεων και των υλικών που απαιτούνται προχωράει η πραγματοποίηση του έργου. Έτσι, πριν από την έναρξη των εργασιών εγκατάστασης απαιτείται η διαμόρφωση του χώρου. Με τη βοήθεια χωματουργικού μηχανήματος ξεκινάει η εκχέρσωση του χώρου εγκατάστασης όπως επίσης και η εξομάλυνση του εδάφους ώστε να είναι εφικτή η κατασκευή των βάσεων. Στη συνέχεια γίνεται η κατασκευή των βάσεων, η κατασκευή της περίφραξης και η κατασκευή των οικίσκων, η κατασκευή του τοιχίου της μετρητικής διάταξης της ΔΕΗ, τις βάσεις τοποθέτησης των

υποπινάκων και η κατασκευή των ιστών στήριξης των καμερών, φωτισμού και αισθητήρων συναγερμού.

6.2.6 Έλεγχοι – Δοκιμές

Με την ολοκλήρωση των εργασιών προχωρούμε στους ελέγχους και τις δοκιμές λειτουργίας. Για το σκοπό αυτό συμπληρώνεται πρωτόκολλο ελέγχου που περιλαμβάνει δοκιμές προ της σύνδεσης και δοκιμές μετά την σύνδεση με το δίκτυο.

Έτσι, πριν την σύνδεση με το δίκτυο, γίνεται ο έλεγχος των βάσεων που έχει να κάνει με τον οπτικό έλεγχο συναρμολόγησης τους, την καλή σύσφιξη των πάνελ και την σύσφιξη συνδέσεων των ηλεκτρικών μερών. Τα πάνελ, πρέπει να ελεγχθούν ως προς τη σύνδεσή τους με τα καλώδια, να μετρηθεί η τάση στα άκρα των Strings και να ρυθμιστούν οι παράμετροι των inverters. Επίσης, γίνεται έλεγχος των πινάκων και των καλωδιώσεων, με οπτικό έλεγχο καλωδιώσεων και σύσφιξη των ηλεκτρικών συνδέσεων, καθώς και την μέτρηση της γείωσης.

Επιπρόσθετα, πρέπει να γίνουν και έλεγχοι μετά τη σύνδεση με το δίκτυο. Εδώ, γίνεται έλεγχος των Inverter όπως ορίζει ο κατασκευαστής και έχει να κάνει με την μέτρηση της τάσης και έντασης DC, την μέτρηση της τάσης και έντασης AC σε κάθε φάση, μέτρηση συχνότητας λειτουργίας, έλεγχο προστασίας από νισηδοποίηση, μέτρηση χρόνου επανασύνδεσης στο δίκτυο μετά από διακοπή και μέτρηση έγχυσης DC. Επίσης, γίνεται και έλεγχος των βοηθητικών συστημάτων, δηλαδή της λειτουργίας φωτισμού (χειροκίνητος και αυτόματος έλεγχος), λειτουργία καμερών, συναγερμού και τηλεπαρακολούθησης καθώς και της σύνδεσης με το διαδίκτυο για την παρακολούθηση των δεδομένων του πάρκου.

Τέλος, αφού έχουν ολοκληρωθεί οι παραπάνω διαδικασίες, γίνεται η δήλωση ετοιμότητας για την σύνδεση με το δίκτυο της ΔΕΗ και το έργο είναι έτοιμο προς παράδοση στον παραγωγό για εκμετάλλευση.

6.3 Ενεργειακή Μελέτη

Στο κεφάλαιο αυτό, θα εξεταστεί ενεργειακά το έργο που παρουσιάστηκε όσον αφορά την παραγόμενη ενέργεια, την ηλιακή ακτινοβολία και την απόδοση του έργου. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι γενικές πληροφορίες του έργου και γίνεται και μια ανάλυση των μετρούμενων μεγεθών.

Πίνακας 1: Γενικά στοιχεία έργου

Συνολική Ισχύς	1.939,14 kWp
Αριθμός Φ/Β Πλαισίων	6.804 τεμάχια
Αριθμός Στοιχειοσειρών (Strings)	378
Φ/Β Πλαίσια Ανά Στοιχειοσειρά	18

Πίνακας 2: Επεξήγηση βασικών εννοιών

Μέγεθος	Περιγραφή	Μονάδες Μέτρησης
Παραγόμενη Ενέργεια	Η ηλεκτρική ενέργεια που παρήγαγε ο Φ/Β σταθμός στο σύνολο μίας χρονικής περιόδου.	[kWh]
Ανηγμένη Ενέργεια	Η παραγόμενη ενέργεια που παρήγαγε ο Φ/Β σταθμός ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος.	[kWh/kWp]
Ηλιακή Ακτινοβολία	Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, που καταγράφηκε μέσω του εγκατεστημένου αισθητήρα, στο σύνολο μίας χρονικής περιόδου.	[Wh/m ²]

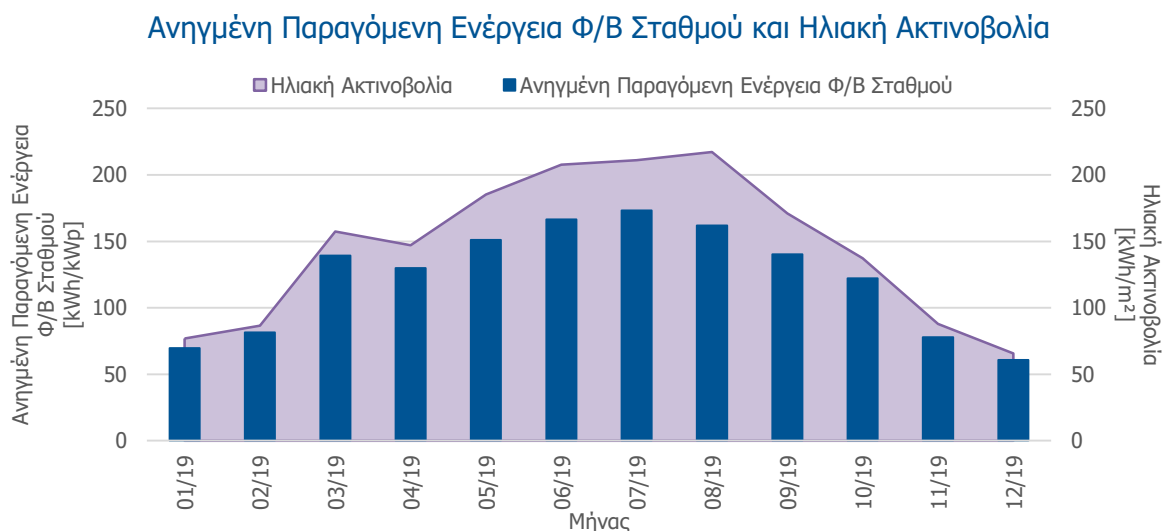
Τα δεδομένα και οι μετρήσεις που φαίνονται στους παρακάτω πίνακες και διαγράμματα αφορούν υποθετικά νούμερα που όμως αντικατοπτρίζουν την πραγματικότητα. Οι πληροφορίες έχουν συλλεχθεί από την εταιρεία DSS Energy και από το καταγραφικό σύστημα του πάρκου και για λόγους διαφάνειας δεν παρουσιάζονται τα ακριβή νούμερα. Η ηλιακή ακτινοβολία αφορά πραγματικά δεδομένα για το έτος 2019.

Πίνακας 3: Ετήσια Δεδομένα Ηλιακής ακτινοβολίας και ηλεκτρικής ενέργειας

Μήνας	Παραγόμενη Ενέργεια	Ηλιακή Ακτινοβολία	Ανηγμένη Ενέργεια	Δείκτης Απόδοσης
	[kWh]	[Wh/m ²]	[kWh/kWp]	[%]
Ιανουάριος	135.000,00	76924,905	69,62	90%
Φεβρουάριος	158.000,00	86578,8275	81,48	95%
Μάρτιος	270.000,00	157413,3075	139,24	89%
Απρίλιος	252.000,00	147081,0025	129,95	90%
Μάιος	293.000,00	185252,8575	151,10	81%
Ιούνιος	323.000,00	207688,5925	166,57	81%
Ιούλιος	336.000,00	211063,4575	173,27	82%
Αύγουστος	314.000,00	217228,075	161,93	84%
Σεπτέμβριος	272.000,00	171044,705	140,27	82%
Οκτώβριος	237.000,00	137296,1375	122,22	89%
Νοέμβριος	151.000,00	87897,8475	77,87	90%
Δεκέμβριος	118.000,00	65693,085	60,85	93%

Σύνολο	2.859.000,00	1.751.162,80	1.474,36	87%
---------------	---------------------	---------------------	-----------------	------------

Τα δεδομένα αυτά φαίνονται αντίστοιχα και στο παρακάτω διάγραμμα:



Από τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι η ανηγμένη ενεργειακή παραγωγή το Φ/Β σταθμού ακολουθεί τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας, οπότε επαληθεύεται και γραφικά η σωστή λειτουργία του.

6.4 Οικονομική Ανάλυση

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια αναφορά στα κόστη που απαιτούνται για το έργο που περιγράφηκε παραπάνω. Τα ποσά αυτά είναι υποθετικά που αντικατοπτρίζουν εν μέρη τη πραγματικότητα. Θα γίνει μια αναφορά στα αρχικά κόστη της επένδυσης και ύστερα στα ετήσια έξοδα αυτής που αφορούν έξοδα συντήρησης, φύλαξης, κλπ. Επίσης, μέσω της ενεργειακής μελέτης που έγινε παραπάνω, θα γίνει μια πρόβλεψη για την ετήσια παραγωγή της επένδυσης για τα επόμενα είκοσι έτη, έτσι ώστε να μπορέσει να μετρηθεί η συνολική επένδυση αυτής.

Πίνακας 4: Αρχικά Κόστη έργου

Κατασκευή βάσεων	€ 400.000,00
Σύστημα συναγερμού και παρακολούθησης	€ 12.000,00
Εργασίες διαμόρφωσης χώρου	€ 5.000,00
Κόστος οικίσκων και φωτισμού	€ 10.000,00
Κόστος πλαισίων	€ 420.000,00
Ηλεκτρικές συνδέσεις και καλώδια	€ 200.000,00
Κόστη Inverter, μέση τάση και κουτιών DC	€ 250.000,00

Συνολικό αρχικό κόστος επένδυσης	€ 1.297.000,00
---	-----------------------

Πίνακας 5: Ετήσια Κόστη έργου

Κόστος συντήρησης	€ 7.000,00
Κόστος φύλαξης	€ 2.000,00
Κόστος τηλεπικοινωνιών	€ 500,00
Συνολικά ετήσια κόστη	€ 9.500,00

Όσο για τα οικονομικά στοιχεία, αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και ουσιαστικά υπολογίζεται από την παραγωγή ανά έτος που αναφέρθηκε στην Ενεργειακή Μελέτη και στην τρέχουσα τιμή ανά μονάδα (€/kWh). Να αναφερθεί ότι λαμβάνουμε υπόψιν ένα προεξοφλητικό επιτόκιο της τάξης του 4 %.

Πίνακας 6: Ετήσια Έσοδα έργου

Παραγόμενη ποσότητα	2.859.000 kWh / έτος
Μείωση απόδοσης Φ/Β	0,7% / έτος
Τρέχουσα τιμή	0,065 € / kWh
Συνολικά ετήσια έσοδα	<i>Τιμή*Παραγόμενη ποσότητα</i>

Στις μετρήσεις λαμβάνεται υπόψιν και φορολογικός συντελεστής με 20% και συντελεστής απόσβεσης εξοπλισμού ίσον με 5% ανά έτος. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα από την επένδυση αυτή για τα επόμενα είκοσι χρόνια.

Πίνακας 7: Ανάλυση Ετήσιων Οικονομικών Αποτελεσμάτων

Έτος	1	2	3	4	5
Παραγωγή ανα έτος	2.858.990	2.838.978	2.819.105	2.799.371	2.779.775
Τιμή	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Έσοδα	185.834,38 €	184.533,54 €	183.241,80 €	181.959,11 €	180.685,40 €
Έξοδα	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €
Κόστος πωληθέντων	176.334,38 €	175.033,54 €	173.741,80 €	172.459,11 €	171.185,40 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	111.484,38 €	110.183,54 €	108.891,80 €	107.609,11 €	106.335,40 €

Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-22.296,9 €	-22.036,7 €	-21.778,4 €	-21.521,8 €	-21.267,1 €
Καθαρό κέρδος	154.037,50 €	152.996,83 €	151.963,44 €	150.937,29 €	149.918,32 €

Έτος	6	7	8	9	10
Παραγωγή ανα έτος	2.760.317	2.740.995	2.721.808	2.702.755	2.683.836
Τιμή	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Έσοδα	179.420,60 €	178.164,66 €	176.917,50 €	175.679,08 €	174.449,33 €
Έξοδα	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €
Κόστος πωληθέντων	169.920,60 €	168.664,66 €	167.417,50 €	166.179,08 €	164.949,33 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	105.070,60 €	103.814,66 €	102.567,50 €	101.329,08 €	100.099,33 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-21.014,1 €	-20.762,9 €	-20.513,5 €	-20.265,8 €	-20.019,9 €
Καθαρό κέρδος	148.906,48 €	147.901,72 €	146.904,00 €	145.913,26 €	144.929,46 €

Έτος	11	12	13	14	15
Παραγωγή ανα έτος	2.665.049	2.646.394	2.627.869	2.609.474	2.591.207
Τιμή	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Έσοδα	173.228,18 €	172.015,58 €	170.811,48 €	169.615,79 €	168.428,48 €
Έξοδα	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €
Κόστος πωληθέντων	163.728,18 €	162.515,58 €	161.311,48 €	160.115,79 €	158.928,48 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	98.878,18 €	97.665,58 €	96.461,48 €	95.265,79 €	94.078,48 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-19.775,6 €	-19.533,1 €	-19.292,3 €	-19.053,2 €	-18.815,7 €

Καθαρό κέρδος	143.952,55 €	142.982,47 €	142.019,18 €	141.062,64 €	140.112,79 €
----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Έτος	16	17	18	19	20
Παραγωγή ανα έτος	2.573.069	2.555.058	2.537.172	2.519.412	2.501.776
Τιμή	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065
Έσοδα	167.249,48 €	166.078,74 €	164.916,19 €	163.761,77 €	162.615,4 €
Έξοδα	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €	-9.500,0 €
Κόστος πωληθέντων	157.749,48 €	156.578,74 €	155.416,19 €	154.261,77 €	153.115,4 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	92.899,48 €	91.728,74 €	90.566,19 €	89.411,77 €	88.265,44 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-18.579,9 €	-18.345,7 €	-18.113,2 €	-17.882,4 €	-17.653,1 €
Καθαρό κέρδος	139.169,59 €	138.232,99 €	137.302,95 €	136.379,42 €	135.462,35 €

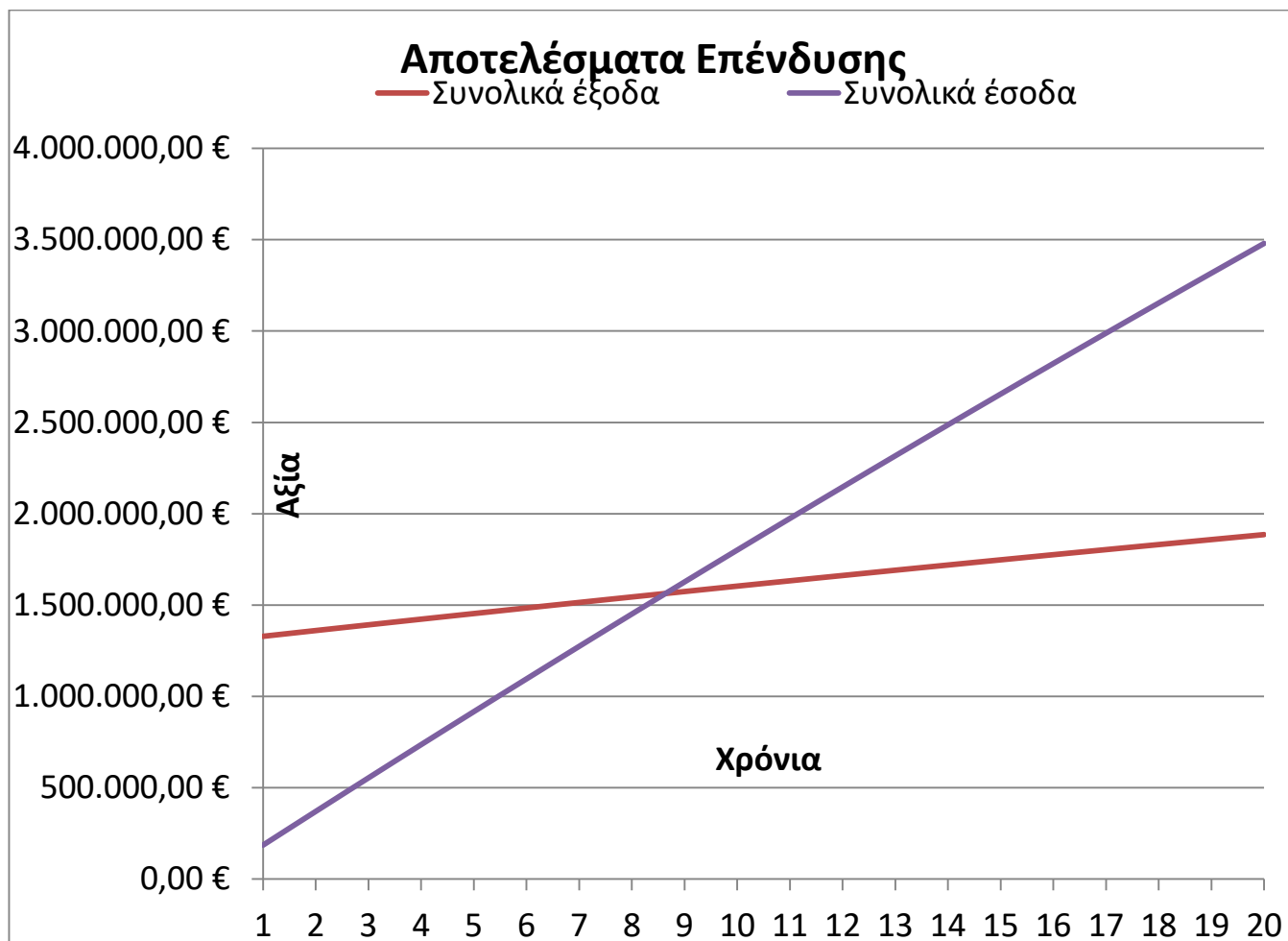
Πίνακας 8: Αποτελέσματα Ανάλυσης

Συνολικά έσοδα επένδυσης	2.891.085,23 €
έσοδα/έξοδα	2,23

NPV	734.602,09 €
IRR	11%
Payback Period	8
LCOE	0,0035173100

Επίσης, λαμβάνοντας υπόψιν τις μεθόδους της ΚΠΑ και του ΕΒΑ που αναλύθηκαν σε προηγούμενη ενότητα και προσαρμόζοντας τες στο συγκεκριμένο έργο, καταλήγουμε ότι η επένδυση αυτή είναι κερδοφόρα και σε βάθος είκοσι ετών θα μας επιφέρει κέρδη της τάξεως των € 734.602,09. Ο εσωτερικός βαθμός απόδοσης, δηλαδή το επιτόκιο που μηδενίζει την ΚΠΑ, είναι 11% που σημαίνει ότι επιτόκια μέχρι αυτόν τον αριθμό θα κάνουν την επένδυση

επικερδή. Τέλος, βλέπουμε ότι τα συνολικά χρόνια που απαιτούνται για να αποσβέσουμε το συνολικό μας κεφάλαιο είναι τα οχτώ έτη. Αυτό φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα. Ένα ακόμα κριτήριο για την μέτρηση της απόδοσης της επένδυσης είναι αυτός του LCOE (Levelized Cost of Energy). Από αυτόν τον συντελεστή βλέπουμε ποια είναι η ελάχιστη τιμή που θα πρέπει να πωλείται η ενέργεια για να υπερβαίνει το «νεκρό σημείο». Στο συγκεκριμένο έργο ο LCOE είναι 0,0035 €/kWh και η τιμή πώλησης είναι 0,065 €/kWh, επομένως η επένδυση θεωρείται βιώσιμη.



6.4.1 Επίδραση Ενεργειακών Κοιν. στην Οικονομική ανάλυση

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1, οι Ενεργειακές Κοινότητες είναι αστικοί συνεταιρισμοί αποκλειστικού σκοπού. Αναφέρθηκε επίσης, ότι 10% του πλεονάσματος της παραγωγής κάθε χρήσης πρέπει να παρακρατείται σαν τακτικό αποθεματικό. Ακόμα, οι Εν.Κοιν. έχουν κάποια οικονομικά κίνητρα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, υποθέτουμε ότι πλεόνασμα παραγωγής ορίζεται η ποσότητα που ξεπερνάει τις 2.000.000 kWh ανά έτος και σαν οικονομικά κίνητρα, ότι η επένδυση απαλλάσσεται από την υποχρέωση καταβολής του ετήσιου τέλους διατήρησης δικαιώματος κατοχής άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που προβλέπεται. Άρα θα υποθέσουμε ότι τα ετήσια κόστη της επένδυσης μειώνονται κατά €750 ετησίως. Επίσης, υποθέτουμε μια καλύτερη τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατά 10% σε σχέση με την άλλη περίπτωση. Σε αυτή τη περίπτωση, τα στοιχεία παραμένουν ουσιαστικά ίδια και τα ετήσια κόστη διαμορφώνονται στα €8.750,00 ετησίως και η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε €0,072/KWh.

Επομένως τα αποτελέσματα με βάση τα νέα δεδομένα παρουσιάζονται παρακάτω:

Πίνακας 9: Ανάλυση Ετήσιων Οικονομικών Αποτελεσμάτων

Έτος	1	2	3	4	5
Παραγωγή ανά έτος	2.858.990	2.838.978	2.819.105	2.799.371	2.779.775
Τακτικό αποθεματικό	85.899	83.898	81.910	79.937	77.978
Τιμή	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Έσοδα	199.662,58 €	198.365,74 €	197.077,98 €	195.799,24 €	194.529,44 €
Έξοδα	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €
Κόστος πωληθέντων	190.912,58 €	189.615,74 €	188.327,98 €	187.049,24 €	185.779,44 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	126.062,58 €	124.765,74 €	123.477,98 €	122.199,24 €	120.929,44 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-25.212,5 €	-24.953,1 €	-24.695,6 €	-24.439,8 €	-24.185,9 €
Καθαρό κέρδος	165.700,06 €	164.662,59 €	163.632,39 €	162.609,39 €	161.593,55 €

Έτος	6	7	8	9	10
Παραγωγή ανα έτος	2.760.317	2.740.995	2.721.808	2.702.755	2.683.836
Τακτικό αποθεματικό	76.032	74.099	72.181	70.276	68.384
Τιμή	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Έσοδα	193.268,54 €	192.016,46 €	190.773,14 €	189.538,53 €	188.312,56 €
Έξοδα	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €
Κόστος πωληθέντων	184.518,54 €	183.266,46 €	182.023,14 €	180.788,53 €	179.562,56 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €

Κέρδος προ φόρων και τόκων	119.668,54 €	118.416,46 €	117.173,14 €	115.938,53 €	114.712,56 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-23.933,7 €	-23.683,3 €	-23.434,6 €	-23.187,7 €	-22.942,5 €
Καθαρό κέρδος	160.584,83 €	159.583,17 €	158.588,51 €	157.600,82 €	156.620,05 €

Έτος	11	12	13	14	15
Παραγωγή ανα έτος	2.665.049	2.646.394	2.627.869	2.609.474	2.591.207
Τακτικό αποθεματικό	66.505	64.639	62.787	60.947	59.121
Τιμή	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Έσοδα	187.095,17 €	185.886,31 €	184.685,90 €	183.493,90 €	182.310,24 €
Έξοδα	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €
Κόστος πωληθέντων	178.345,17 €	177.136,31 €	175.935,90 €	174.743,90 €	173.560,24 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και τόκων	113.495,17 €	112.286,31 €	111.085,90 €	109.893,90 €	108.710,24 €
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-22.699,0 €	-22.457,3 €	-22.217,2 €	-21.978,8 €	-21.742,0 €
Καθαρό κέρδος	155.646,14 €	154.679,04 €	153.718,72 €	152.765,12 €	151.818,19 €

Έτος	16	17	18	19	20
Παραγωγή ανα έτος	2.573.069	2.555.058	2.537.172	2.519.412	2.501.776
Τακτικό αποθεματικό	57.307	55.506	53.717	51.941	50.178
Τιμή	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072
Έσοδα	181.134,87 €	179.967,73 €	178.808,75 €	177.657,89 €	176.515,09 €
Έξοδα	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €	-8.750,0 €
Κόστος πωληθέντων	172.384,87 €	171.217,73 €	170.058,75 €	168.907,89 €	167.765,1 €
Αποσβέσεις	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €	-64.850,0 €
Κέρδος προ φόρων και	107.534,87 €	106.367,73 €	105.208,75 €	104.057,89 €	102.915,09 €

τόκων					
Τόκοι	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Φόρος	-21.507,0 €	-21.273,5 €	-21.041,8 €	-20.811,6 €	-20.583,0 €
Καθαρό κέρδος	150.877,90 €	149.944,18 €	149.017,00 €	148.096,31 €	147.182,07 €

Πίνακας 10: Αποτελέσματα Ανάλυσης

Συνολικά έσοδα επένδυσης	3.124.920,05 €
έσοδα/έξοδα	2,41

NPV	893.443,81 €
IRR	13%
Payback Period	8
LCOE	0,00332594

Με την προσθήκη της Ενεργειακής Κοινότητας στην επένδυση αυτή, παρατηρούμε ότι η συμβολή της, την έκανε πιο αποδοτική μιας και η ΚΠΑ πλέον είναι κατά 21.62% μεγαλύτερη από ότι πριν. Επίσης βλέπουμε ότι η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης παραμένει ίδια αλλά η σχέση εσόδων και εξόδων αυξήθηκε κατά 8,07%. Τα συνολικά έσοδα της επένδυσης είναι μεγαλύτερα σε σχέση με την πρώτη περίπτωση και αυτό συμβαίνει διότι τα συνολικά ετήσια κόστη της επένδυσης είναι μειωμένα σε σχέση με τη προηγούμενη φορά.

Επομένως, η συμβολή των Ενεργειακών Κοινοτήτων είναι θετική σε τέτοια έργα, γιατί όπως αποδείχτηκε αυξάνει σημαντικά την τελική απόδοσή τους. Βέβαια, τα κίνητρα σε κάθε περίπτωση μπορεί να είναι διαφορετικά, πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να γίνεται η αντίστοιχη οικονομική ανάλυση, έτσι ώστε να μπορεί η επένδυση να αξιολογηθεί κατάλληλα.

Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα

Βασικός στόχος της διπλωματικής εργασίας ήταν να εξηγήσει την Τεχνο-Οικονομική μοντελοποίηση που απαιτείται για να αναπτυχθεί ένα Φωτοβολταϊκό έργο. Γίνεται μια εξήγηση για τις τεχνολογίες και τον εξοπλισμό που απαιτείται, αλλά και τον κατάλληλο τρόπο εκμετάλλευσης αυτών. Αναφέρει την σημαντικότητα τέτοιων έργων σε Ελλάδα και σε Ευρώπη, το νομικό πλαίσιο που τα περιβάλλει, καθώς επίσης και τα άτομα που έχουν άμεση ενασχόληση με αυτά.

Τέτοια έργα όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, συνδέονται με μεγάλα ρίσκα και γι αυτόν τον λόγο αναφέρθηκαν οι κίνδυνοι που μπορεί να εμφανιστούν, οι κύριοι τρόποι χρηματοδότησης καθώς και οι τρόποι αξιολόγησης τέτοιων έργων αποτιμώντας την απόδοσή τους σε βάθος χρόνου.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, έγινε μια μελέτη για ένα έργο 1,96 MWp στη περιοχή του Ασπροπύργου. Η μελέτη δείχνει ακριβώς τη τεχνολογία και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και την εκμετάλλευση αυτών με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Στην οικονομική ανάλυση του έργου αυτού έγιναν δυο σενάρια τα οποία αναφέρονται στην εκμετάλλευση από ιδιώτη αλλά και από μια Ενεργειακή Κοινότητα. Το αποτέλεσμα της εν λόγω οικονομικής ανάλυσης για το έργο αυτό έδειξε ότι μεγαλύτερη αποδοτικότητα υπάρχει με την συμμετοχή της Ενεργειακής Κοινότητας. Αυτό βέβαια μπορεί να μην ισχύει σε κάθε έργο, μιας και κάθε ένα είναι διαφορετικό και πρέπει να υπολογίζονται συγκεκριμένοι παράγοντες για την αξιολόγηση και απόδοσή τους.

Βιβλιογραφία

1. Σύνδεσμος Εταιρειών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ), 2008, Φωτοβολταϊκά: Ένας Πακτικός Οδηγός»
2. How Solar Panels Work (December 2018), ανακτήθηκε από <https://www.ucsusa.org/resources/how-solar-panels-work>
3. Gil Knier, How do Photovoltaics Work?, Retrieved from <https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells>
4. Kakoli Saha, September 2014, Planning and installing photovoltaic system: a guide for installers, architects and engineers
5. Αντώνιος Μανιάτης. Φεβρουάριος 2020, Οι Ενεργειακές Κοινότητες, ανακτήθηκε από https://www.ethemis.gr/2020/02/26/%CE%BF%CE%B9-%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%82-%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82.html#_ftn5”
6. Νόμος 4618/2019
7. Νόμος 4513/2018
8. ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382
9. Community Energy: A Practical Guide to Reclaiming Power, October 2020
10. L.Oikkonen, J.Paatero, T.Carlsson, P. Lund, , Finland 2010 “Photovoltaic Systems”, Advanced Energy Systems ,Helsinki University of Technology
11. N.M. Pearsall & Robert Hill, 2001 “Photovoltaic Modules, Systems and Applications”, Northumbria Photovoltaics Applications Centre, University of Northumbria at Newcastle
12. Christos N. Stefanatos, September 2018, Redefining RES Project Capital Structure: Introduction of Parity, a Crowdfunding Platform
13. Δημήτριος Λ. Παπαδόπουλος, 2008, Συγκριτική διερεύνηση της χρηματοδότησης έργου (project finance) και της εταιρικής χρηματοδότησης (corporate finance) ως εργαλεία κεφαλαιαγοράς,
14. Κωνσταντίνος Παντελίδης, Οκτώβριος 2003, Χρηματοδότηση μεγάλων έργων η συμβολή του ιδιωτικού τομέα και μορφές συνεργασίας με τον δημόσιο τομέα
15. Ένωση Ελληνικών Εταιρειών Χρηματοδοτικής Μίσθωσης, 2021, Τι είναι Leasing (Χρηματοδοτική Μίσθωση), ανακτήθηκε από https://aglc.gr/?page_id=432
16. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και οι Μηχανισμοί Στήριξής τους, Ευάγγελος Δ. Μακρυβέλιος, 2012
17. κΙΕΦΕΡ, Οκτώβριος 2017, Βασικά χαρακτηριστικά του νέου μηχανισμού στήριξης ΑΠΕ, ανακτήθηκε από <http://kifer.gr/el/%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%87%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BD%CE%AD%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD/>
18. Αλέξανδρος Φλάμος, Οικονομικά Ενέργειας & Περιβάλλοντος – Αξιολόγηση Ενεργειακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς
19. Ιωάννης Ν. Αποστολόπουλος, 2019-2020, Μακροπρόθεσμες Επενδυτικές Αποφάσεις, ΕΜΠ
20. Feed in Tariff Vs Feed in Premium, Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης, Μάιος 2012