



**ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ
ΚΑΛΥΨΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ (Net-
Metering)**



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΙΔΩΝ Γ. ΓΙΑΝΝΙΚΟΠΟΥΛΟΣ (Α.Μ. 7122)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΟΓΗΡΟΥ

ΠΑΤΡΑ 2023-2024

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ενεργειακή αυτονομία και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελούν πρωταρχικούς στόχους της σύγχρονης κοινωνίας, καθώς αντιμετωπίζουμε τις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και της ενεργειακής ασφάλειας. Σε αυτό το πλαίσιο, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τον σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος με στόχο την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μιας επιχείρησης με την χρήση του Net-metering. Μέσω αυτής της εργασίας, εξερευνούμε τη διαδικασία σχεδιασμού και υλοποίησης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες και τις ανάγκες της συγκεκριμένης επιχείρησης.

Αναλύουμε τις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος, την αξιολόγηση του δυναμικού παραγωγής ενέργειας, καθώς και την οικονομική απόδοση του έργου.

Μέσα από αυτήν την εργασία, στοχεύουμε όχι μόνο στον σχεδιασμό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, αλλά και στην προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της επιχειρηματικότητας.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής
(Ονοματεπώνυμο)
ΓΙΑΝΝΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

(Υπογραφή)

A square image showing a handwritten signature in black ink on a light background. The signature is stylized and appears to be the name 'Giannikopoulos'.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, θα ασχοληθούμε με την κατασκευή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών μιας επιχείρησης μέσω της χρήσης της τεχνολογίας Net Metering. Θα πραγματοποιηθεί μια ανάλυση βασικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τα φωτοβολταϊκά συστήματα, καθώς και μια σημαντική επισήμανση για την ηλιακή ενέργεια και το φαινόμενο των φωτοβολταϊκών. Επιπλέον, θα αναλυθεί το φωτοβολταϊκό στοιχείο και η απόδοσή του. Θα ακολουθήσει προμελέτη της εγκατάστασης και εξήγηση του τι είναι το Net Metering. Θα γίνει η κατάλληλη επιλογή φωτοβολταϊκών, inverters και ηλεκτρολογικών υλικών, τα οποία θα αναλυθούν λεπτομερώς. Στη συνέχεια, θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση βάσεων προσαρμοσμένη στις ανάγκες του έργου για τη μέγιστη απόδοσή του. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί οικονομική ανάλυση της εγκατάστασης, όπου θα εξεταστεί το κέρδος της επιχείρησης από το σύστημα και πόσο γρήγορα θα αποσβεστεί το κόστος της επένδυσης.

Λέξεις κλειδιά: Net-Metering , φωτοβολταϊκά , φωτοβολταϊκό σύστημα , ενεργειακές ανάγκες, ηλιακή ενέργεια, φωτοβολταϊκό στοιχείο , inverters , ηλεκτρολογικά υλικά , εγκατάσταση βάσεων.

ABSTRACT

In this diploma thesis, we will focus on the construction of a photovoltaic system to meet the energy needs of a business through the use of Net Metering technology. An analysis of the basic characteristics related to photovoltaic systems will be conducted, as well as a significant emphasis on solar energy and the photovoltaic phenomenon. Additionally, the photovoltaic element and its efficiency will be analyzed. A preliminary study of the installation will follow, along with an explanation of what Net Metering is. The appropriate selection of photovoltaics, inverters, and electrical materials will be made, which will be analyzed in detail. Subsequently, the installation of bases tailored to the project's needs for maximum efficiency will be carried out. Finally, an economic analysis of the installation will be performed, where the business's profit from the system will be examined and how quickly the investment cost will be amortized.

Keywords: Net Metering, photovoltaics, photovoltaic system, energy needs, solar energy, photovoltaic element, inverters, electrical materials, base installation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΞΩΦΥΛΟ.....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΦΟΙΤΗΤΗ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	
1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	7
1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	7
1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	
2.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (photovoltaic cell).....	10
2.2 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	12
2.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	16
2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	18
2.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	20
2.6 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΗΣΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (ANTI-ISLANDING).....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο	
3.1 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	26
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	30
3.3 NET-METERING.....	32
3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	34
3.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΙΝΒΕΡΤΕΡ(ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ).....	40
3.6 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	44
3.7 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο	
4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ.....	52
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ.....	54
4.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	56
4.4 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	60
4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ.....	66
4.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο	
5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΓΗ.....	70
5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	73
5.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο	
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια αναφέρεται στην ενέργεια που παράγεται από τον ήλιο και φτάνει στη Γη σε μορφή ηλιακής ακτινοβολίας. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται από τον ήλιο στη Γη μέσω ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία αποτελείται από διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως το ορατό φως, η υπέρυθη και η υπεριώδη ακτινοβολία.

Αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως η θέρμανση, η ψύξη και η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια αντιπροσωπεύει ένα φωτεινό μέλλον για την ανθρωπότητα και τον πλανήτη μας. Καθώς ο κόσμος προσαρμόζεται στην ανάγκη για πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια αναδεικνύεται ως μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση.

Με την ανάπτυξη τεχνολογιών όπως οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες και τα ηλιακά θερμικά συστήματα, η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια με μηδενικές εκπομπές ρύπων.

1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

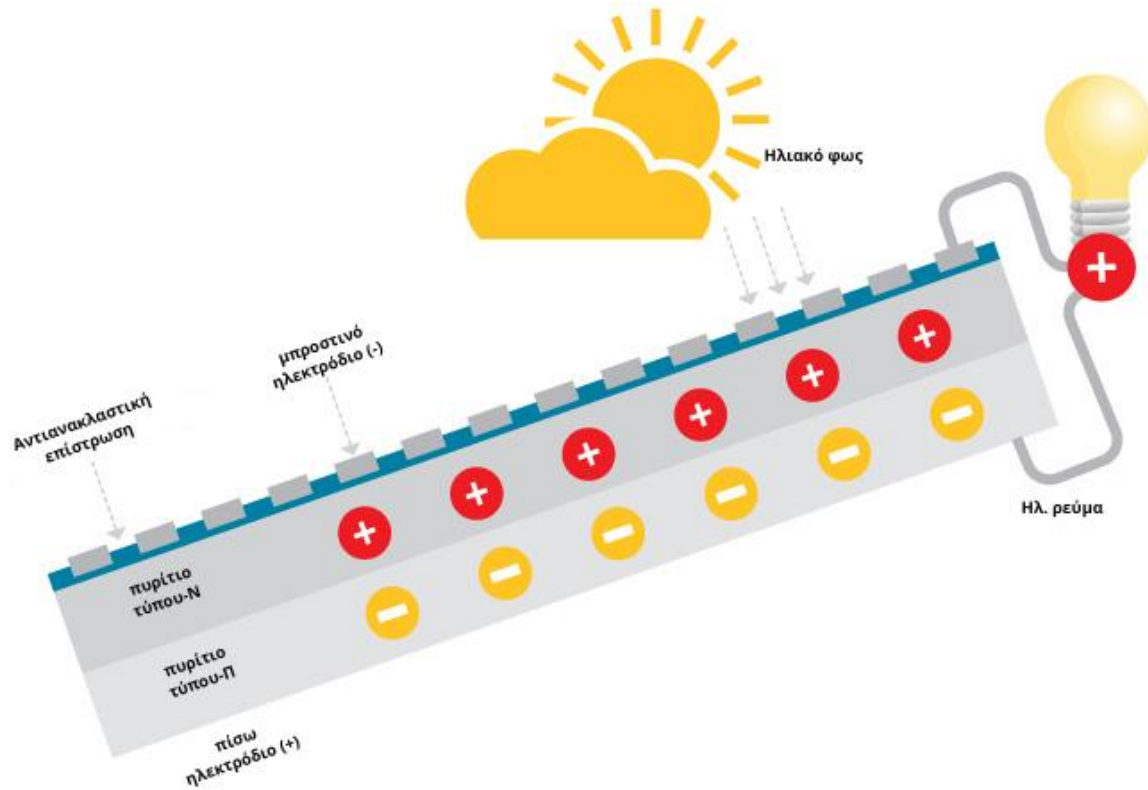
Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αναφέρεται στη φυσική διαδικασία με την οποία οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες μετατρέπουν το ηλιακό φως απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτός ο μετασχηματισμός συμβαίνει χάρη σε ειδικά υλικά, συνήθως κρυσταλλικά ή αμορφικά ημιαγώγιμα υλικά, που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν εκτίθενται στο ηλιακό φως.

Οι φωτοβολταϊκοί συλλέκτες αποτελούνται από πολλά φωτοβολταϊκά κύτταρα (pn cell), τα οποία περιέχουν δύο στρώσεις ημιαγώγιμου υλικού με διαφορετική φορτισμένη ηλεκτρικά κατάσταση. Όταν το ηλιακό φως (φωτόνια) φτάνει στο φωτοβολταϊκό κύτταρο, τα φωτόνια ενεργοποιούν ηλεκτρόνια στην αρνητικά φορτισμένη στρώση (συνήθως κατασκευασμένη από πυρίτιο τύπου-N), δημιουργώντας "λειτουργούσες" ηλεκτρικές τρύπες. Αυτά τα ηλεκτρόνια μετακινούνται στη θετικά φορτισμένη στρώση (συνήθως πυρίτιο τύπου-P), προκαλώντας μια ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

Το αποτέλεσμα είναι ότι το φωτοβολταϊκό κύτταρο παράγει μια ηλεκτρική τάση ανάμεσα στις δύο στρώσεις του, και αυτή η τάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει ηλεκτρικά φορτία. Η ισχύς που παράγεται εξαρτάται από την ένταση

του ηλιακού φωτός που πέφτει στο κύτταρο και από την απόδοση του φωτοβολταϊκού υλικού.

Αυτή η διαδικασία είναι το βασικό φαινόμενο πίσω από τη λειτουργία των ηλιακών πλαισίων και των φωτοβολταϊκών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



1.2 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

1.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πλεονεκτήματα

1. Ανανεώσιμη πηγή ενέργειας: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούν τον ήλιο, μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
2. Μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά δεν προκαλεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου όπως το διοξείδιο του άνθρακα CO₂. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με άλλους τρόπους παραγωγής ενέργειας.
3. Χαμηλά κόστη λειτουργίας: Μετά την εγκατάσταση, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν χαμηλά κόστη λειτουργίας, καθώς δεν απαιτούν συνεχείς περιποιήσεις ή καύσιμα.
4. Μειωμένος κίνδυνος ατυχημάτων: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά δεν εμπεριέχει κινδύνους ατυχημάτων όπως αυτοί που συνδέονται με την καύση ορυκτών καυσίμων.
5. Μείωση της ανάγκης για αποθήκευση αποβλήτων: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά δεν προκαλεί απόβλητα που πρέπει να αποθηκεύονται ή να διαχειρίζονται, όπως συμβαίνει με τα απόβλητα που παράγονται από τις καύσεις ορυκτών καυσίμων.
6. Εγκατάσταση σε ευέλικτες τοποθεσίες: Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν σε πολλούς τύπους εδάφους και σε διάφορες τοποθεσίες, ακόμη και σε κτίρια.

Μειονεκτήματα

1. Υψηλό κόστος εγκατάστασης: Το κόστος εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να είναι αρκετά υψηλό, αν και έχει μειωθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου.
2. Επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες: Η παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να επηρεαστεί από τις καιρικές συνθήκες, όπως συννεφιά ή βροχή.

Συνεπώς, παρά τα μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιάζουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα, τα πλεονεκτημά τους υπερτερούν κατά πολύ. Η αξιοποίηση της ανανεώσιμης ενέργειας του ηλίου χωρίς την παραγωγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι καθοριστική για τη μείωση της ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής.

Με τη συνεχή τεχνολογική εξέλιξη και τη μείωση του κόστους εγκατάστασης, τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν ένα αποτελεσματικό και βιώσιμο μέσο για την παραγωγή καθαρής ενέργειας, διασφαλίζοντας ένα πιο βιώσιμο και υγιές μέλλον για τις επόμενες γενιές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ (PHOTOVOLTAIC CELL)

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο, γνωστό και ως "photovoltaic cell" ή "solar cell", αποτελεί το βασικό συστατικό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Στην παραπάνω παράγραφο έχουμε αναφερθεί στη λειτουργία του φωτοβολταϊκού στοιχείου και το πώς μετατρέπει την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Η κυριότερη ύλη που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα για την κατασκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο.. Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία έχει εξελιχθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια, με την αύξηση της απόδοσης και τη μείωση του κόστους των φωτοβολταϊκών στοιχείων, κάτι που τα καθιστά πιο ελκυστικά για ευρύτερη χρήση σε οικιακές και επαγγελματικές εφαρμογές.



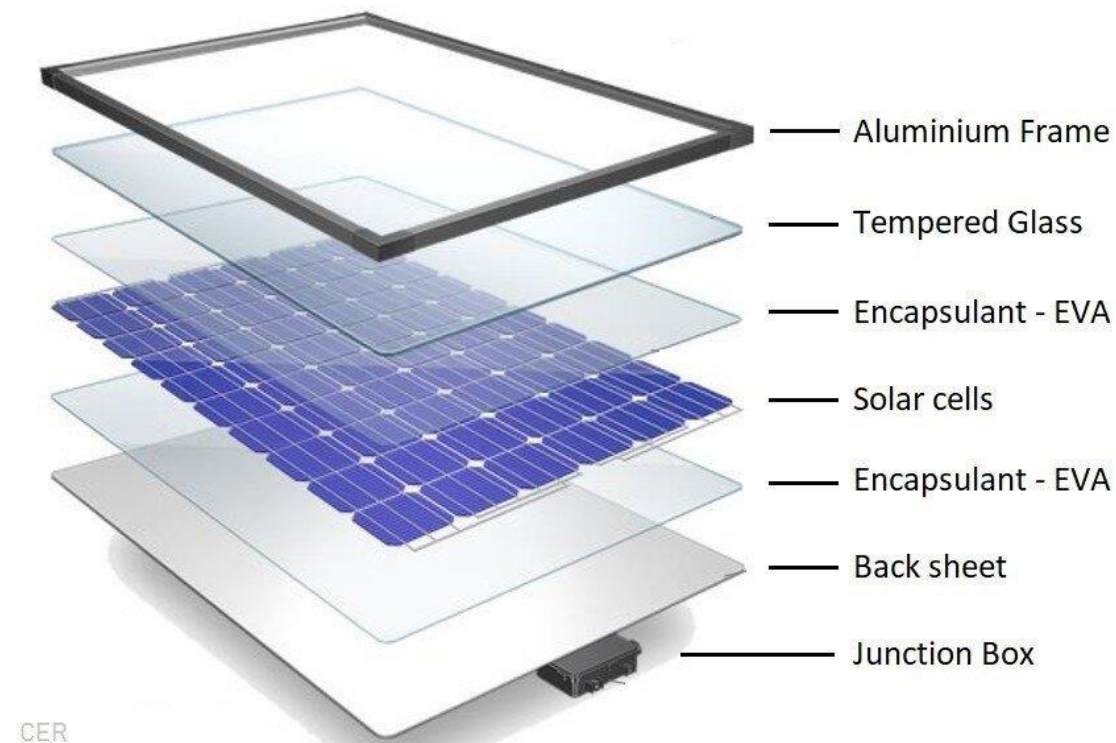
2.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Το πυρίτιο είναι κυρίαρχο υλικό στην αγορά των φωτοβολταϊκών, χρησιμοποιούμενο σε περίπου το 90% των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία.

Σημαντικά πλεονεκτήματα του πυριτίου : υπάρχει ευρεία διαθεσιμότητά του στη φύση, καθώς αποτελεί το δεύτερο πιο διαδεδομένο στοιχείο μετά το οξυγόνο, και έχει την δυνατότητά να λιώνει και να μορφοποιείται εύκολα. Επιπλέον, οι ηλεκτρικές του ιδιότητες διατηρούνται σταθερές μέχρι και σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, φτάνοντας μέχρι τους 125°C, επιτρέποντας τη χρήση του σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτό επιτρέπει στα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου να λειτουργούν αποτελεσματικά σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Επιπλέον, το πυρίτιο, ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας του, μπορεί να παράγει μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή άμορφα υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων, γνωστών ως κυψέλες.

Δομή φωτοβολταϊκού πάνελ

Το φωτοβολταϊκό πάνελ αποτελείται από πολλά στοιχεία, τα οποία συνεργούν για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Κυρίως, αποτελείται από φωτοβολταϊκά κυψέλες, οι οποίες είναι κατασκευασμένες από ημιαγωγικά υλικά όπως το πυρίτιο. Αυτές οι κυψέλες ενωμένες σε σειρές ή παράλληλα σχηματίζουν τον κύριο μηχανισμό μετατροπής της ηλιακής ενέργειας. Επιπλέον, το φωτοβολταϊκό πάνελ περιλαμβάνει μια προ-τοποθετημένη ειδικά επεξεργασμένη μεμβράνη προστασίας (EVA) πάνω στο ηλιακό γυαλί, το οποίο είναι σκληρυμένο και προ-εντεταμένο για αντοχή στις καιρικές συνθήκες. Τέλος, τα πάνελ συνήθως περιλαμβάνουν μια υαλώδη μεμβράνη ειδικής επεξεργασίας (EVA) και μια μονωτική μεμβράνη στην πίσω πλευρά, τα οποία συμβάλλουν στην προστασία και τη διατήρηση της απόδοσης του πάνελ στον χρόνο. Μέσω της συνεργασίας όλων αυτών των στοιχείων, το φωτοβολταϊκό πάνελ διαμορφώνει ένα αποτελεσματικό σύστημα για την απορρόφηση και μετατροπή της ηλιακής ενέργειας.



2.1 Δομή Φωτοβολταϊκού πάνελ.

2.2 ΕΙΔΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου είναι ένας τύπος κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων που κατασκευάζονται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Βασικά τους χαρακτηριστικά είναι:

1. Υψηλή Απόδοση: Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έχουν την υψηλότερη απόδοση ανάμεσα στους διάφορους τύπους φωτοβολταϊκών στοιχείων 15% έως 22%. Αυτό τα καθιστά ιδανική επιλογή για εφαρμογές που απαιτούν μέγιστη απόδοση.
2. Υψηλή Αντοχή και Μακροζωία: Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά έχουν εξαιρετική αντοχή στις καιρικές συνθήκες και μακροζωία, παρέχοντας σταθερή απόδοση για δεκαετίες.

3. Εμφάνιση: Συνήθως έχουν μονόχρωμη μαύρη ή σκούρο μπλε εμφάνιση, καθώς οι κυψέλες κατασκευάζονται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο.

4. Αποδοτικότητα σε Υψηλές Θερμοκρασίες: Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά είναι αποδοτικά ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που τα καθιστά κατάλληλα για περιοχές με ζεστό κλίμα.

5. Υψηλό Κόστος: Το κόστος παραγωγής των μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι συνήθως υψηλότερο σε σύγκριση με άλλα είδη φωτοβολταϊκών στοιχείων, ωστόσο η υψηλή τους απόδοση μπορεί να αντισταθμίσει αυτό το κόστος με την εξοικονόμηση ενέργειας στο μακροπρόθεσμο.



2.2 Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου

Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι ένας τύπος φωτοβολταϊκών κυρίως κατασκευασμένος από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Τα χαρακτηριστικά τους περιλαμβάνουν:

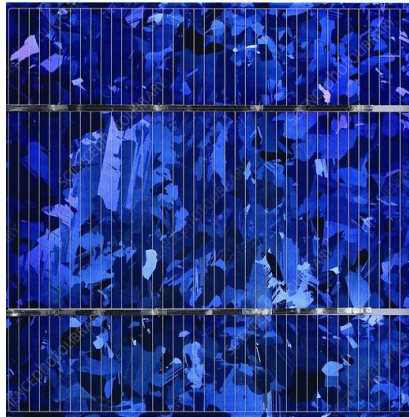
1. Οικονομικά: Είναι συνήθως πιο οικονομικά σε σύγκριση με τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, καθιστώντας τα μια προσιτή επιλογή για πολλούς καταναλωτές.

2. Μέτρια Απόδοση: Αν και έχουν καλή απόδοση, συνήθως η απόδοσή τους είναι λίγο χαμηλότερη από τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία. Κατά μέσο όρο, η ενεργειακή απόδοση των πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 15% έως 18%.

3. Επίπεδη εμφάνιση: Τα πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου συνήθως έχουν επίπεδη γαλάζια επιφάνεια και κορνίζα από αλουμίνιο ή άλλο υλικό.

4. Καλή αντοχή: Έχουν καλή αντοχή στις καιρικές συνθήκες και μπορούν να λειτουργούν για πολλά χρόνια με ελάχιστη συντήρηση.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι μία δημοφιλής επιλογή για φωτοβολταϊκά συστήματα λόγω της ισορροπίας μεταξύ κόστους και απόδοσης τους.



2.2 Φωτοβολταϊκό στοιχείο πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου(Thin Film)

Εκτός από τα μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία, υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία, που είναι τα άμορφου πυριτίου (αλλιώς γνωστά και ως thin-film). Αυτή η κατηγορία φωτοβολταϊκών χαρακτηρίζεται από το ότι τα φωτοβολταϊκά υλικά δεν έχουν κρυσταλλική δομή, αλλά είναι αμορφωμένα ή διατεταγμένα σε λεπτές στρώσεις. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των στοιχείων αυτών περιλαμβάνουν:

1. **Ευελιξία:** Επειδή η δομή τους είναι άμορφα διατεταγμένη σε λεπτές στρώσεις, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία άμορφου πυριτίου είναι συνήθως πιο ευέλικτα και μπορούν να εφαρμοστούν σε περισσότερες επιφάνειες από τα πιο παραδοσιακά κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά.

2. **Κόστος Παραγωγής:** Τα στοιχεία άμορφου πυριτίου παράγονται σε μεγάλες ποσότητες με χρήση μικρότερης ποσότητας πυριτίου καθιστώντας τα συχνά οικονομικότερα.

3. **Χαμηλή Απόδοση :** Παρόλο που είναι οικονομικά, η απόδοσή τους συνήθως είναι χαμηλότερη από αυτήν των κρυσταλλικών φωτοβολταϊκών. Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή βελτιώνεται συνεχώς, με τον στόχο της αύξησης της απόδοσης των στοιχείων.

Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 6% έως 12%.

4. **Ενεργειακή πυκνότητα:** Έχουν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα δηλαδή προκειμένου να παραχθεί η ίδια ενέργεια χρειάζεται διπλάσια σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα άλλα φωτοβολταϊκά.



2.2 πολυκρυσταλλικό στοιχείο , μονοκρυσταλλικό στοιχείο και άμορφο στοιχείο (Thin-Film)

Φωτοβολταϊκά στοιχεία Bifacial

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία bifacial είναι μια εξέλιξη στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αντίθετα με τα παραδοσιακά μονόπλευρα φωτοβολταϊκά στοιχεία που απορροφούν μόνο το φως από μια πλευρά (την επιφάνεια που εκτίθεται στον ήλιο), τα bifacial στοιχεία έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν φως και από τις δύο πλευρές.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των bifacial φωτοβολταϊκών στοιχείων περιλαμβάνουν:

1. Διπλή παραγωγή ενέργειας: Η ικανότητα να απορροφούν φως και από τις δύο πλευρές τους ,τους επιτρέπει να παράγουν ενέργεια από τόσο την άμεση ηλιακή ακτινοβολία όσο και από το φως που ανακλάται από το έδαφος.
2. Υψηλότερη απόδοση: Η δυνατότητα απορρόφησης φωτός από δύο πλευρές μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη παραγωγή ενέργειας σε σύγκριση με τα μονόπλευρα στοιχεία, ειδικά σε περιβάλλον με υψηλό αντανακλαστικό δυναμικό, όπως είναι οι επιφάνειες κτηρίων, χιονιού ή άμμου.
3. Ευελιξία στην τοποθέτηση: Η δυνατότητα να λειτουργούν αποτελεσματικά τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφες εγκαταστάσεις τα καθιστά ιδανικά για διάφορες εφαρμογές.
4. Αυξημένος χρόνος ζωής: Τα bifacial στοιχεία μπορεί να έχουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος λόγω της κατανομής της επιφάνειας φωτορροσισβότητας.
5. Μείωση του φαινομένου PID: Το φαινόμενο PID (Potential Induced Degradation) είναι μια διαδικασία όπου η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να μειωθεί λόγω των διαρροών ρεύματος που προκαλούνται από την τάση μεταξύ των στοιχείων και του εδάφους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια απόδοσης και μείωση της διάρκειας ζωής του συστήματος.

Τα bifacial φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορεί να βοηθήσουν στη μείωση του φαινομένου PID, καθώς η πίσω πλευρά τους μπορεί να λειτουργήσει ως αποτελεσματικό αποτρεπτικό μέτρο. Καθώς τα bifacial στοιχεία απορροφούν φως από και τις δύο πλευρές, η πίσω πλευρά μπορεί να μειώσει την τάση που

δημιουργείται μεταξύ των στοιχείων και του εδάφους, καθιστώντας λιγότερο πιθανή την εμφάνιση του PID.



2.2 Bifacial φωτοβολταϊκό στοιχείο.

2.3 ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Για να υπολογιστεί η απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να λάβουμε υπόψη τη μέγιστη ισχύ, τη μέγιστη ένταση ρεύματος και τη μέγιστη τάση που παράγει το σύστημα καθώς και την ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνει στην επιφάνειά του. Ο τύπος $\eta = \frac{Pm}{P_{HA}} = \frac{Im \cdot Vm}{P_{HA}}$ υπολογίζει την απόδοση αυτή. Όπου:

- η είναι η απόδοση του φωτοβολταϊκού συστήματος (σε ποσοστό).
- Pm είναι η μέγιστη ισχύς που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα, συνήθως σε watts (W).
- P_{HA} είναι η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια των φωτοβολταϊκών σε κάθε μονάδα επιφανειακής εκτεταμένης περιοχής, συνήθως σε watts ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2).
- Im είναι η μέγιστη ένταση ρεύματος που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα, συνήθως σε αμπέρ (A).
- Vm είναι η μέγιστη τάση που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα, συνήθως σε βολτ (V).

Για να βελτιωθεί η παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά πάνελ, πρέπει να εκμεταλλευτούμε καλύτερα την ηλιακή ακτινοβολία. Καθώς η θέση του ήλιου μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, τα πάνελ πρέπει να ακολουθούν την κίνησή του και να είναι συνεχώς κάθετα στην ακτινοβολία.

Ωστόσο, η πολυπλοκότητα και το κόστος ενός μηχανισμού που επιτρέπει στα πάνελ να κινούνται σύμφωνα με τη θέση του ήλιου καθιστούν δύσκολη την εφαρμογή του. Γι' αυτό, συνήθως επιλέγεται σταθερός προσανατολισμός των πάνελ, με στόχο να επιτευχθεί καλή ετήσια γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας κοντά στις 90°. Για να γίνει αυτό, επιλέγονται σταθερές κλίσεις και γωνίες για τα πάνελ, λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του πάνελ και του οριζώντιου επιπέδου, καθώς και τη γωνία που σχηματίζεται από την προβολή της πλευράς του πάνελ και τον τοπικό μεσημβρινό άξονα.

Ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων επηρεάζεται από τους εξής παραγοντες :

Σκίαση

Όταν φωτοβολταϊκά πάνελ είναι σκιασμένα από κτήρια, δέντρα ή άλλα εμπόδια, η απόδοσή τους μειώνεται καθώς μειώνεται η έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία. Όταν μια κυψέλη ή περιοχή ενός πάνελ σκιάζεται ή δεν λειτουργεί σωστά, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις υπόλοιπες λειτουργικές κυψέλες μπορεί να αντιστραφεί στην ελλιπή περιοχή. Αυτό προκαλεί υπερθέρμανση σε αυτή την περιοχή, γνωστή ως "hot spot".

Θερμοκρασία

Όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, η απόδοση των φωτοβολταϊκών μπορεί να μειωθεί, καθώς συνήθως λειτουργούν καλύτερα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η απόδοση μειώνεται περίπου κατά 0,3% έως 0,5% για κάθε βαθμό Κελσίου που αυξάνεται η θερμοκρασία πάνω από τις κανονικές συνθήκες δοκιμής (STC) των 25°C.

Γήρανση

Η "γήρανση" σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά συστήματα αναφέρεται στη μείωση της απόδοσής τους κατά τη διάρκεια του χρόνου λόγω φυσιολογικής φθοράς και άλλων παραγόντων.

Καθώς το φωτοβολταϊκό σύστημα γερνάει, η απόδοσή του μπορεί να μειωθεί σταδιακά. Αυτή η μείωση της απόδοσης είναι αναμενόμενη και είναι μέρος του φυσιολογικού κύκλου ζωής του συστήματος.

Ωστόσο κάποιοι κατασκευαστές εγγυούνται πως η απόδοση του πλαισίου θα είναι ίση με περίπου 90% της αρχικής μετά από 10-25 χρόνια.

Σκόνη και Υπολείμματα

Η σκόνη, τα φύλλα και άλλα υπολείμματα μπορούν να επικαλυφθούν στην επιφάνεια των πάνελ, μειώνοντας έτσι την απορρόφηση του ηλιακού φωτός και

την απόδοσή τους. Ο τακτικός έλεγχος και καθαρισμός των φωτοβολταϊκών μπορεί να βοηθήσει σημαντικά.

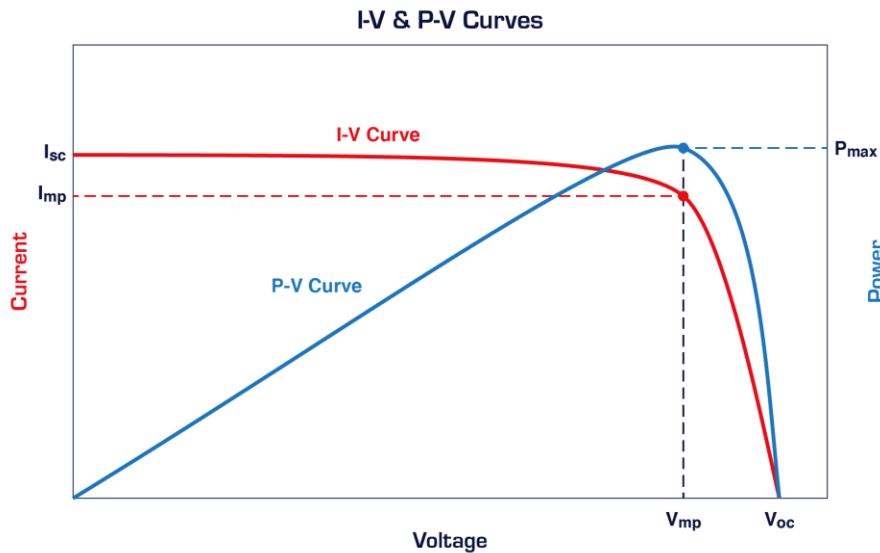
Προσανατολισμός

Εάν η κατεύθυνση των πάνελ δεν είναι σωστή ή εάν δεν έχουν την κατάλληλη κλίση, η απόδοσή τους μπορεί να μειωθεί. Τα πάνελ πρέπει να προσανατολίζονται προς τον Νότο (στο βόρειο ημισφαίριο) για να λαμβάνουν τη μέγιστη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η κλίση που προτείνεται για την Ελλάδα κυμαίνεται περίπου από 25° έως 35° για τις περισσότερες περιοχές.

Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων, καθιστώντας σημαντική την επιλογή κατάλληλων τεχνικών και την κατάλληλη συντήρησή τους για την εξασφάλιση υψηλής απόδοσης ενέργειας.

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι γραφικές αναπαραστάσεις που δείχνουν τη σχέση μεταξύ της τάσης και του ρεύματος που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Οι δύο κύριες καμπύλες που αναπαριστούν το φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι η καμπύλη I-V (ρεύμα-τάση) και η καμπύλη P-V (ισχύς-τάση).



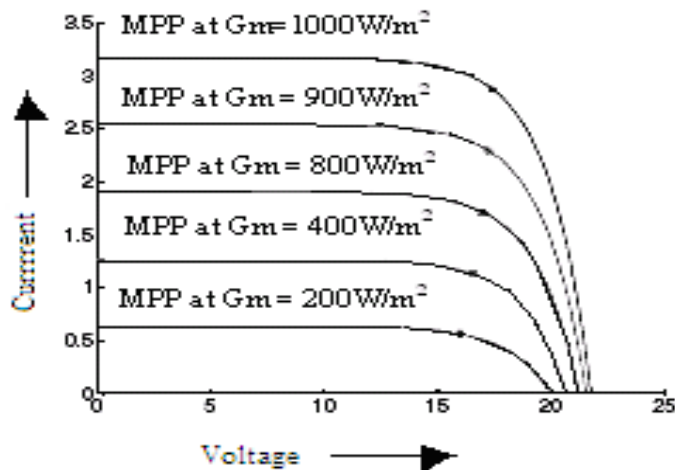
2.4 Χαρακτηριστικές καμπύλες I-V και P-V

1. Καμπύλη I-V (ρεύμα-τάση)

Η καμπύλη I-V (ρεύμα-τάση) της φωτοβολταϊκής κυψέλης απεικονίζει τη σχέση μεταξύ του ρεύματος (I) που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή κυψέλη και της τάσης (V) που εφαρμόζεται σε αυτήν. Η καμπύλη αυτή παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση και τη λειτουργία της κυψέλης σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας, όπως η φωτεινότητα και η θερμοκρασία.

Στην καμπύλη I-V, ο άξονας των x αναπαριστά την τάση (V) που εφαρμόζεται στη φωτοβολταϊκή κυψέλη, ενώ ο άξονας των y αναπαριστά το ρεύμα (I) που παράγεται από αυτήν. Η καμπύλη ξεκινά από το σημείο του ανοιχτού κυκλώματος ($V=0$, $I=I_{sc}$), όπου η τάση είναι μηδενική και το ρεύμα είναι μέγιστο (Short Circuit Current, I_{sc}). Στη συνέχεια, η καμπύλη μεταβαίνει προς το σημείο του ($V=V_{oc}$, $I=0$), όπου η τάση είναι μέγιστη και το ρεύμα είναι μηδενικό (Open Circuit Voltage, V_{oc}).

Η καμπύλη I-V παρουσιάζει ένα κύκλωμα με αντίσταση, και η κλίση της καμπύλης σε οποιοδήποτε σημείο αντιπροσωπεύει την αντίσταση της κυψέλης σε αυτό το σημείο. Η καμπύλη μπορεί επίσης να δείξει το σημείο μέγιστης ισχύος (Maximum Power Point, MPP), το οποίο αντιπροσωπεύει το σημείο στο οποίο η κυψέλη παράγει τη μέγιστη ισχύ. Η απόδοση της κυψέλης μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες όπως η φωτεινότητα, η θερμοκρασία και οι φθορές του κυκλώματος.



Χαρακτηριστική καμπύλη I-V για διάφορες ακτινοβολίες

2. Καμπύλη P-V (ισχύς-τάση):

Η καμπύλη P-V (ισχύς-τάση) της φωτοβολταϊκής κυψέλης απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της ισχύς (P) που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή κυψέλη και της τάσης (V) που εφαρμόζεται σε αυτήν.

Στην καμπύλη P-V, ο άξονας των x αναπαριστά την τάση (V) που εφαρμόζεται στη φωτοβολταϊκή κυψέλη, ενώ ο άξονας των y αναπαριστά την ισχύ (P) που παράγεται από αυτήν. Η καμπύλη αρχίζει από το σημείο μηδενικής τάσης και τάσης ($V=0, P=0$), όπου η ισχύς είναι μηδενική, καθώς δεν υπάρχει τάση που να εφαρμόζεται στην κυψέλη.

Η καμπύλη συνεχίζει να αυξάνεται καθώς αυξάνεται η τάση, φτάνοντας σε ένα σημείο όπου η ισχύς που παράγεται είναι μέγιστη, γνωστή ως σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Στο σημείο MPP, η κυψέλη παράγει τη μέγιστη δυνατή ισχύ για τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας.

Η καμπύλη P-V μπορεί επίσης να δείξει το σημείο Voc, όπου η τάση είναι μέγιστη και η ισχύς είναι μηδενική, καθώς και το σημείο ανοιχτού κυκλώματος (Isc), όπου η τάση είναι μηδενική και η ισχύς είναι μέγιστη. Η καμπύλη P-V παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση της φωτοβολταϊκής κυψέλης, και είναι κρίσιμη για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

2.5 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, κατασκευασμένα συνήθως από πυρίτιο, παράγουν μια μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Για να αυξήσουμε την τάση που παράγεται, συνδέουμε πολλά από αυτά τα κύτταρα σε σειρά. Αυτός ο συνδυασμός δημιουργεί ένα "αλυσιδωτό" εφέ, όπου η τάση προστίθεται καθώς η ηλεκτρική ενέργεια διέρχεται από κάθε κύτταρο. Το αποτέλεσμα είναι μια συνολική τάση πολλαπλάσια της τάσης που θα παράγονταν από ένα μόνο κύτταρο.

Όταν η τάση που παράγεται από ένα μόνο φωτοβολταϊκό στοιχείο δεν είναι αρκετή για την επιθυμητή εφαρμογή, συνδέουμε πολλά πλαίσια σε σειρά. Αυτό επιτυγχάνει την αύξηση της συνολικής τάσης στην έξοδο της διάταξης. Το σύνολο αυτών των συνδεδεμένων φωτοβολταϊκών στοιχείων αποτελεί μια φωτοβολταϊκή συστοιχία (String), η οποία μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη τάση για την εφαρμογή.

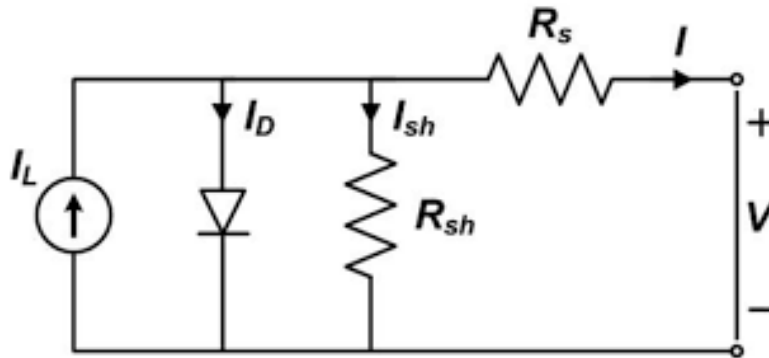


2.5 Φωτοβολταϊκή Συστοιχία (string)

Ηλεκτρικό ισοδύναμο κύκλωμα Φωτοβολταϊκού κελιού

Ένα φωτοβολταϊκό κελί μπορεί να σκεπάζεται από μια στρώση φωτοαντιδραστικού υλικού, συνήθως πυριτίου. Αυτό το υλικό απορροφά το φως και παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Ωστόσο, για να μετρήσουμε αυτό το ρεύμα ή την τάση, χρειαζόμαστε έναν τρόπο να προσομοιώσουμε τη συμπεριφορά του κελιού σε ένα κανονικό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Έτσι, χρησιμοποιούμε το ηλεκτρικό ισοδύναμο κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από μια πηγή τάσης (V) και μια πηγή ρεύματος (I). Η πηγή τάσης αντιστοιχεί στην τάση που παράγεται από το φωτοβολταϊκό κελί όταν δεν είναι συνδεδεμένο σε κάποιο κύκλωμα (ανοικτό κύκλωμα), ενώ η πηγή ρεύματος αντιστοιχεί στο ρεύμα που ρέει μέσα από το κελί όταν τα άκρα του συνδέονται μεταξύ τους.



2.5 Ηλεκτρικό ισοδύναμο Φωτοβολταϊκού κελιού

Ας εξηγήσουμε τι αντιπροσωπεύουν τα κάθε ένα από τα στοιχεία παραπάνω:

1. **I_L** : Αυτό είναι το φωτορεύμα, το ρεύμα που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο όταν εκτίθεται σε φως.

2. **ID**: Αυτό αναφέρεται στο ρεύμα διόδου δηλαδή το ρεύμα που ρέει μέσα από το φωτοβολταϊκό στοιχείο όταν τα άκρα του συνδέονται με μηδενική αντίσταση. Κάποια ποσότητα ρεύματος περνά από την δίοδο και δεν φτάνει στο φορτίο.

3. **Rs**: είναι η αντίσταση που εκφράζει την πτώση τάσης όταν διαρρέεται από ρεύμα.

4. **Rsh**: είναι η παράλληλη αντίσταση, η αντίσταση που προκύπτει από την επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου, τα ρεύματα διαρροής της διόδου p-n κάθε φωτοβολταϊκού στοιχείου.

5. **I**: είναι το ρεύμα που διαρρέει το φωτοβολταϊκό στοιχείο όταν είναι συνδεδεμένο σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

$$I = I_l - I_D - I_{sh}$$

6. **V**: είναι η τάση που παράγεται από το φωτοβολταϊκό στοιχείο όταν είναι συνδεδεμένο σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις γνωστές αρχές των ηλεκτρικών κυκλωμάτων για να μελετήσουμε και να αξιολογήσουμε τη συμπεριφορά του φωτοβολταϊκού κελιού, καθώς και την απόδοσή του σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας.

Τρόποι σύνδεσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα ηλιακά κελιά σπανίως χρησιμοποιούνται μόνα τους για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ηλιακά κελιά παράγουν ρεύμα όταν εκτίθενται στο φως, αλλά αυτή η παραγωγή ρεύματος είναι συνήθως αρκετά μικρή για να τροφοδοτήσει μεγάλα φορτία ή να καλύψει μεγάλες ανάγκες ενέργειας.

Γι' αυτόν τον λόγο, τα ηλιακά κελιά συνήθως συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους για να δημιουργήσουν φωτοβολταϊκά πάνελ με μεγαλύτερη ισχύ. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να τοποθετηθούν σε σκεπές, εδάφη ή άλλες επιφάνειες όπου εκτίθενται στον ήλιο, και συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια για μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια.

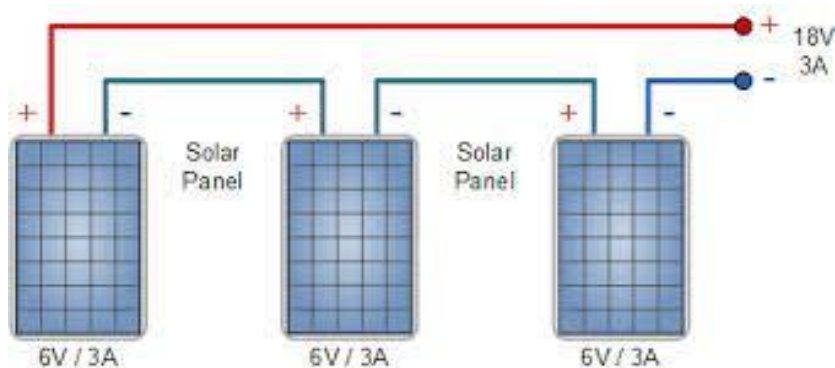
Επιπλέον, τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν να συνδεθούν σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες, οι οποίες αποτελούνται από πολλά πάνελ που συνδέονται μεταξύ τους, προκειμένου να παράγουν μεγαλύτερη ενέργεια για εφαρμογές όπως το ηλιακό φωτοβολταϊκό σύστημα σε κατοικία ή επιχείρηση.

Σύνδεση κελιών σε σειρά

Όταν συνδέουμε φωτοβολταϊκά πάνελ σε σειρά, συνήθως αναφερόμαστε στον τρόπο σύνδεσης των θετικών (+) και αρνητικών (-) πόλων των πάνελ μεταξύ τους. Αυτή η σύνδεση αυξάνει την τάση του συνολικού κυκλώματος.

Όταν τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέονται σε σειρά, η τάση του κυκλώματος αυξάνεται ενώ το ρεύμα παραμένει σχετικά σταθερό. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική ισχύς που παράγεται αυξάνεται, καθώς η ισχύς είναι το γινόμενο της τάσης με το ρεύμα ($P=V \cdot I$), και η αύξηση της τάσης οδηγεί σε μεγαλύτερη ισχύ εξόδου.

Συνήθως, η σύνδεση σε σειρά χρησιμοποιείται όταν χρειαζόμαστε υψηλότερες τάσεις, όπως σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλές τάσεις για τη φόρτιση μπαταριών ή για τη λειτουργία συστημάτων που απαιτούν υψηλές τάσεις εισόδου, όπως στους αντιστροφείς (inverter).



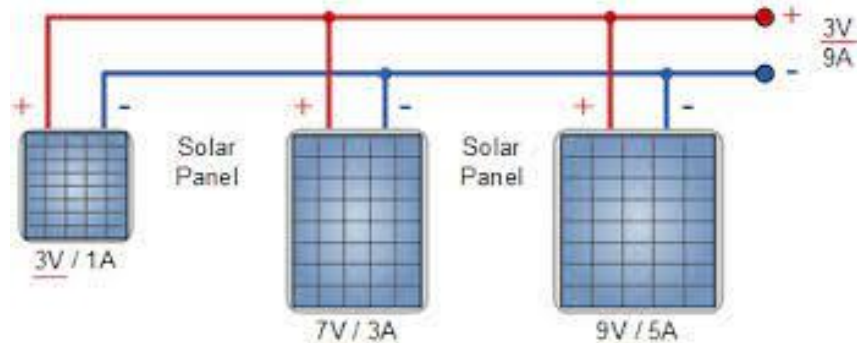
2.5 Σύνδεση σε σειρά

Παράλληλη σύνδεση

Όταν συνδέουμε φωτοβολταϊκά πάνελ παράλληλα, αναφερόμαστε στον τρόπο σύνδεσης των θετικών (+) και αρνητικών (-) πόλων των πάνελ, ώστε να δημιουργήσουμε ένα κοινό σημείο τάσης και ένα κοινό σημείο ρεύματος.

Όταν τα φωτοβολταϊκά πάνελ συνδέονται παράλληλα, η τάση παραμένει σχεδόν σταθερή, ενώ η ένταση του ρεύματος αυξάνεται.

Όμως όταν τα φωτοβολταϊκά συνδέονται παράλληλα, η μεγαλύτερη ένταση ρεύματος απαιτεί μεγαλύτερες διατομές αγωγών, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κόστος εγκατάστασης και περισσότερες απώλειες ισχύος λόγω της χαμηλής τάσης.



2.5 Σύνδεση παράλληλα

Για αυτόν τον λόγο, συνήθως προτιμάται η σύνδεση των κελιών εν σειρά, καθώς αυτή η διάταξη αυξάνει την τάση εξόδου, μειώνοντας τις απώλειες και μειώνοντας τις απαιτήσεις σε αγωγούς. Επιπλέον, η υψηλότερη τάση εξόδου μπορεί να είναι πιο κατάλληλη για πολλές εφαρμογές, όπως η φόρτιση μπαταριών ή η λειτουργία σε συστήματα που απαιτούν υψηλές τάσεις.

2.6 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΗΣΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (ANTI-ISLANDING)

Με τον όρο “φαινόμενο νησίδας” ορίζεται μια μη επιθυμητή κατάσταση κατά την οποία ένα τμήμα του ηλεκτρικού δικτύου, όπου εμπεριέχονται τόσο ηλεκτρικά φορτία όσο και μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, παραμένει ηλεκτροδοτημένο, λόγω των παραπάνω μονάδων, παρότι το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο είναι ανενεργό.

Αιτίες εμφάνισης αυτού του φαινομένου μπορεί να είναι η ηθελημένη αποσύνδεση ενός μέρους του δικτύου από τα μέσα προστασίας αυτού εξαιτίας της ανίχνευσης κάποιου σφάλματος, η προγραμματισμένη διακοπή του δικτύου για λόγους

συντήρησης, η διακοπή της ηλεκτροδότησης λόγω εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, η πιθανή αστοχία ενός μέρος του εξοπλισμού του Σ.Η.Ε. αλλά και το ανθρώπινο λάθος.

Η ανίχνευση του «φαινομένου νησίδας», αποτελεί ένα από τα βασικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται προκειμένου να επιτραπεί η σύνδεση ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος στο Ελληνικό ΣΗΕ, όπως εν γένει και των υπολοίπων διεσπαρμένων πηγών ενέργειας. Οι λόγοι που επιβάλλουν την ανίχνευση αυτών των καταστάσεων έγκειται στη διασφάλιση υψηλής ποιότητας παρεχόμενης ενέργειας στους καταναλωτές και κυρίως η ασφάλεια εγκαταστάσεων και προσώπων.

Αναλυτικότερα, σε περιπτώσεις 35 προγραμματισμένης συντήρησης, ενώ οι Διαχειριστές Δικτύου θέτουν ηθελημένα εκτός λειτουργίας τμήματα του ηλεκτρικού συστήματος για να τελεστούν οι εργασίες συντήρησης, η ενδεχόμενη ηλεκτροδότηση αυτού του τμήματος από διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (λόγω αδυναμίας ανίχνευσης της διακοπής), θέτει δε σε κίνδυνο το προσωπικό που διενεργεί τις απαραίτητες εργασίες. Επιπρόσθετα, εάν οι προστασίες ενός Σ.Η.Ε. ανοίξουν τους διακόπτες προστασίας μιας γραμμής (λόγω ανίχνευσης τυχαίων σφαλμάτων, πιθανής βλάβης του εξοπλισμού, εξωγενών περιβαλλοντικών αιτιών, ανθρώπινων λαθών χειρισμού κ.λ.π.), και δεν καταστεί εφικτό οι διεσπαρμένες πηγές να εντοπίσουν τη διακοπή της ηλεκτροδότησης, θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν τα φορτία που είναι συνδεδεμένα στην ίδια με αυτές γραμμή. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει δύο πολύ σημαντικά προβλήματα:

α) Κατά το χρονικό διάστημα της διακοπής, στο κομμάτι της γραμμής που τέθηκε εκτός λειτουργίας δεν υφίσταται κάποιος κεντρικός έλεγχος της συχνότητας και της τάσης, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές στους υπόλοιπους συνδεδεμένους χρήστες σε περίπτωση που οι διεσπαρμένες πηγές δε μπορέσουν να τροφοδοτήσουν τα φορτία με τα απαραίτητα ποσά ενεργού και άεργου ισχύος.

β) Στην περίπτωση που οι διεσπαρμένες μονάδες παραγωγής μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των φορτίων, όταν οι διακόπτες των συστημάτων προστασίας επανασυνδέσουν την εν λόγω γραμμή στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της τάσης στους ακροδέκτες των διεσπαρμένων πηγών και αυτής του υπολοίπου Σ.Η.Ε. (διαφορά φάσης και πλάτους, απώλεια συγχρονισμού με το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο) Οι διαφορές αυτές είναι δυνατό να έχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο στην ίδια την εγκατάσταση όσο στους υπόλοιπους συνδεδεμένους καταναλωτές.

Οι αντιστροφείς των κτηριακών φωτοβολταϊκών συστημάτων θα πρέπει να διαθέτουν προστασία έναντι νησιδοποίησης κατά VDE 0126-1-1 ή ισοδύναμης μεθόδου κατά IEC 62116. Στην περίπτωση ανίχνευσης απομονωμένης λειτουργίας (ανεξαρτήτως της χρησιμοποιούμενης μεθόδου), η απόζευξη των Φ/Β μονάδων από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να γίνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου (απαιτούμενος χρόνος εκκαθάρισης τυχαίων μη σοβαρών σφαλμάτων), έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συνέπειες που μπορούν να προκληθούν από ενδεχόμενη ταχεία επαναφορά της τάσης του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.1 ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στο σημείο αυτό θα αναφέρουμε τα στάδια προμελέτης της εγκατάστασης τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

-Χωροθέτηση των φωτοβολταϊκών

Μια σωστή χωροθέτηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος περιλαμβάνει την σωστή επιλογή της τοποθεσίας και την διάταξη των φωτοβολταϊκών πάνελ, λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση και την ασφάλεια του συστήματος. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν :

- **Ηλιοφάνεια και Σκίαση:** Η τοποθεσία των πάνελ πρέπει να επιλεχθεί έτσι ώστε να εκτίθενται στον μέγιστο δυνατό χρόνο στον ήλιο, αποφεύγοντας τις σκιές από κτίρια, δέντρα, κολώνες Δεή ,κεραίες , ηλιακούς θερμοσίφωνες και άλλα τέτοια εμπόδια.
Η σκίαση των πάνελ εκτός από την μείωση της απόδοσης τους επηρεάζει και στην γρηγορότερη γήρανσή τους.

Στην παρακάτω φωτογραφία φαίνεται το πρόβλημα σκίασης των πάνελ από πιθανόν δέντρα δίπλα από το σύστημα που εγκαταστάθηκε.



3.1 Σκίαση από εμπόδια σε φωτοβολταϊκά πάνελ

- **Κλίση και Ευθυγράμμιση:** Τα πάνελ θα πρέπει να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν την κατάλληλη κλίση και ευθυγράμμιση για τη μέγιστη παραγωγή ενέργειας.
Η σωστή κλίση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και συνήθως καθορίζεται με βάση τη γεωγραφική τοποθεσία και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Γενικά σε περιοχές με μέτριο έως υψηλή ηλιοφάνεια η κλίση των πάνελ κυμαίνεται μεταξύ 30° και 35°. Ωστόσο η βέλτιστη κλίση μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου.
- **Κατανομή Φορτίου:** Η κατανομή των πάνελ στη στέγη πρέπει να γίνει ομοιόμορφα και με ασφάλεια, λαμβάνοντας υπόψη την στατική ανάλυση της στέγης.

Πριν από την εγκατάσταση, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η στατική αντοχή της στέγης για να διασφαλιστεί ότι μπορεί να υποστηρίξει το επιπλέον βάρος των πάνελ.

Τα πάνελ πρέπει να τοποθετηθούν με ομοιόμορφο τρόπο σε όλη την επιφάνεια της στέγης αποφεύγοντας τη συγκέντρωση βάρους σε συγκεκριμένα σημεία.

Για τους λόγους αυτούς όπου είναι εφικτό γίνεται επιλογή υλικών χαμηλού βάρους.

- **Συνδεσιμότητα με το δίκτυο:** Το σύστημα πρέπει να συνδεθεί σωστά με το δίκτυο ενέργειας του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές απαιτήσεις και τις τοπικές κανονιστικές απαιτήσεις.
- **Προσαρμογή στις κλιματικές συνθήκες:** Η χωροθέτηση πρέπει να λάβει υπόψη τις τοπικές κλιματικές συνθήκες και τις ακραίες καιρικές συνθήκες όπως ισχυροί ανέμοι ή χιονοπτώσεις. Η προσαρμογή του φωτοβολταϊκού συστήματος στις ακραίες κλιματικές συνθήκες είναι κρίσιμη για την αντοχή και τη μακροζωία του συστήματος. Αυτές οι συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν φθορές ή ακόμη και καταστροφές στα πάνελ ή στη δομή της εγκατάστασης.

Μια σωστή χωροθέτηση εξασφαλίζει όχι μόνο την μέγιστη παραγωγή ενέργειας αλλά και την μακροχρόνια αξιοπιστία και ασφάλεια του φωτοβολταϊκού συστήματος.

-Εγκατάσταση μετατροπέα (Ινβέρτερ) και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού.

Μετά απο την προμελέτη της χωροθέτησης πρέπει να βρούμε το σωστό μέρος για την τοποθέτηση του ινβέρτερ.

Η εγκατάσταση του Ινβέρτερ και των πινάκων συνεχούς και εναλλασώμενου ρεύματος είναι σημαντικά βήματα στην κατασκευή. Αυτά τα στάδια πρέπει να πραγματοποιηθούν με προσοχή και σύμφωνα με τους αντίστοιχους κανονισμούς, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

Ο μετατροπέας (Ινβέρτερ) και οι πίνακες AC και DC πρέπει να τοποθετηθουν σε κατάλληλο μέρος, δεν θα πρέπει να είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο και στην υγρασία συνήθως τοποθετούνται σε εσωτερικό χώρο με καλό εξαερισμό, μακριά από παραγόμενη θερμότητα και σε θέση προσβάσιμη για τη συντήρηση και τον έλεγχο.

-Όδευση ηλεκτρικών αγωγών

Πρώτο βήμα είναι ο σχεδιασμός της διαδρομής των καλωδίων, λαμβάνοντας υπόψη την τοποθεσία των φωτοβολταϊκών πάνελ, τον μετατροπέα και το ηλεκτρικό

δίκτυο, καθώς και τυχόν εμπόδια όπως δέντρα ή κτίρια. Η διαδρομή πρέπει να είναι ομαλή.

Οι καλωδιώσεις που εκτίθενται στις καιρικές συνθήκες πρέπει να προστατεύονται εντός καναλιού που είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης.

Πρέπει να επιλέγονται κατάλληλα καλώδια και αξεσουάρ που να πληρούν τις απαιτήσεις ασφάλειας και απόδοσης. Τα καλώδια πρέπει να στερεώνονται με ασφάλεια κατά μήκος της διαδρομής.

Η διαδρομή τους πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη και ασφαλέστερη, όχι μόνο για οικονομικούς λόγους αλλά και για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του συστήματος.

Μεγάλη έμφαση χρειάζεται να δοθεί στον αγωγό που συνδέει τον πίνακα AC (εναλλασσόμενου ρεύματος) με το μετρητή της ΔΕΗ. Η διατομή στην συγκεκριμένη περίπτωση θα είναι αρκετά μεγάλη για αυτό επιλέγουμε την ασφαλέστερη και πιο οικονομική διαδρομή.

-Γείωση του συστήματος

Πρώτα από όλα θα επισκεφθούμε τον χώρο του κτιρίου και θα προβούμε σε μέτρηση της υπάρχουσας γείωσης. Στην περίπτωση που διαπιστώσουμε ότι η τιμή της δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ασφάλειας για το σύστημα μας, θα αναλάβουμε την κατασκευή μιας νέας γείωσης σε κατάλληλο σημείο.

Κατά τη διαδικασία αυτή της κατασκευής, θα εξετάσουμε επίσης τη διαδρομή των αγωγών προστασίας, προκειμένου να εξασφαλίσουμε την ορθή σύνδεση όλων των μεταλλικών στοιχείων της εγκατάστασης. Αυτό είναι ουσιώδες για τη διασφάλιση μιας ισχυρής και αποτελεσματικής γείωσης, η οποία είναι κρίσιμη για την προστασία του συστήματος και την ασφάλεια των χρηστών.

Έτσι λοιπόν από όσα αναφέραμε η προμελέτη της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος αποτελεί θεμέλιο λίθο για την επιτυχή υλοποίηση και λειτουργία του έργου. Από την αξιολόγηση των χώρων έως την επιλογή των κατάλληλων τεχνολογικών λύσεων και την εκτίμηση του κόστους, η προμελέτη παίζει κρίσιμο ρόλο στην επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Με την ακρίβεια και την προσεκτική προεργασία της προμελέτης, μπορούμε να διασφαλίσουμε όχι μόνο την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα του

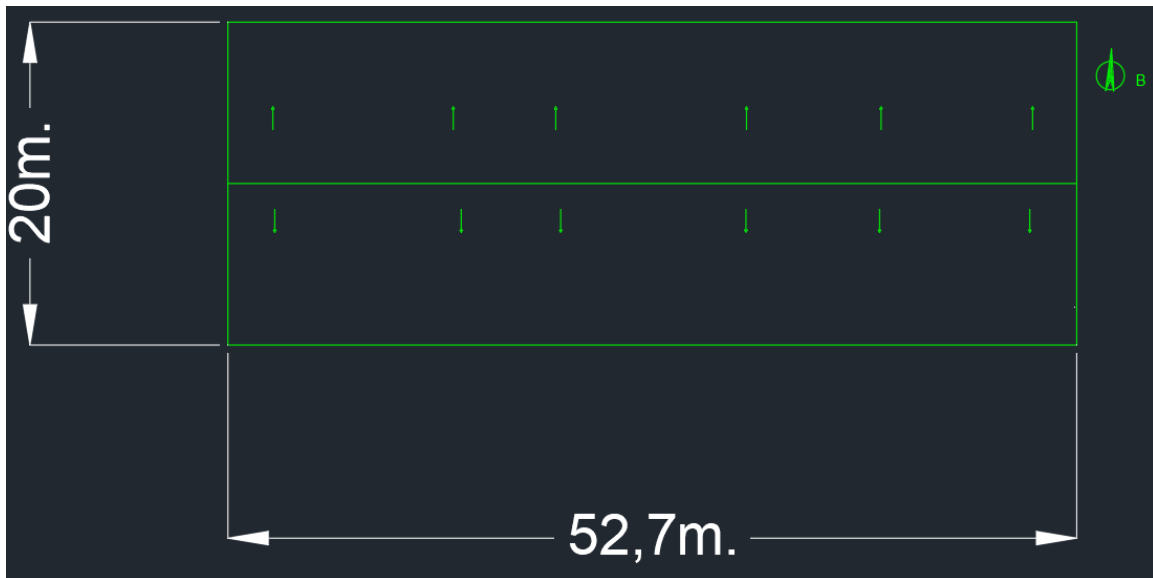
συστήματος, αλλά και την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου εντός του προβλεπόμενου προϋπολογισμού και χρονοδιαγράμματος. Επομένως, η προμελέτη αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του διαδικαστικού και τεχνικού σχεδιασμού μιας επιτυχούς εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η επιχείρηση όπου θα γίνει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος βρίσκεται στον Δήμο Πύργου, στον Νομό Ηλείας.



3.2 Κάτοψη βιομηχανικής στέγης από δορυφόρο.



3.2 Κάτοψη βιομηχανικής στέγης σε Autocad.

Όπως παρατηρούμε από τις κατ' όψεις η βιομηχανική στέγη έχει συνολική επιφάνεια $52,7\mu. \times 20\mu. = 1054\tau.μ$. Ο προσανατολισμός της είναι Βόρειος στην μία πλευρά της στέγης και Νότιος στην άλλη πλευρά της. Για τον λόγο αυτό για την μέγιστη παραγωγή ενέργειας θα εκμεταλλευτούμε την πλευρά που έχει Νότιο προσανατολισμό . Οπότε οι διαστάσεις της εκμεταλλεύσιμης επιφάνειας θα αλλάξουν από $1054\tau.μ$ σε $52,7\mu. \times 10\mu. = 527\tau.μ$.



3.2 Κάτοψη εκμεταλλεύσιμης επιφάνειας βιομηχανικής στέγης.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρούμε πως οι συνθήκες που επικρατούν είναι ιδανικές. Ο ανοιχτός χαρακτήρας του περιβάλλοντος διασφαλίζει την ανεμπόδιση πρόσβαση στον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η έλλειψη εμποδίων εξασφαλίζει τη συνεχή παραγωγή ενέργειας χωρίς απώλειες. Αυτό το πλεονέκτημα ενισχύει την αποτελεσματικότητα του φωτοβολταϊκού συστήματος και εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή απόδοση ενέργειας για τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα της εγκατάστασης.

Όσον αφορά τον μετατροπέα (inverter) και τους ηλεκτρολογικούς πίνακες θα εγκατασταθούν σε έναν κατάλληλο χώρο μέσα στο κτίριο, προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες και τον ήλιο, προκειμένου να διασφαλιστεί η σταθερή και ασφαλής λειτουργία του.

3.3 NET METERING

Το Net Metering είναι μία συμφωνία με την επιχείρηση ηλεκτρισμού που επιτρέπει στους καταναλωτές να παράγουν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές όπως τα φωτοβολταϊκά συστήματα εγχέοντάς τη στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Οι καταναλωτές μπορούν να χρησιμοποιούν την παραγόμενη ενέργεια για τις δικές τους ανάγκες ενώ η πλεονάζουσα ενέργεια που παράγεται και δεν καταναλώνεται εγχέεται στο δίκτυο. Στη συνέχεια, οι καταναλωτές λαμβάνουν πίστωση για την ενέργεια που έχουν παράξει.

Η ΔΕΗ – ΔΕΔΔΗΕ συμφωνεί το ρεύμα, που παράγουν τα φωτοβολταϊκά, με το ρεύμα που καταναλώνει ο ιδιοκτήτης του φωτοβολταϊκού σε ετήσια βάση, μεταφέροντας τυχόν περίσσευμα ενέργειας στον λογαριασμό του επόμενου έτους. Κάθε τρία χρόνια γίνεται εκκαθάριση καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας.

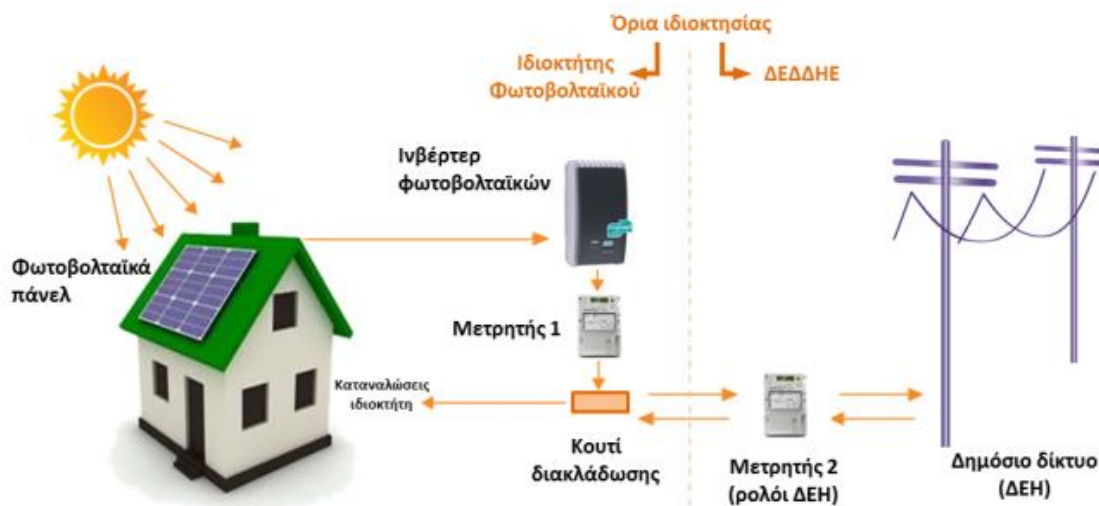
Επιλέγοντας ένα σύστημα που παράγει σε ένα έτος, όση ενέργεια (κιλοβατώρες-kWh) καταναλώνουμε ετήσια τότε μειώνουμε δραματικά το λογαριασμό ρεύματος.

Λειτουργία Net-metering

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, που εγκαθιστούμε στα πλαίσια του net metering, συνδέονται με έναν αντιστροφέα τάσης (ινβέρτερ) διασυνδεδεμένων φωτοβολταϊκών (on grid). Το ινβέρτερ συνδέεται με τον μετρητή 1, που καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια των φωτοβολταϊκών.

Στην συνέχεια η ενέργεια καταναλώνεται απ'ευθείας από τον ιδιοκτήτη του Φ/Β. Εάν περισσεύει ή εάν ο ιδιοκτήτης δεν έχει καταναλώσει εκείνη την χρονική στιγμή, τότε διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσω του μετρητή 2 (ρολόι ΔΕΗ).

Ο μετρητής 2 είναι διπλής κατεύθυνσης και καταγράφει τόσο το εισερχόμενο προς το κτίριο ρεύμα (συνολική κατανάλωση ιδιοκτήτη), όσο και το εξερχόμενο προς το δίκτυο της ΔΕΗ. Η διαφορά με τα υπόλοιπα φωτοβολταϊκά, που εγκαθίστανται σε σπίτια και επιχειρήσεις ή σε χωράφια(πάρκα), είναι στον τρόπο συμψηφισμού της παραγόμενης ενέργειας.



3.3 Net-Metering Σχεδιάγραμμα συνδεσμολογίας

Στο net metering ο συμψηφισμός είναι ενεργειακός. Ο μετρητής της ΔΕΗ (μετρητής 2) μετράει την ενέργεια που καταναλώνει το ακίνητο στο οποίο είναι εγκατεστημένο το φωτοβολταϊκό και ο μετρητής του ιδιοκτήτη (μετρητής 1) την ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό.

Στο τέλος κάθε μετρητικής περιόδου (εκκαθαριστικός λογαριασμός), το ποσό που θα πληρώσετε στην ΔΕΗ για το ρεύμα, θα είναι το κόστος των κιλοβατώραν (kWh), που προκύπτουν από την διαφορά ανάμεσα στον μετρητή 2 και τον μετρητή 1.

Εάν η διαφορά είναι μηδενική τότε δεν θα πληρώσουμε για το ρεύμα που καταναλώσαμε. Εάν η διαφορά είναι πλεονασματική, τότε η περίσσεια ενέργεια μεταφέρεται στον επόμενο λογαριασμό μέχρι να κλείσει ο κύκλος (κάθε τρία χρόνια) και να γίνει η εκκαθάριση.

Εάν προκύψει, ότι η ενέργεια που δώσαμε στη ΔΕΗ, είναι λιγότερη από την ενέργεια που καταναλώσαμε, τότε θα πληρώσουμε την διαφορά.

Εάν όμως έχουμε δώσει περισσότερη ενέργεια στη ΔΕΗ, τότε αυτή μεταβιβάζεται στους λογαριασμούς της επόμενης χρονιάς και αυτό συνεχίζεται για χρονικό

διάστημα 3 ετών. Μετά τα 3 χρόνια, ακόμα και εάν υπάρχει περίσσεια ενέργειας, αυτή μηδενίζεται και δεν αποζημιώνεται.

Οι πρόσφατες αλλαγές στη νομοθεσία για το net metering στην Ελλάδα έχουν επιφέρει σημαντικούς **περιορισμούς στην ισχύ** των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Συγκεκριμένα, πλέον έχει τεθεί περιορισμός στην ισχύ του φωτοβολταϊκού συστήματος στο **Οικιακό net-metering** με ανώτατο όριο τα 10,8 κιλοβάτ (kW) ανά παροχή. Ενώ στο **Net-metering για επιχειρήσεις** δίνεται το εκατό τοις εκατό (100%) της συμφωνημένης ισχύος της παροχής κατανάλωσης, με ανώτατο όριο τα εκατό (100) κιλοβάτ (kW) ανά παροχή κατανάλωσης.

Για τον λόγο αυτό, το φωτοβολταϊκό συστήματα που θα εγκαταστήσουμε στην βιομηχανική στέγη της επιχείρησης **δεν θα υπερβαίνει τα 100 kW**.

3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η σωστή επιλογή φωτοβολταϊκών στοιχείων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ανάλογα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές του έργου, παρακάτω είναι μερικά σημαντικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος:

1. Απαιτήσεις Ισχύος: Εξετάζουμε την ενεργειακή κατανάλωση του κτηρίου ή της εγκατάστασης για την οποία θα γίνει η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

2. Χώρος Εγκατάστασης: Αξιολογούμε τον διαθέσιμο χώρο για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πάνελ και άλλων συστημάτων, λαμβάνοντας υπόψη τυχόν περιορισμούς ή εμπόδια.

3. Ενεργειακές Απαιτήσεις: Αναλύουμε την ηλιοφάνεια και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής όπου θα γίνει η εγκατάσταση, προκειμένου να εκτιμήσουμε την αναμενόμενη παραγωγή ενέργειας του συστήματος.

4. Πιστοποιήσεις και Εγγυήσεις: Βεβαιωνόμαστε ότι οι προμηθευτές φωτοβολταϊκών συστημάτων παρέχουν εγγυήσεις και έχουν πιστοποιήσεις ποιότητας για τα προϊόντα τους.

5. Τεχνολογία: Επιλέγουμε την κατάλληλη τεχνολογία πάνελ, όπως μονοκρυσταλλικά, πολυκρυσταλλικά ή thin film, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση, το κόστος και τον διαθέσιμο χώρο.

Τα μονοκρυσταλλικά πάνελ συνήθως έχουν υψηλότερη απόδοση από τους πολυκρυσταλλικούς και τα thin film στοιχεία. Με την τεχνολογία τους, μπορούν να παράγουν περισσότερη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας. Αυτό τα καθιστά κατάλληλα για εγκαταστάσεις με περιορισμένο χώρο ή για εγκαταστάσεις όπου η απόδοση είναι κρίσιμη.

Από την άλλη πλευρά, οι πολυκρυσταλλικοί φωτοβολταϊκοί παρέχουν μια καλή ισορροπία μεταξύ απόδοσης και κόστους. Ενώ δεν είναι τόσο αποδοτικοί όσο οι

μονοκρυσταλλικοί, είναι πιο οικονομικοί σε σύγκριση μαζί τους. Αυτό τους καθιστά μια καλή επιλογή για εγκαταστάσεις που έχουν μεγαλύτερο προϋπολογισμό, αλλά ακόμη χρειάζονται καλή απόδοση.

Τα thin film φωτοβολταϊκά είναι λιγότερο αποδοτικά από τα προηγούμενα δύο, αλλά προσφέρουν την πλεονεκτική δυνατότητα εύκαμπτης εγκατάστασης και χρήσης σε διάφορες επιφάνειες, συμπεριλαμβανομένων των καμπύλων ή μη επίπεδων επιφανειών. Είναι ιδανικά για εφαρμογές όπου η ευελιξία και η αισθητική είναι σημαντικοί παράγοντες.

Μετά από ανάλυση των διαφόρων επιλογών για τα φωτοβολταϊκά πάνελ, επιλέχτηκαν τα μονοκρυσταλλικά πάνελ για την εγκατάστασή.

Η απόδοση, η αξιοπιστία και η αντοχή τους στον χρόνο καθώς και η υψηλή απόδοση που προσφέρουν, καθιστούν τα μονοκρυσταλλικά πάνελ μια ιδανική επιλογή για την περίπτωση αυτή.

Με βάση την εκτίμηση της αγοράς για την εγκατάστασή μας θα χρησιμοποιήσουμε μονοκρυσταλλικά πάνελ πυριτίου της Εταιρείας Recom. Πιο συγκεκριμένα θα τοποθετηθεί το μοντέλο RCM-550-7MF.

Η ισχύς του πάνελ RCM-550-7MF είναι 550Watt και θα χρησιμοποιηθούν 180 πάνελ στο συγκεκριμένο έργο. Συνολικά θα έχουμε $550\text{Watt} \times 180 = 99.000\text{ Watt}$



Guaranteed mechanical
resistance to severe
weather conditions

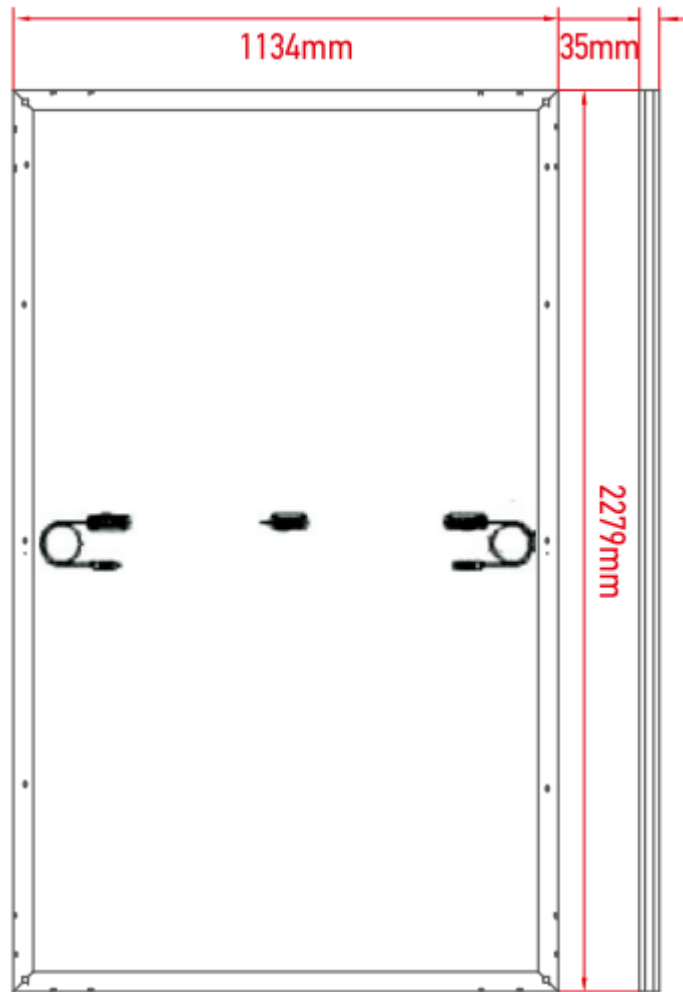


Positive Tolerance



100 % electro-
luminescence tested

3.4 Recom RCM-550-7MF (μπροστινή όψη)



3.4 Recom RCM-550-7MF (πίσω όψη)

-Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά STC (Πρότυπες συνθήκες δοκιμής)
Ακτινοβολία $1000W/m^2$, Θερμοκρασία πλαισίου $25^{\circ}C$, AM 1.5

- Μέγιστη ισχύς (P_{mp}): 550 Wp
- Ονομαστική τάση λειτουργίας (U_{mp}): 41.6 V
- Ονομαστική ένταση ρεύματος λειτουργίας (I_{mp}): 13.23 A
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U_{oc}): 49.8 V
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}): 13.99 A
- Βαθμός απόδοσης πλαισίου ($\eta_{πλ}$): 21.28 %
- Μέγιστο ρεύμα ασφαλειών σειράς (I_r): 25A
- Μέγιστη τάση συστήματος (U_{sys}): 1500 DC

-Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά NMOT (Ονομαστική θερμοκρασία μονάδας λειτουργίας)

Ακτινοβολία 800 W/m^2 , Θερμοκρασία πλαισίου 20°C , AM 1.5, ταχύτητα ανέμου 1 m/s

- Μέγιστη ισχύς (P_{mp}): 410 Wp
- Ονομαστική τάση λειτουργίας (U_{mp}): 38.8 V
- Ονομαστική ένταση ρεύματος λειτουργίας (I_{mp}): 10.58 A
- Τάση ανοιχτού κυκλώματος (U_{oc}): 46.60 V
- Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}): 11.28 A

-Μηχανικά χαρακτηριστικά

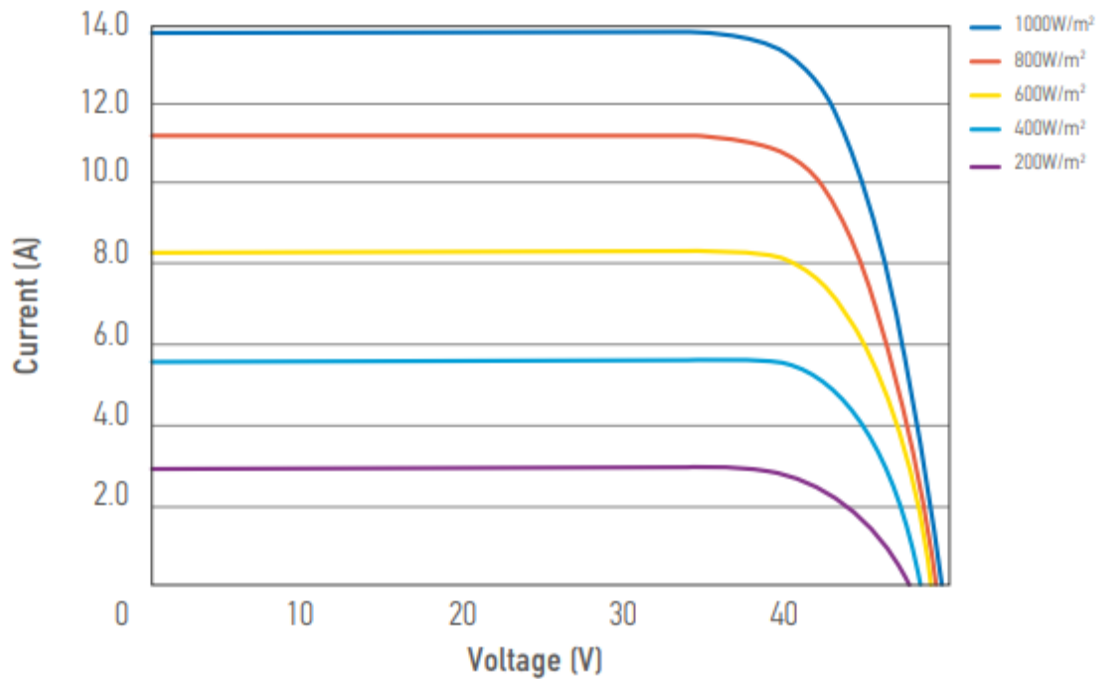
- Διαστάσεις : $2279\text{mm} \times 1134\text{mm} \times 35\text{mm}$
- Βάρος : 29.0 Kg
- Τύπος κυψέλης: Μονοκρυσταλλική $182\text{mm} \times 91\text{mm}$ (2x72Pcs)- M10
- Μπροστινό γυαλί: θερμικά σκληρυμένο γυαλί πάχους 3.2mm
- Πίσω πλευρά: Αντιγηραντική ταινία (μαύρη)
- Πλαίσιο: Κράμα Ανοδιωμένου Αλουμινίου
- Κουτί σύνδεσης κλάσης: IP68
- Βύσματα σύνδεσης: MC4
- Καλώδια εξόδου: 4.0mm^2 – μήκος landscape: 1400mm Portrait: (-) 200mm και (+) 300mm

-Θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά

- P_{max} Συντελεστής Θερμοκρασίας : $-0.36 \text{ \%}/^\circ\text{C}$
- V_{oc} Συντελεστής Θερμοκρασίας : $-0.28 \text{ \%}/^\circ\text{C}$
- I_{sc} Συντελεστής Θερμοκρασίας : $0.05 \text{ \%}/^\circ\text{C}$
- Θερμοκρασία λειτουργίας: $-40 \sim + 85^\circ\text{C}$
- Ονομαστική Θερμοκρασία λειτουργίας κυψέλης(NMOT): $41 \pm 3^\circ\text{C}$

-Καμπύλη I-V (ρεύματος-τάσης)

The module relative power loss at low light irradiance of $200\text{W}/\text{m}^2$ is less than 3%.



Τοποθέτηση βάσεων.

Η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών πάνελ στην προτεινόμενη βιομηχανική στέγη θα πραγματοποιηθεί με βάση την υπάρχουσα κλίση της στέγης, η οποία είναι 15 μοίρες με νότιο προσανατολισμό. Παρά το γεγονός ότι η ιδανική κλίση για τη μέγιστη απόδοση των πάνελ θεωρείται γύρω στις 25-35 μοίρες, οι συνθήκες της βιομηχανικής στέγης δεν επιτρέπουν την τοποθέτηση βάσεων για την προσαρμογή της κλίσης.

Η επιλογή αυτή επιβάλλεται από την κατασκευαστική δομή της στέγης και τις πρακτικές δυνατότητες εγκατάστασης. Τα φωτοβολταϊκά θα τοποθετηθούν πάνω στην στέγη και θα προσαρμοστούν στην κλίση της η οποία είναι 15 μοιρών με νότιο προσανατολισμό είναι μια αποδεκτή επιλογή, η οποία θα εξασφαλίσει μια καλή ενεργειακή απόδοση υπό τις δεδομένες συνθήκες. Η νότια κατεύθυνση των πάνελ θα βοηθήσει στο να μεγιστοποιηθεί η ηλιακή ακτινοβολία που θα συλλέγεται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Τεχνικές Λεπτομέρειες Εγκατάστασης

Για την εξασφάλιση της σταθερής και ασφαλούς τοποθέτησης των πάνελ, θα τοποθετηθούν σειρές βάσεων κατά μήκος της στέγης. Αυτές οι βάσεις θα στερεωθούν με τη χρήση ειδικών αυτοδιάτρητων βιδών , εξασφαλίζοντας έτσι την ανθεκτικότητα και την σταθερότητα των βάσεων. Θα τοποθετηθεί επίσης ειδική μόνωση για να αποφύγουμε τυχών εισροές νερού στην στέγη.

3.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ INVERTER (ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ)

Ο inverter, ή αλλιώς μετατροπέας, είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα οικιακά ή βιομηχανικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Η επιλογή του μετατροπέα (inverter) είναι ένα κρίσιμο βήμα στη σχεδίαση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Ο inverter, ή αλλιώς μετατροπέας, είναι μια συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα οικιακά ή βιομηχανικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Χαρακτηριστικά μέρη του Inverter:

- Είσοδος DC: Το σημείο όπου συνδέονται τα φωτοβολταϊκά πάνελ με τον inverter.
- Μετατροπέας DC-DC: Αυτή η μονάδα αυξάνει ή μειώνει την τάση του DC για να βελτιστοποιήσει τη μετατροπή σε AC.
- Ελεγκτής MPPT (Maximum Power Point Tracking): Εξασφαλίζει ότι τα φωτοβολταϊκά πάνελ λειτουργούν στο μέγιστο σημείο ισχύος τους, αυξάνοντας την αποδοτικότητα.
- Μετατροπέας DC-AC: Μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Φίλτρα: Καθαρίζουν το σήμα του AC ώστε να είναι σταθερό και να μην έχει παραμορφώσεις.
- Ελεγκτής Συστήματος: Διαχειρίζεται και ελέγχει τη λειτουργία του inverter, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης της τάσης και της συχνότητας.

- Έξοδος AC: Το σημείο όπου συνδέεται το σύστημα με το δίκτυο ηλεκτροδότησης ή με τις οικιακές συσκευές.
- Σύστημα ψύξης: Προστατεύει τον inverter από υπερθέρμανση.

Σχεδιαστικές Απαιτήσεις και Συμβατότητα

Είναι ζωτικής σημασίας να διασφαλιστεί ότι η φωτοβολταϊκή συστοιχία και ο inverter συνεργάζονται αποτελεσματικά. Ο inverter χρειάζεται να λειτουργεί εντός ενός συγκεκριμένου εύρους τιμών τάσης εισόδου, με ένα ανώτατο όριο που δεν πρέπει να ξεπεραστεί για να αποφευχθεί η καταστροφή του. Επομένως, ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων που συνδέονται σε σειρά πρέπει να υπολογίζεται προσεκτικά, ώστε να μην υπερβαίνουν αυτό το όριο υπό οποιεσδήποτε συνθήκες λειτουργίας.

Για την αποτελεσματική λειτουργία και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της εγκατάστασής μας, θα εγκαταστήσουμε δύο μετατροπείς (inverters). Οι μετατροπείς αυτοί είναι της εταιρείας GoodWe, συγκεκριμένα το μοντέλο GW50KN-MT.

Η χρήση δύο μετατροπέων προσφέρει πλεονεκτήματα όπως:

Αύξηση Αξιοπιστίας: Η κατανομή του φορτίου σε δύο μονάδες μειώνει τον κίνδυνο πλήρους διακοπής λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης ενός από τους μετατροπείς.

Βελτίωση Απόδοσης: Οι μετατροπείς GoodWe GW50KN-MT είναι σχεδιασμένοι για υψηλή απόδοση και αξιοπιστία, διασφαλίζοντας ότι η ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα μετατρέπεται αποδοτικά σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC).

Ευελιξία και Επέκτασιμότητα: Η χρήση δύο μονάδων επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση της ενέργειας και την ευκολότερη επέκταση του συστήματος στο μέλλον.



3.5 Inverter Goodwe-GW50KN-MT

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Εισόδου

Μέγιστη τάση εισόδου (V)= 1100

Εύρος τάσης λειτουργίας MPPT (V)= 200 ~ 1000

Τάση εκκίνησης (V)= 200

Ονομαστική τάση εισόδου (V) = 620

Μέγιστο Ρεύμα εισόδου ανά MPPT (A) = 33 / 33 / 22 / 22

Μέγιστο Ρεύμα βραχυκυκλώματος ανά MPPT (A)= 41.5 / 41.5 / 27.5 / 27.5

Αριθμός MPP Trackers = 4

Αριθμός Strings ανά MPPT = 3 / 3 / 2 / 2

Εξόδου

Ονομαστική ισχύς εξόδου (W)= 50000

Ονομαστική Φαινόμενη Ισχύς Εξόδου (VA)=50000

Μέγιστο εναλλασσόμενο ρεύμα (W) = 55000; 57500 @415V*1

Μέγιστη φαινόμενη ισχύς AC (VA)=55000; 57500 @415V

Ονομαστική τάση εξόδου (V) = 400, 3L / N / PE ή 3L / PE

Ονομαστική συχνότητα δικτύου AC (Hz) = 50 / 60

Μέγιστο Ρεύμα εξόδου (A) = 80.0

Συντελεστής ισχύος = ~1 (ρυθμιζόμενο από 0,8 καθυστέρηση έως 0,8 προπορευόμενο)
Μέγιστη Ολική αρμονική παραμόρφωση = <3%

Αποδοτικότητα

Μέγιστη αποδοτικότητα = 98.7%
Ευρωπαϊκή Αποδοτικότητα = 98.3%

Προστασία

Παρακολούθηση ρεύματος Φ/Β συστοιχίας = Ενσωματωμένη
Ανίχνευση αντίστασης μόνωσης Φ/Β = Ενσωματωμένη
Παρακολούθηση υπολειπόμενου ρεύματος = Ενσωματωμένη
Προστασία αντίστροφης πολικότητας = Ενσωματωμένη
Αντιησιωτική Προστασία = Ενσωματωμένη
Προστασία από υπερένταση AC = Ενσωματωμένη
AC προστασία βραχυκυκλώματος = Ενσωματωμένη
Προστασία από υπέρταση AC = Ενσωματωμένη
Διακόπτης DC = Ενσωματωμένος
Προστασία από υπερτάσεις DC = Τυπος II
Προστασία από υπέρταση AC = Τυπος II
AFCI = Optional
PID Recovery = Optional

Γενικά δεδομένα

Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας (°C) = -30 ~ +60
Σχετική υγρασία = 0 ~ 100%
Μέγιστο Λειτουργικό Ύψος (m) = 4000
Μέθοδος Ψύξης = Έξυπνη ψύξη με ανεμιστήρα
Διεπαφή χρήστη = LED, LCD (Optional), WiFi + APP
Επικοινωνία = RS485, WiFi or PLC (Optional)
Βάρος (kg) = 59.0
Διάσταση (W × H × D mm) = 586 × 788 × 264
Τοπολογία = Μη απομονωμένη
Αυτοκατανάλωση τη νύχτα (W) <1
Αξιολόγηση προστασίας = IP65
DC Σύνδεση = MC4 (4 ~ 6mm²)

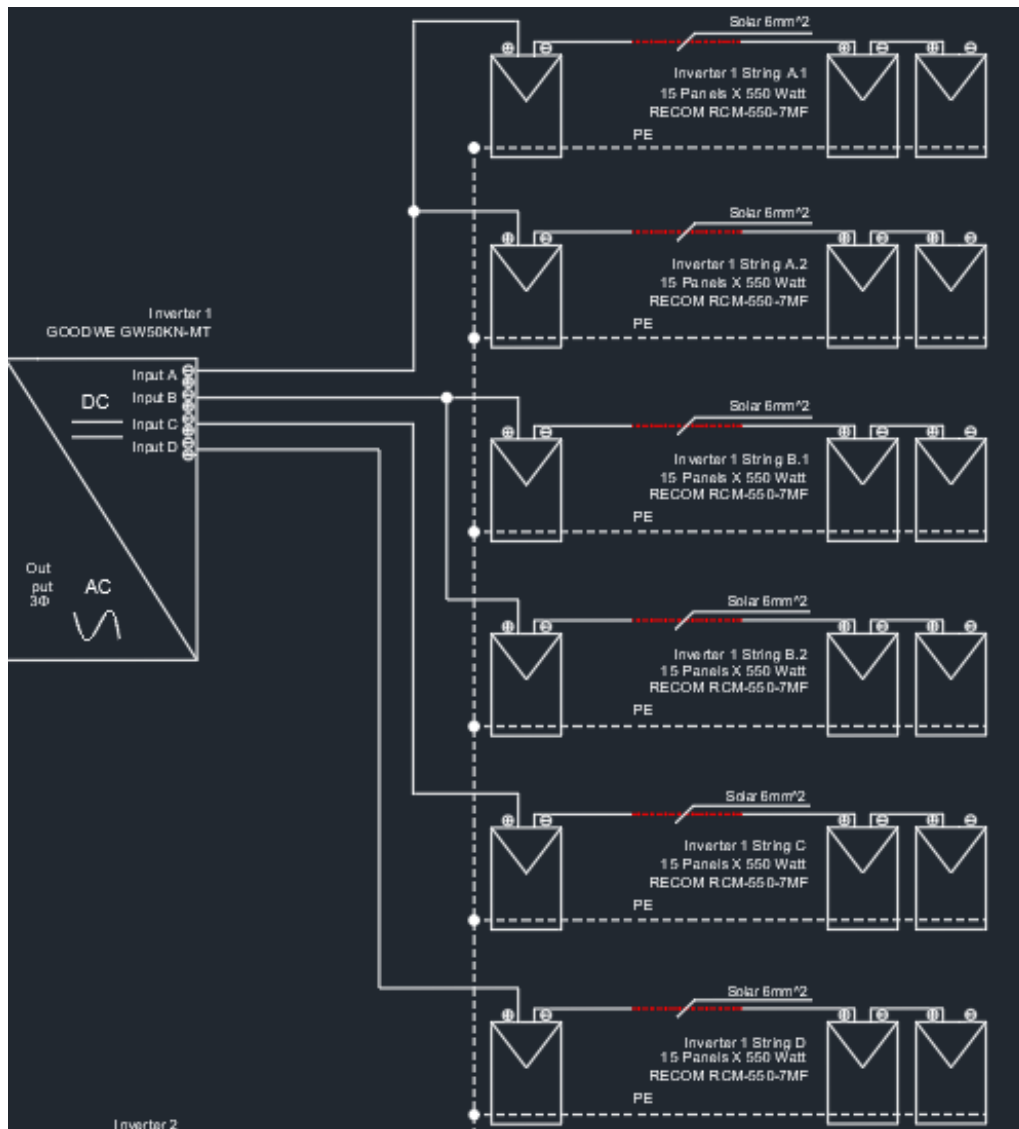
3.6 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Ο τρόπος σύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων εξαρτάται από τον τύπο του συστήματος. Μπορεί να γίνει σειριακή ή παράλληλη σύνδεση, ανάλογα με τις απαιτήσεις του συστήματος. Σε κάθε περίπτωση, ο σωστός τρόπος σύνδεσης είναι σημαντικός για την αποτελεσματική λειτουργία και τη μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και του Ινβέρτερ θα πρέπει να προσεξουμε την τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) στην είσοδο DC του μετατροπέα.

Η τάση ανοικτού κυκλώματος είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να αντέξει μια συσκευή χωρίς να υπερφορτωθεί. Αυτό είναι σημαντικό χαρακτηριστικό για τον σχεδιασμό και την λειτουργία της συσκευής, καθώς η υπέρβαση της τάσης ανοικτού κυκλώματος μπορεί να προκαλέσει ζημιά στη συσκευή. Ωστόσο πρέπει να προσεξουμε και την μέγιστη αναμενόμενη ένταση ρεύματος στην DC είσοδο του ινβέρτερ. Η συνολική ένταση του ρεύματος υπολογίζεται από το γινόμενο του ρεύματος I_{sc} (βραχυκύκλωσης) του ενός πάνελ πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των παράλληλων στοιχειοσειρών που έχουν δημιουργηθεί.

Στην περίπτωση μας θα χρησιμοποιηθούν συνολικά 180 πάνελ και 2 ινβέρτερ. Σύμφωνα λοιπόν με όσα αναφέραμε παραπάνω τα χαρακτηριστικά των πάνελ και του μετατροπέα θα δημιουργήσουμε:



3.6 Μονογραμμικό σχέδιο σύνδεσης ινβέρτερ 1 και φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Ινβέρτερ 1^ο

Στην θέση για το **MPPT1** θα έχουμε 2 στοιχειοσειρές παράλληλα όπου η κάθε στοιχειοσειρά έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $2 \text{ strings} \times 13,99\text{A (Isc)} = 27.98\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT2** θα έχουμε 2 στοιχειοσειρές παράλληλα όπου η κάθε στοιχειοσειρά έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $2 \text{ strings} \times 13,99\text{A (Isc)} = 27.98\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT3** θα έχουμε 1 στοιχειοσειρά όπου έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $1 \text{ string} \times 13,99\text{A (Isc)} = 13,99\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT4** θα έχουμε 1 στοιχειοσειρά όπου έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $1 \text{ string} \times 13,99\text{A (Isc)} = 13,99\text{A (STC)}$

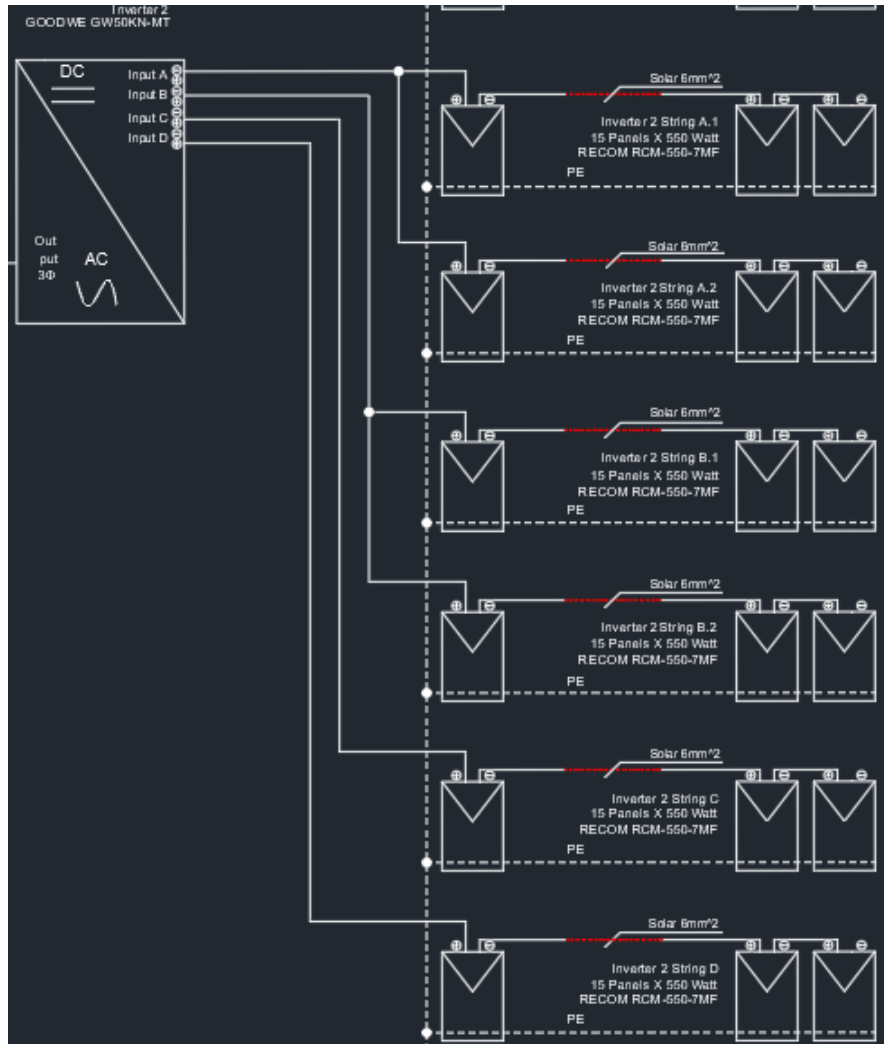
Ο μετατροπέας της Goodwe GW50KN-MT από τα τεχνικά του χαρακτηριστικά έχει:

-Ονομαστική τάση εισόδου 620V και Μέγ. τάση εισόδου 1100V

-Μέγ. ρεύμα εισόδου ανά MPPT 33A MPPT1 / 33A MPPT2 / 22A MPPT3/ 22A MPPT4

Επομένως είναι αποδεκτή η συνδεσμολογία των πάνελ με τον μετατροπέα και δεν θα δημιουργηθεί κανένα πρόβλημα κατά την λειτουργία του.

Ινβέρτερ 2°



3.6 Μονογραμικό σχέδιο σύνδεσης ινβέρτερ 2 και φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Στην θέση για το **MPPT1** θα έχουμε 2 στοιχειοσειρές παράλληλα όπου η κάθε στοιχειοσειρά έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $2 \text{ strings} \times 13,99\text{A (Isc)} = 27.98\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT2** θα έχουμε 2 στοιχειοσειρές παράλληλα όπου η κάθε στοιχειοσειρά έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $2 \text{ strings} \times 13,99\text{A (Isc)} = 27.98\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT3** θα έχουμε 1 στοιχειοσειρά όπου έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $1 \text{ string} \times 13,99\text{A (Isc)} = 13,99\text{A (STC)}$

Στην θέση για το **MPPT4** θα έχουμε 1 στοιχειοσειρά όπου έχει 15 πάνελ συνδεδεμένα σε σειρά.

Η αναμενόμενη τάση στο DC θα είναι $15 \text{ πάνελ} \times 49,0\text{V (Voc)} = 735\text{V (STC)}$

Η αναμενόμενη ένταση ρεύματος στο DC θα είναι $1 \text{ string} \times 13,99\text{A (Isc)} = 13,99\text{A (STC)}$

Ο μετατροπέας της Goodwe GW50KN-MT από τα τεχνικά του χαρακτηριστικά έχει:

-Ονομαστική τάση εισόδου 620V και Μέγ. τάση εισόδου 1100V

-Μέγ. ρεύμα εισόδου ανά MPPT 33A MPPT1 / 33A MPPT2 / 22A MPPT3/ 22A MPPT4

Επομένως είναι αποδεκτή η συνδεσμολογία των πάνελ με τον μετατροπέα και δεν θα δημιουργηθεί κανένα πρόβλημα κατά την λειτουργία του.

Όλες οι συνδέσεις των πλαισίων με τον μετατροπέα θα γίνουν με καλώδιο Solar H1Z2Z2-K 6mm².

CHARACTERISTICS

Voltage Rating U_o/U

AC: 1000/1000V

DC: 1500/1500V

Maximum Voltage (U_{max})

1800V

Test Voltage

6.5kV AC

Temperature Rating

Fixed: -40°C to +90°C

Minimum Bending Radius

5 x overall diameter

Maximum Conductor Temperature

+120°C (for 20000h)

Χαρακτηριστικά καλωδίου Solar H1Z2Z2-K

3.7 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ενεργειακή απόδοση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να υπολογιστεί λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες όπως :

Επιλογή του τύπου εγκατάστασης:

- **Ηλιακή Ακτινοβολία (Irradiance):** Μετράται σε kWh/m² ανά ημέρα. Οι μετρήσεις διατίθενται συνήθως από μετεωρολογικές υπηρεσίες ή από βάσεις δεδομένων όπως το PVGIS.
- **Ηλιοφάνεια:** Η διάρκεια της ημέρας και η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των φωτοβολταϊκών πάνελ:

- **Ονομαστική Ισχύς (P_{nom}):** Η ισχύς που παράγουν τα πάνελ υπό ιδανικές συνθήκες, μετριέται σε Watt (W) ή Kilowatt (kW).
- **Απόδοση πάνελ (η_{pv}):** Είναι η απόδοση μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Εκτίμηση των απωλειών του συστήματος:

- **Απώλειες λόγω θερμοκρασίας (η_{temp}):** Οι υψηλότερες θερμοκρασίες μειώνουν την απόδοση.
- **Απώλειες λόγω σκόνης και ρύπων (η_{dust}).**
- **Απώλειες λόγω καλωδιώσεων και συνδεσμολογίας (η_{wire}).**
- **Απώλειες μετατροπών (η_{inv}):** Απώλειες από τη μετατροπή DC σε AC ρεύμα.

Υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης: Ο ετήσιος παραγόμενος ηλεκτρισμός (E_{annual}) μπορεί να υπολογιστεί με την εξής σχέση:

$$E_{\text{annual}} = P_{\text{nom}} \times G \times \eta_{\text{pv}} \times \eta_{\text{system}} \times H$$

Όπου:

P_{nom}= Ονομαστική ισχύς των πάνελ σε kW.

G= Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία σε kWh/m².

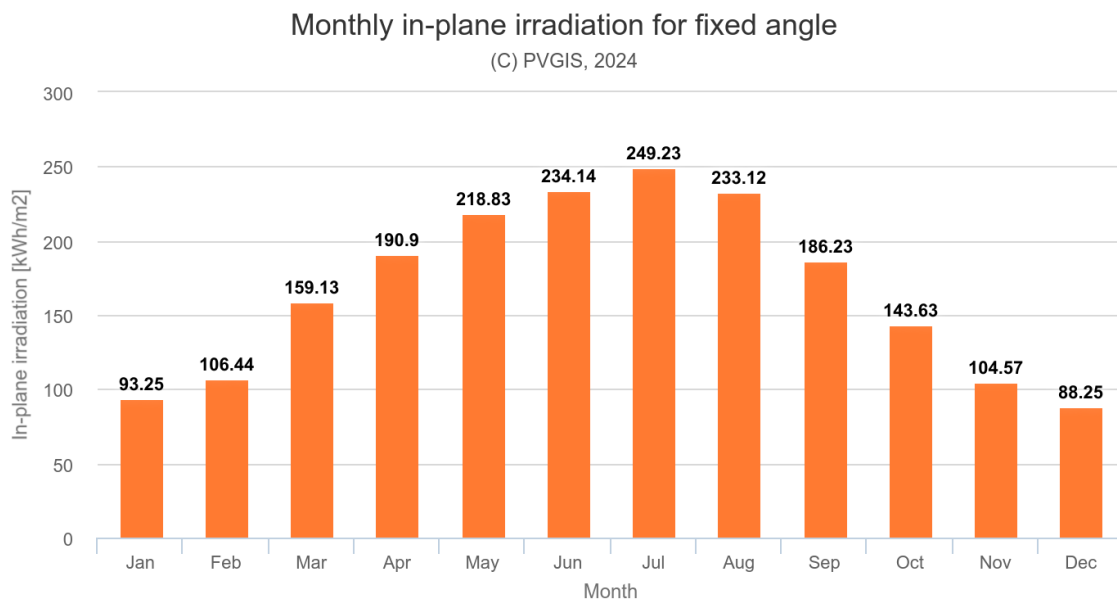
η_{pv}= Απόδοση των πάνελ.

η_{system}= Συνολική απόδοση του συστήματος

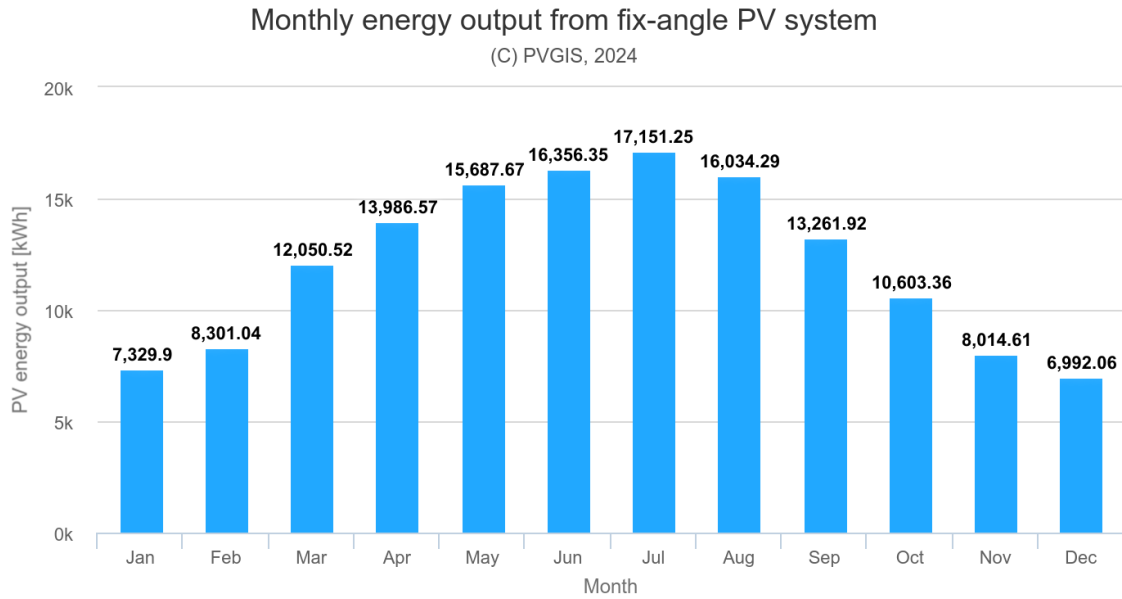
H = Αριθμός ωρών ηλιοφάνειας ανά έτος.

Οι υπολογισμοί για την ενεργειακή απόδοση φωτοβολταϊκών συστημάτων γίνονται συχνά με τη βοήθεια εξειδικευμένων λογισμικών προγραμμάτων. Αυτά τα προγράμματα, όπως το PVGIS, το PVsyst, κ.α χρησιμοποιούν γεωγραφικά και κλιματικά δεδομένα, σε συνδυασμό με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών πάνελ και των υποσυστημάτων τους, για να παρέχουν ακριβείς εκτιμήσεις της παραγόμενης ενέργειας. Τα λογισμικά αυτά λαμβάνουν υπόψη παραμέτρους όπως η ηλιακή ακτινοβολία, οι γωνίες τοποθέτησης των πάνελ, οι τοπικές κλιματικές συνθήκες, και οι απώλειες του συστήματος λόγω θερμοκρασίας, σκίασης, και άλλων παραγόντων. Μέσω των αναλυτικών αλγορίθμων και των βάσεων δεδομένων που ενσωματώνουν, τα λογισμικά αυτά παρέχουν στους μηχανικούς πολύτιμα δεδομένα για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της απόδοσης των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή PVGIS και εισάγοντας τα χαρακτηριστικά του συστήματος μας πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα:



3.7 Μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία περιοχής.(σταθερή κλίση)



3.7 Μηνιαία παραγωγή ενέργειας συστήματος

PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:

Latitude/Longitude: 37.671,21.442
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 99 kWp
 System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 15 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 145769.54 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 2007.72 kWh/m²
 Year-to-year variability: 2754.43 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.81 %
 Spectral effects: 0.57 %
 Temperature and low irradiance: -12.75 %
 Total loss: -26.66 %

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

4.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε βιομηχανική στέγη, η μέθοδος στήριξης θα βασιστεί σε προφίλ αλουμινίου που εξασφαλίζουν ανθεκτικότητα και μακροχρόνια σταθερότητα. Τα προφίλ αλουμινίου είναι ελαφριά, αλλά ισχυρά, προσφέροντας υψηλή αντοχή στη διάβρωση και την επίδραση των καιρικών συνθηκών, καθιστώντας τα ιδανική επιλογή για βιομηχανικές στέγες. Το βάρος της κατασκευής δεν θα επηρεάσει την στατικότητα της στέγης.



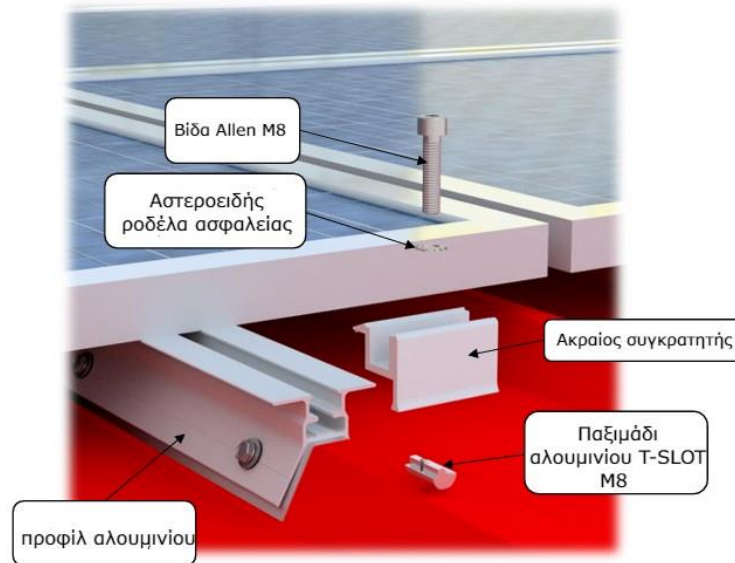
4.1 Προφίλ αλουμινίου.

Για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική μόνωση των στηρίξεων, θα χρησιμοποιηθεί βουτυλική ταινία μόνωσης στα σημεία επαφής, αποτρέποντας την εισροή υγρασίας και προστατεύοντας από τη διάβρωση.

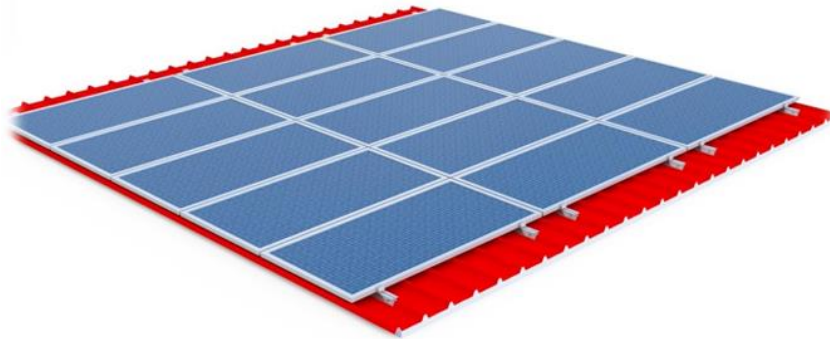


4.1 Βουτυλική ταινία μόνωσης

Οι βάσεις θα στερεωθούν με αυτοδιατρητές βίδες, οι οποίες προσφέρουν γρήγορη και ασφαλή στερέωση χωρίς την ανάγκη προ-διάτρησης, μειώνοντας τον χρόνο εγκατάστασης και διασφαλίζοντας σταθερό και ασφαλές αποτέλεσμα.

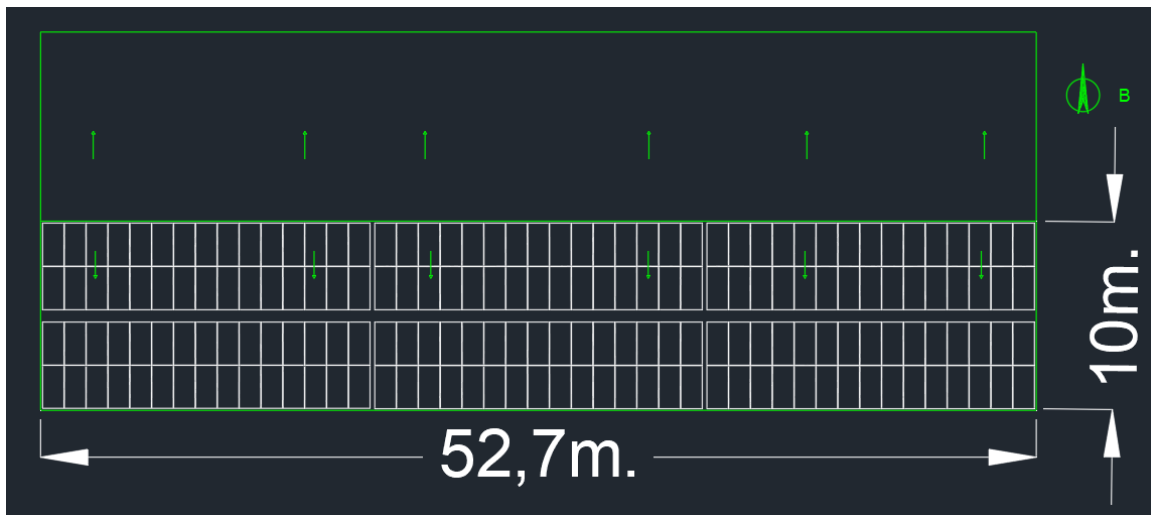


4.1 Τοποθετημένη βάση και συγκρατητών .



4.1 Τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα βάσεων αφού γίνει τοποθέτηση.

Παρακάτω φαίνεται σε κάτοψη η χωροθέτηση των 180 πάνελ στην βιομηχανική στέγη.



4.1 Χωροθέτηση των πάνελ στη βιομηχανική στέγη

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ

Η γείωση σε μία φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι εξαιρετικά σημαντική για την ασφάλεια του συστήματος. Η γείωση προστατεύει από ηλεκτροπληξία, πυρκαγιά και ζημιές στον εξοπλισμό λόγω κεραυνών ή άλλων ηλεκτρικών σφαλμάτων. Ακολουθούν οι κύριες πτυχές και διαδικασίες που σχετίζονται με το σύστημα γείωσης σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση:

Τύποι Γείωσης στη Φωτοβολταϊκή Εγκατάσταση :

1. Γείωση Προστασίας (Protective Earthing - PE)

- Συνδέει τα μεταλλικά μέρη του εξοπλισμού με το έδαφος για προστασία από ηλεκτροπληξία.
- Περιλαμβάνει τα πλαίσια των πάνελ, τις βάσεις στήριξης και τις μεταλλικές δομές του συστήματος.

2. Γείωση Λειτουργίας (Functional Earthing - FE)

- Διασφαλίζει τη σωστή λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.
- Χρησιμοποιείται για να σταθεροποιεί τις τάσεις του συστήματος και να βελτιώνει την απόδοση των inverters.

3. Γείωση Αστραπής (Lightning Protection Earthing)

- Προστατεύει την εγκατάσταση από κεραυνούς.
- Περιλαμβάνει αλεξικέραυνο και ένα σύστημα γείωσης που κατευθύνει την ενέργεια του κεραυνού στο έδαφος.

Σχεδιασμός και Εγκατάσταση Γείωσης

1. Επιλογή Υλικών Γείωσης

- Χρησιμοποιούνται υλικά όπως ράβδοι χαλκού, πλάκες χαλκού ή αγωγοί χαλκού για την γείωση.
- Οι αγωγοί γείωσης πρέπει να είναι κατάλληλης διατομής για να αντέχουν τα ρεύματα σφάλματος.

2. Τοποθέτηση Γείωση

- Τοποθέτηση ράβδων γείωσης στο έδαφος σε βάθος που εξασφαλίζει χαμηλή αντίσταση γείωσης.
- Σύνδεση των αγωγών γείωσης από τον εξοπλισμό στο σημείο γείωσης.

3. Αντίσταση Γείωσης

- Η αντίσταση γείωσης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη, συνήθως κάτω από 5 Ω.
- Η χαμηλή αντίσταση γείωσης διασφαλίζει ότι τα σφάλματα και τα κεραυνικά ρεύματα θα απορροφώνται αποτελεσματικά από το έδαφος.

Ενσωμάτωση στο Σχέδιο της Εγκατάστασης

1. Σύνδεση των Φωτοβολταϊκών Πάνελ

- Όλα τα πλαίσια των πάνελ πρέπει να είναι γειωμένα.
- Χρησιμοποιούνται ειδικά κλιπ ή βίδες γείωσης για τη σύνδεση των πλαισίων με τον αγωγό γείωσης.

2. Γείωση του Inverter

- Οι inverters πρέπει να είναι σωστά γειωμένοι για να προστατεύονται από υπερτάσεις και σφάλματα.
- Περιλαμβάνει τη σύνδεση του μεταλλικού περιβλήματος και των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με το σύστημα γείωσης.

3. Συντήρηση και Έλεγχος

- Τα συστήματα γείωσης πρέπει να ελέγχονται τακτικά για να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία τους.
- Η συντήρηση περιλαμβάνει τη μέτρηση της αντίστασης γείωσης και τον έλεγχο για τυχόν διακοπές ή φθορές στους αγωγούς.

Πρότυπα και Κανονισμοί ΕΛΟΤ HD 384.

Η γείωση του κτιρίου είναι κατάλληλη για τις απαιτήσεις του φωτοβολταϊκού συστήματος, επομένως δεν θα χρειαστεί να εγκαταστήσουμε νέα γείωση. Σύμφωνα με τις τρέχουσες κανονιστικές απαιτήσεις, η αντίσταση της γείωσης θα πρέπει να είναι μικρότερη από 5 Ωμ. Δεδομένου ότι η υπάρχουσα γείωση του κτιρίου μας πληροί αυτή την προδιαγραφή, το φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να λειτουργήσει με ασφάλεια και αξιοπιστία χωρίς περαιτέρω επεμβάσεις στο σύστημα γείωσης.

4.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η αντικεραυνική προστασία είναι ένας κρίσιμος τομέας για τη διασφάλιση της ασφάλειας των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων και των άλλων ηλεκτρικών συστημάτων από τις ζημιές που μπορούν να προκληθούν από κεραυνούς. Ακολουθούν οι βασικές αρχές και τα στοιχεία της αντικεραυνικής προστασίας που πρέπει να εφαρμόζονται:

Αλεξικέραυνο (Lightning Rod): Ένα αλεξικέραυνο τοποθετείται σε στρατηγικά σημεία (συνήθως στην υψηλότερη θέση του κτιρίου ή της εγκατάστασης) για να παρέχει ένα σημείο έλξης για τον κεραυνό. Το αλεξικέραυνο συνδέεται με το σύστημα γείωσης μέσω αγωγών καθόδου.

Αγωγοί Καθόδου (Down Conductors): Οι αγωγοί καθόδου συνδέουν το αλεξικέραυνο με το σύστημα γείωσης. Πρέπει να είναι σχεδιασμένοι για να αντέχουν τα υψηλά ρεύματα που προκαλούνται από κεραυνικά πλήγματα.

Σύστημα Γείωσης (Earthing System): Η γείωση απορροφά την ενέργεια του κεραυνού και τη διασπείρει ασφαλώς στο έδαφος. Η αντίσταση γείωσης πρέπει να είναι χαμηλή, ιδανικά κάτω από 10 Ω, για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική απορρόφηση της ενέργειας.

Αντικεραυνικά Προστατευτικά (Surge Protection Devices - SPDs): Τα SPDs τοποθετούνται σε κρίσιμα σημεία της εγκατάστασης (π.χ., πίνακες διανομής, εισόδους συσκευών) για να προστατεύουν από υπερτάσεις. Προστατεύουν τον ηλεκτρικό εξοπλισμό από βλάβες που προκαλούνται από κεραυνικές υπερτάσεις.

Κανονισμοί και Πρότυπα

ΕΛΟΤ HD 384: Περιλαμβάνει κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας.

IEC 62305: Διεθνές πρότυπο για την προστασία από κεραυνούς.

Παρέχει λεπτομερείς οδηγίες για τον σχεδιασμό και την εγκατάσταση συστημάτων αντικεραυνικής προστασίας.

Εγχειρίδιο Αντικεραυνικής Προστασίας της ΔΕΗ: Παρέχει κατευθυντήριες γραμμές και προδιαγραφές για την αντικεραυνική προστασία στις εγκαταστάσεις της ΔΕΗ και άλλων συναφών έργων στην Ελλάδα.

Παρόλα αυτά στην εγκατάσταση μας επειδή βρίσκεται σε αστικό δίκτυο ο κίνδυνος είναι αμελητέος όμως για πλήρη ασφάλεια των ανθρώπων που εργάζονται στην επιχείρηση και τον ηλεκτρικών εγκαταστάσεων συνιστάται η αντικεραυνική προστασία.

Επίσης στους ηλεκτρικούς πίνακες AC και DC θα τοποθετηθούν αντικεραυνικά – Απαγωγί Υπερτάσεων T2+T3 της NOARK. Τοποθετούνται πριν από τις συσκευές για να προστατεύσουν τον εξοπλισμό από τις υπερτάσεις που προκαλούνται από κεραυνούς ή άλλες αιτίες με στόχο την μείωση του κρουστικού κύματος.



4.3 Αντικεραυνικό DC

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Δοκιμασμένο σύμφωνα με : EN 50539-11
- Κλάση : PV T2 (Κλάση II, Τύπος 2)
- Τεχνολογία : MOV (Varistor)
- Λειτουργία προστασίας: θερμική
- Τρόπος προστασίας: + ↔ PE
- Διάταξη σύνδεσης : Y
- Ονομαστική λειτουργική τάση DC U: 1200 V
- Max σύστημα τάσης $U^c \cdot \max$: 1090 V
- Ονομαστική συχνότητα : DC
- Ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης I_n (8/20 μ s) : 20 kA
- Max ρεύμα εκφόρτισης I_m^{ax} (8/20 μ s) : 40 kA
- Ολικό ρεύμα εκφόρτισης $I_{tot}^{a_1}$ (8/20 μ s) : 40 kA
- Τάση προστασίας $U_p @ I_n$: 4.2 kV / 5 kV
- Υπολειπόμενη τάση $U_{res} @ U^c \cdot \max$ DC : < 50 μ A
- Υπολειπόμενο ρεύμα $I_{res} @ U^c \cdot \max$ AC : < 1 mA
- Ονομαστική ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος $I_p^{c,p}$: 1000 A
- Αριθμός πόλων : 3
- Τύπος συστήματος PV : DC, μη γειωμένα PV συστήματα
- Συμπεριφορά SPD υπερφόρτωσης : θερμική
- Προαιρετική επαφή ελέγχου : CO (αλλαγή επαφής)
- Επαφή απομακρυσμένου ελέγχου: τάση/ρεύμα AC U^{ac} / I^{ac} : 250 V AC / 0.5 A
- Επαφή απομακρυσμένου ελέγχου: τάση/ρεύμα DC U^{dc} / I^{dc} : 250 V DC / 0.1 A, 75 V DC / 0.5 A

Μηχανικά χαρακτηριστικά

- Πλάτος συσκευής: 17.5 mm (ανά μονάδα)
- Ύψος συσκευής: 83 mm (89 mm συμπεριλαμβανομένου του rail clip)
- Μέγεθος πλαισίου: 45 mm
- Μέθοδος τοποθέτησης: σταθερή
- Στήριξη: εύκολη στερέωση σε ράγα συσκευής 35 mm (DIN)
- Θέση τοποθέτησης: οποιαδήποτε
- Βαθμός προστασίας: IP40, τερματικά IP20
- Τερματικά: lift, βίδες M5
- Ικανότητα τερματικών: 2.5 – 25 mm²
- Ροπή στερέωσης τερματικών: 2 – 3.5 Nm
- Ικανότητα τερματικού απομακρυσμένης επαφής: 0.14 – 1.5 mm²
- Τοποθεσία: εσωτερική
- Κλάση εγκατάστασης: III
- Βαθμός ρύπανσης: 2
- Προσβασιμότητα: μη προσβάσιμη
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος: -40 έως +70 °C
- Υψόμετρο: ≤ 2000 m

- Σχετική υγρασία: 5 – 95 %
- Βάρος (ανά πόλο): 0.12 kg

Αντικεραυνική προστασία για τον πίνακα AC



4.3 Αντικεραυνικό AC πίνακα T1+T2 Noark

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Δοκιμασμένο σύμφωνα με : EN 61643-11

Καταταγμένος τύπος (κλάση δοκιμής) : Τύπος 1+2 (Κλάση I+II, B+C, T1+T2)

Τεχνολογία : MOV (Varistor)

Ονομαστική λειτουργική τάση U^n : 230 / 400 V AC

Αναφορά τάσης δοκιμής $U_{c.ref}$: 255 V AC

Μαx συνεχή λειτουργική τάση U_c : 275 V AC

Ονομαστική συχνότητα f^n : 50/60 Hz

Ονομαστικό ρεύμα εκφόρτισης I_n (8/20 μ s) : 25 kA ανά πόλο

Ελάχιστη ειδική ενεργειακή ισχύς WR : 156.25 kJ/ Ω

Μαx παλμικό ρεύμα I_{imp} (10/350 μ s) : 12.5 kA ανά πόλο

Μαx ρεύμα εκφόρτισης I_{max} (8/20 μ s) : 50 kA ανά μονάδα

Τάση προστασίας U_p @ I_n : 1.5 kV

Τάση προστασίας U_p @ I_{imp} : 1.8 kV

Τάση προστασίας U_p @ 5 kA (8/20 μ s) : 1 Kv

Προσωρινή υπέρταση U^{tam} (αντοχή) : 335 V (5 s) / 335 V (200 ms)

Υπολειπόμενο ρεύμα I_{res} @ $U_c.max$: ≤ 1 mA

Σημείο MOV τάσης στο 1mA : 387 - 473 V

Χρόνος απόκρισης $t_r : \leq 25 \text{ ns}$

Max back-up ασφάλεια : 160 A gG

Ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος : 50 kA

Ονομαστική ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος $I_p^{c,v} : 10 \text{ kA}$

Συντελεστής ρεύματος : 1.6

Τάση/ρεύμα επαφής απομακρυσμένου ελέγχου AC $U_{ac} / I_{ac} : 250 \text{ V AC} / 1 \text{ A}$

Τάση/ρεύμα επαφής απομακρυσμένου ελέγχου DC $U_{dc} / I_{dc} : 30 \text{ V DC} / 1 \text{ A}$

Max. Συνεχής Λειτουργική Τάση $U_c : 275 \text{ V AC}$

4.4 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός μιας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών (ΦΒ) περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία που εξασφαλίζουν την ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

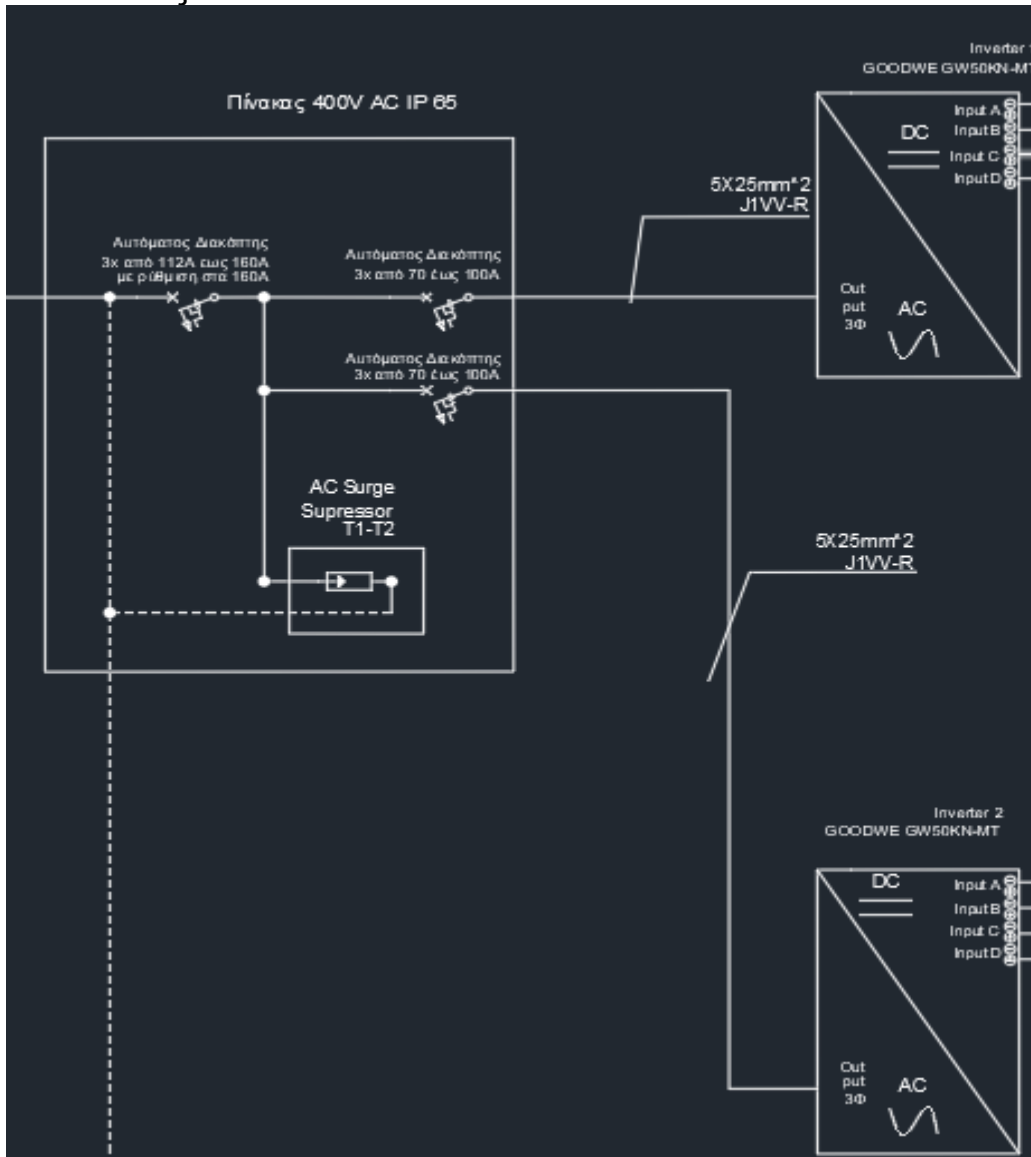
Θα ξεκινήσουμε από τα υλικά της **Dc** μεριάς της εγκατάστασης οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι 6mm^2 λόγω της απόστασης και της πτώσης τάσης και για να αντέχουν τις απαιτήσεις στις ανάλογες τάσεις του συστήματος. Θα συνδέουν τα φωτοβολταϊκά με τον DC πίνακα και στην συνέχεια τον Πίνακα DC με τον μετατροπέα στην DC πλευρά.

Στον Dc πίνακα θα τοποθετηθούν 12 ασφαλειοαποζεύκτες διπολικούς Noark , 24 Κυλινδρικές Ασφάλειες 25A 10X38 και 8 αντικεραυνικά SPD T2 Noark τα οποία θα παρέχουν προστασία στα 8 Mrpt των Ινβέρτερ.



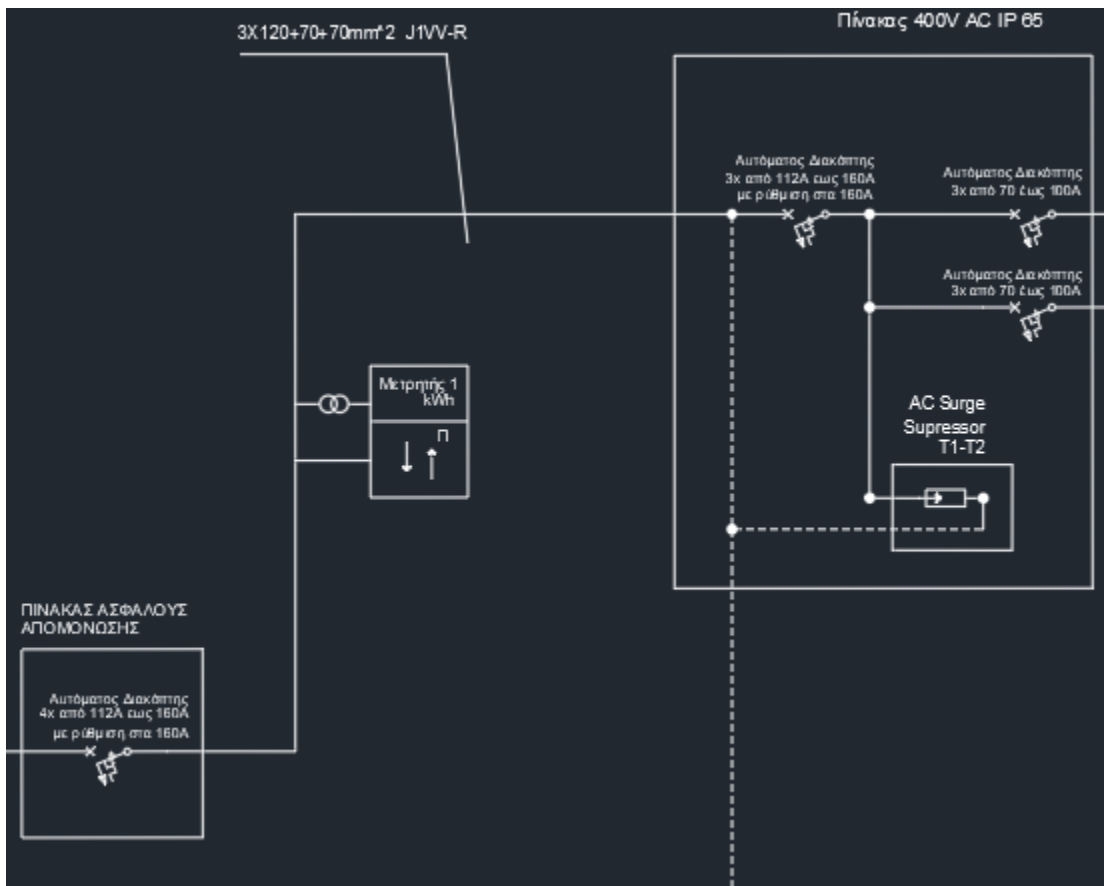
4.4 Ασφαλειοαποζεύκτης DC Noark

Συνεχίζοντας με τα υλικά της **Ac** πλευράς της εγκατάστασης δηλαδή τα υλικά που θα συνδεθούν με την έξοδο του Inverter και μετά. Θα χρησιμοποιήσουμε αγωγούς J1VV-R 5x25mm² από την έξοδο των Ινβέρτερ μέχρι τον πίνακα AC . Ο πίνακας Ac θα είναι 400V AC IP 65 θα αποτελείται από 2 αυτόματους διακόπτες 3 πόλων απο 70-100 A ένα αντικεραυνικό AC T1-T2 και έναν αυτόματο διακόπτη 3 πόλων απο 112 έως 160 A.



4.4 Μονογραμικό σχέδιο σύνδεσης ινβέρτερ και πίνακα AC

Στην συνέχεια οι αγωγοί απο τον πίνακα AC προς τον μετρητή και στην συνέχεια στον Πίνακα ασφαλούς απομόνωσης θα είναι 3x120+70(ουδέτερος)+70(γείωση)mm² J1VV-R. Ο πίνακας ασφαλούς απομόνωσης θα περιέχει έναν αυτόματο διακόπτη 4 πόλων απο 112 A έως 160 A με ρύθμιση στα 160 A .



4.4 Μονογραμικό σχέδιο Πίνακα AC προς πίνακα ασφαλούς απομόνωσης.

Η απαίτηση για μετρητική διάταξη σε φωτοβολταϊκά συστήματα εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης λόγω διάφορων τεχνικών και ρυθμιστικών παραγόντων. Συγκεκριμένα, για συστήματα κάτω από 55 kW, δεν απαιτείται ξεχωριστή μετρητική διάταξη και μπορούν να συνδεθούν απευθείας στον μετρητή ενέργειας. Για συστήματα άνω των 55 kW, απαιτείται ξεχωριστός μετρητής και μετρητική διάταξη. Η μετρητική διάταξη διαθέτει μετατροπείς που μετατρέπουν την ισχύ που περνάει στο κατάλληλο μέγεθος ώστε να μπορέσει να το διαβάσει σωστά ο μετρητής χωρίς κάποιο πρόβλημα.

Ο μετρητής σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα έχει τον σκοπό να μετρά και να καταγράφει την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα καθώς και την ενέργεια που καταναλώνεται ή διοχετεύεται στο δίκτυο. Αυτό επιτρέπει την ακριβή παρακολούθηση της απόδοσης του συστήματος και υποστηρίζει την εφαρμογή του net metering.

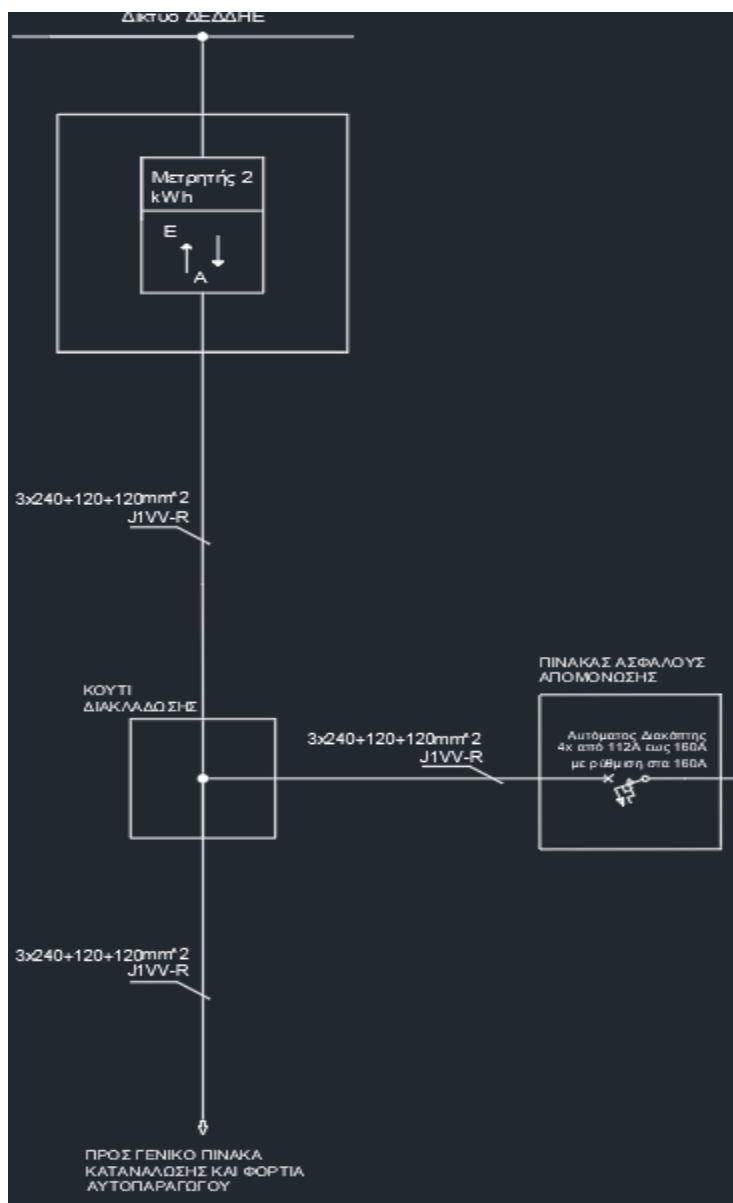


4.4 Μετρητική διάταξη (Μετρητής 1)



4.4 Μετρητική διάταξη

Συνεχίζοντας οι αγωγοί από τον πίνακα ασφαλούς απομόνωσης θα έχουν διατομή $3 \times 240 + 120 + 120 \text{ mm}^2$ J1VV-R. Η διατομή αυτή πρέπει να είναι ίδια με τους αγωγούς που έρχονται από το δίκτυο για την συγκεκριμένη παροχή που είναι 250KVA . Ο ΔΕΔΔΗΕ έχει συγκεκριμένους τύπους διατομής ανάλογα με την συμφωνημένη παροχή. Συνεπώς από το δίκτυο μέχρι τις καταναλώσεις και τον πίνακα ασφαλούς απομόνωσης θα είναι ίδιας διατομής.



4.4 Μονογραμμικό σχέδιο ΔΕΔΔΗΕ- Ασφαλούς απομόνωσης

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΑΣ

Το σύστημα τηλεμετρίας σε μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση είναι ζωτικής σημασίας για την παρακολούθηση της απόδοσης και της λειτουργίας του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει στους διαχειριστές και τους ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων να εντοπίζουν και να επιλύουν προβλήματα άμεσα, να βελτιστοποιούν την απόδοση και να καταγράφουν δεδομένα για ανάλυση. Η παρακολούθηση της τηλεμετρίας γίνεται με την χρήση της εφαρμογή SEMS Portal της Goodwe χρησιμοποιώντας κάποιον υπολογιστή ή ακόμα πιο εύκολα με κάποιο κινητό τηλέφωνο (smartphone).

Μέρη και Λειτουργίες Συστήματος Τηλεμετρίας

Αισθητήρες (Sensors)

- Αισθητήρες Ισχύος (Power Sensors): Μετρούν την παραγόμενη και καταναλισκόμενη ισχύ.
- Αισθητήρες Θερμοκρασίας (Temperature Sensors): Μετρούν τη θερμοκρασία των πάνελ και του περιβάλλοντος.
- Αισθητήρες Ηλιακής Ακτινοβολίας (Solar Radiation Sensors): Καταγράφουν την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Data Loggers

Συσκευές που συγκεντρώνουν δεδομένα από τους αισθητήρες και τα αποθηκεύουν για περαιτέρω ανάλυση. Μπορούν να είναι ενσωματωμένοι στους inverters ή να είναι ξεχωριστές μονάδες.

Συστήματα Επικοινωνίας

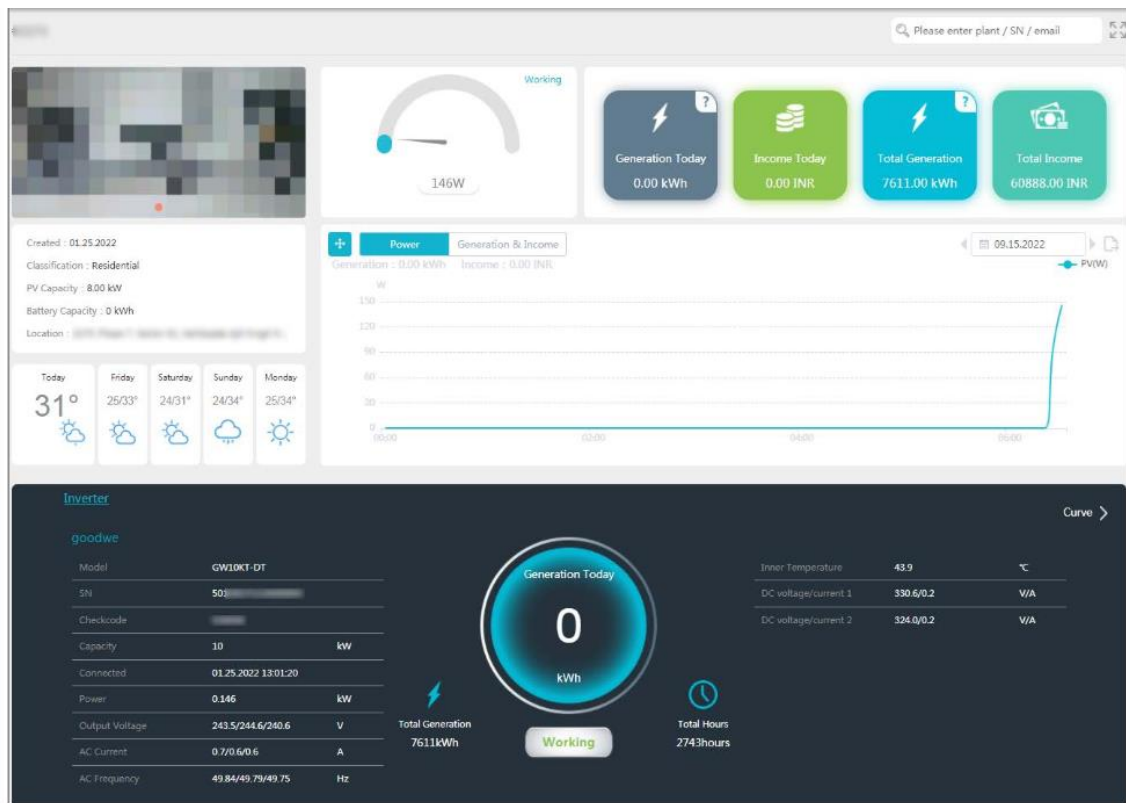
- Ενσύρματη Επικοινωνία (Wired Communication): Χρησιμοποιεί καλώδια για τη μεταφορά δεδομένων από τους αισθητήρες και τους data loggers σε έναν κεντρικό υπολογιστή ή διακομιστή.
- Ασύρματη Επικοινωνία (Wireless Communication): Χρησιμοποιεί τεχνολογίες όπως Wi-Fi, Zigbee ή GSM για τη μεταφορά δεδομένων.

Λογισμικό Παρακολούθησης και Διαχείρισης (Monitoring and Management Software)

Εφαρμογές που παρέχουν γραφικές απεικονίσεις, αναφορές και ειδοποιήσεις για την κατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος. Επιτρέπουν την απομακρυσμένη πρόσβαση και διαχείριση μέσω διαδικτύου.

Παρακάτω είναι ένα παράδειγμα για το πως φαίνεται η σελίδα τηλεμετρίας Sems portal

Και τα διάφορα στοιχεία που μας δίνει απομακρυσμένα μέσω διαδικτύου για κάποιο σύστημα.



4.5 Τηλεμετρία στο Sems portal

4.6 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η συντήρηση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση της αποδοτικής και αξιόπιστης λειτουργίας της. Μια σωστά συντηρημένη εγκατάσταση μπορεί να προσφέρει σταθερή παραγωγή ενέργειας και να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. παρακάτω περιγράφονται οι βασικές αρχές και διαδικασίες για τη συντήρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

Στόχοι Συντήρησης

- Αποδοτικότητα: Διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης του συστήματος.
- Αξιοπιστία: Ελαχιστοποίηση των βλαβών και διακοπών στη λειτουργία.
- Ασφάλεια: Προστασία από ηλεκτροπληξία και πυρκαγιές.
- Μακροζωία: Επέκταση της διάρκειας ζωής των εξαρτημάτων της εγκατάστασης.

Τύποι Συντήρησης

Προληπτική Συντήρηση (Preventive Maintenance)

- Περιοδικός Έλεγχος: Τακτικοί οπτικοί έλεγχοι για εντοπισμό φθορών ή ανωμαλιών.
- Καθαρισμός Πάνελ: Απομάκρυνση σκόνης, φύλλων και άλλων ρύπων που μειώνουν την απόδοση.
- Έλεγχος Συνδέσεων: Βεβαίωση ότι όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις είναι ασφαλείς και χωρίς διάβρωση.
- Έλεγχος Συστήματος Γείωσης: Διασφάλιση της ακεραιότητας του συστήματος γείωσης.

Διορθωτική Συντήρηση (Corrective Maintenance)

- Αντικατάσταση Εξαρτημάτων: Αντικατάσταση φθαρμένων ή κατεστραμμένων εξαρτημάτων, όπως πάνελ, inverters και ασφάλειες.
- Επιδιόρθωση Βλαβών: Άμεση αντιμετώπιση προβλημάτων που εντοπίζονται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας.

Διαδικασίες Συντήρησης

Οπτικός Έλεγχος

Πάνελ: Έλεγχος για ρωγμές, γρατσουνιές, hot spots ή άλλες ζημιές.

Καλωδιώσεις: Έλεγχος για φθαρμένα ή χαλαρά καλώδια και συνδέσεις.

Inverters: Έλεγχος για ενδείξεις υπερθέρμανσης ή άλλες ανωμαλίες στις ενδείξεις τους.

Καθαρισμός Πάνελ

Συχνότητα: Ανάλογα με τις συνθήκες της περιοχής, τουλάχιστον μία φορά το εξάμηνο.

Μέθοδος: Χρήση νερού και μη λειαντικών υλικών για την αποφυγή ζημιών.

Έλεγχος Ηλεκτρικών Συνδέσεων

Σφιγκτήρες και Συνδέσεις: Έλεγχος και σύσφιξη χαλαρών συνδέσεων.

Ασφάλειες και Διακόπτες: Έλεγχος και αντικατάσταση καμένων ασφαλειών ή φθαρμένων διακοπών.

Συντήρηση Inverters

Λογισμικό: Έλεγχος και ενημέρωση του λογισμικού των inverters.

Ανεμιστήρες και Αεραγωγοί: Καθαρισμός των ανεμιστήρων και των αεραγωγών για την αποφυγή υπερθέρμανσης.

Αντικεραυνική Προστασία

Έλεγχος SPD: Τακτικός έλεγχος και αντικατάσταση των αντικεραυνικών διατάξεων που έχουν υποστεί ζημιά.

Σύστημα Γείωσης

Έλεγχος Αντίστασης: Μέτρηση της αντίστασης γείωσης για να εξασφαλιστεί ότι παραμένει εντός αποδεκτών ορίων.

Τήρηση Αρχείων και Αναφορών

Καταγραφή Εργασιών Συντήρησης: Διατήρηση αρχείων για όλες τις εργασίες συντήρησης που πραγματοποιούνται.

Αναφορές Απόδοσης: Δημιουργία τακτικών αναφορών για την απόδοση της εγκατάστασης και την κατάσταση του εξοπλισμού.

Αναλύσεις Δεδομένων: Ανάλυση των δεδομένων για την αναγνώριση μακροπρόθεσμων τάσεων και πιθανών προβλημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΓΗ

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση του κόστους εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος σε μια βιομηχανική στέγη, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία.

Η εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος απαιτεί προσεκτική μελέτη και αξιολόγηση πολλών παραγόντων, όπως ο διαθέσιμος χώρος, η ποιότητα της στέγης, οι ενεργειακές ανάγκες της επιχείρησης, καθώς και η αρχική επένδυση και η απόσβεσή της.

Στο παρακάτω κείμενο θα εξετάσουμε λεπτομερώς το κόστος εγκατάστασης σε επιχείρηση, προκειμένου να παράσχουμε μια σαφή εικόνα των οικονομικών επιπτώσεων και των ωφελειών από την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος.

Κόστος φωτοβολταϊκών

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
Recom RCM-550-7MF 550W	180	214.5	39366	48813.84

Κόστος μετατροπέα (Inβέρτερ)

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
GOODWE GW50KN-MT Wifi/DC Switch/Display	2	3405	6810	8444.4

Κόστος ηλεκτρολογικών εξοπλισμών

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
ΠΙΝΑΚΑΣ DC 6 STRING 4 MPPT T2	2	856	1712	2122.88
ΠΙΝΑΚΑΣ AC 2 INV T1 100kWp IP65 ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ	1	1810	1810	2244.4
3Φ ΚΟΥΤΙ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗΣ ΧΤ 250KVA ΠΑΡΟΧΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚ IP65	1	890	890	1103.6
ΠΙΝΑΚΑΣ AC 3Φ ΑΣΦ. ΑΠ. ΜΕΧΡΙ 100KW ΜΕΧΡΙ 250KVA ΠΑΡΟΧΗ	1	1380	1380	1711.2
ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΟΝΤΑΡΙΣΜΕΝΗ ΓΙΑ Φ/Β 55-135KW NET METERING ΘΕΡΜΟΠΛΑΣΤΙΚΟΣ	1	2112	2112	2618.88

Κόστος καλωδιώσεων-παρελκόμενα

Το Σετ καλωδιώσεων-παρελκόμενα περιλαμβάνουν, παροχικά καλώδια , καλώδιο solar 6mm² , βύσματα MC4 και σπινάλ.

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
Σετ καλωδιώσεων-παρελκόμενα	1	3000	3000	3720

Κόστος βάσεων φωτοβολταϊκών

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
ΣΕΤ ΒΑΣΕΙΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ PORTRAIT ΓΙΑ ΠΑΝΕΛ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΕΓΗΣ	4	1364	5456	6765.44

Κόστος Ηλεκτρολογικές εργασίες (εγκατάστασης φωτοβολταϊκού)

Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή μονάδας	Τιμή χωρίς ΦΠΑ 24%	Τιμή με ΦΠΑ 24%
Ηλεκτρολογικές Εργασίες (εγκατάσταση φωτοβολταϊκού)	1	7000	7000	8680

Συνολικό κόστος εγκατάστασης

<u>Κόστος Έργου</u>	<u>(€)</u>
Κόστος Κατασκευής χωρίς ΦΠΑ	69,536 €
ΦΠΑ Κατασκευής	16,689 €
Κόστος άδειας	0 €
Όροι Σύνδεσης ΔΕΔΔΗΕ	1,000 €
Συνολικό Κόστος Κατασκευής :	87,225 €

Το συνολικό κόστος της εγκατάστασης με όλα τα υλικά τα οποία αναφέραμε ανέρχεται στα 87,225 ευρώ με το ΦΠΑ .

5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Περιγραφή Έργου	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ NET METERING ΙΣΧΥΟΣ 99.9KW ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΓΗ		
Τοποθεσία :	ΔΗΜΟΣ ΠΥΡΓΟΥ		
Ονομαστική Ισχύς :	99	kWp	

Στην συνέχεια θα εκτελέσουμε κάποιους υποθετικούς υπολογισμούς εσόδων ώστε να βγάλουμε μια εκτίμηση κέρδους και απόσβεσης του συστήματός μας. **Ετήσια Παραγωγή Ενέργειας (kWh):** Πρόκειται για την εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η τιμή αυτή αποτελεί το βασικό στοιχείο για τον υπολογισμό των εσόδων.

Ετήσια Πώση της Απόδοσης: Αναφέρεται στη φυσιολογική μείωση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών πάνελ με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το ποσοστό χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει την ετήσια παραγωγή ενέργειας στις επόμενες χρονιές.

Αξία Εξοικονομούμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας (κατ' εκτίμηση) (€ / kWh): Πρόκειται για την εκτιμώμενη τιμή ανά κιλοβατώρα της ενέργειας που παράγεται και εξοικονομείται ή πωλείται στο δίκτυο. Αυτή η τιμή πολλαπλασιάζεται με την ετήσια παραγωγή ενέργειας για τον υπολογισμό των ετήσιων εσόδων.

Ετήσια Αναπροσαρμογή Τιμής Πώλησης: Πρόκειται για το ποσοστό με το οποίο αναμένεται να αυξάνεται η τιμή πώλησης της παραγόμενης ενέργειας κάθε έτος.

Ετήσιος Προβλεπόμενος Πληθωρισμός: Αναφέρεται στο γενικό ποσοστό πληθωρισμού που αναμένεται ετησίως και επηρεάζει τα οικονομικά μεγέθη όπως τα έσοδα και τα έξοδα.

Υποθέσεις Υπολογισμού Εσόδων

Ετήσια παραγωγή ενέργειας	(kWh)	148,500
Ετήσια πτώση της απόδοσης		0.40%
Αξία εξοικονομούμενης ηλ. Ενέργειας (κατ'εκτίμηση)	(€ /kWh)	0.1400

Ετήσια αναπροσαρμογή τιμής πώλησης	2.00%
Ετήσιος προβλεπόμενος πληθωρισμός	2.00%
Συντελεστής αποσβέσεων	10%

Α/Α έτους	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Παραγ.ηλεκτρ.ενέργειας (kWh)	148,500	147,906	147,314	146,725	146,138	145,554	144,971	144,392	143,814	143,239
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	0.1400	0.1428	0.1457	0.1486	0.1515	0.1546	0.1577	0.1608	0.1640	0.1673
Αξία εξοικονομούμενης ενέργειας (€) (ΕΣ)	20,790	21,121	21,457	21,799	22,146	22,498	22,857	23,220	23,590	23,966
Αμοιβές τρίτων (λογιστής,security, συνδρομές) με ΦΠΑ (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Λειτουργία - Συντήρηση (παρακολούθηση, πλύσιμο, χόρτα, βλάβες) με ΦΠΑ (€)	1,500	1,530	1,561	1,592	1,624	3,656	3,729	3,804	3,880	3,958
Ασφάλιση (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ενοίκιο χωραφιού (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σύνολο : Δαπάνες λειτουργίας (ΔΛ)	1,500	1,530	1,561	1,592	1,624	3,656	3,729	3,804	3,880	3,958
ΚΑΘΑΡΟ ΕΤΗΣΙΟ ΚΕΡΔΟΣ = ΕΣ-ΔΛ+ΜΦ	-87,225	19,290	19,591	19,897	20,207	20,522	18,842	19,127	19,417	19,710
Σωρευτικές χρηματοροές (ανάκτηση ιδίων κεφαλαίων)	-67,934.64	-48,343.66	-28,447.04	-8,240.03	12,282.18	31,124.48	50,251.83	69,668.48	89,378.71	109,386.91

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
142,666	142,095	141,527	140,961	140,397	139,835	139,276	138,719	138,164	137,611	2,859,803
0.1707	0.1741	0.1776	0.1811	0.1847	0.1884	0.1922	0.1960	0.2000	0.2040	
24,347	24,735	25,129	25,529	25,935	26,348	26,767	27,194	27,626	28,066	485,120
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
4,037	4,117	4,200	4,284	4,369	4,457	4,546	4,637	4,730	4,824	71,033
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4,037	4,117	4,200	4,284	4,369	4,457	4,546	4,637	4,730	4,824	71,033
20,311	20,617	20,929	21,245	21,566	21,891	22,222	22,557	22,897	23,242	414,088 <- ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΕΣΟΔΑ
129,697.49	150,314.94	171,243.83	192,488.76	214,054.44	235,945.62	258,167.12	280,723.84	303,620.75	326,862.87	326,862.87 <- ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ

Αυτή η ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων θα βοηθήσει στην κατανόηση της οικονομικής απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος κατά τη διάρκεια της ζωής του. Παραπάνω έχουμε μια αναλυτική οικονομική ανάλυση του φωτοβολταϊκού

συστήματος, η οποία περιλαμβάνει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα έσοδα, τα έξοδα λειτουργίας και το καθαρό ετήσιο κέρδος για κάθε έτος.

Ανάλυση Δεδομένων

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh)

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια ξεκινά από 148,500 kWh τον πρώτο χρόνο και μειώνεται ελαφρώς κάθε χρόνο λόγω της ετήσιας πτώσης της απόδοσης (0.40%).

Αξία Εξοικονομούμενης Ενέργειας (€)

Η αξία εξοικονομούμενης ενέργειας υπολογίζεται ως το γινόμενο της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (kWh) και της τιμής εξοικονομούμενης ενέργειας (€ / kWh). Τα συνολικά έσοδα από την εξοικονομούμενη ενέργεια για τα 20 έτη είναι 485,120 €.

Έξοδα Λειτουργίας

Τα έξοδα λειτουργίας περιλαμβάνουν:

Αμοιβές τρίτων (λογιστές, ασφάλεια, συνδρομές) με ΦΠΑ: 0

Λειτουργία - Συντήρηση (παρακολούθηση, πλύσιμο, χόρτα, βλάβες) με ΦΠΑ: Ξεκινούν από 1,500 € τον πρώτο χρόνο και αυξάνονται σταδιακά φτάνοντας στα 4,824 € τον εικοστό χρόνο.

Ασφάλιση: 0

Ενοίκιο χώρου: 0

Συνολικά έξοδα λειτουργίας: Ξεκινούν από 1,500 € τον πρώτο χρόνο και αυξάνονται στα 4,824 € τον εικοστό χρόνο. Τα συνολικά έξοδα λειτουργίας για τα 20 έτη είναι 71,033 €.

Καθαρό Ετήσιο Κέρδος

Το καθαρό ετήσιο κέρδος υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ των εσόδων από την εξοικονομούμενη ενέργεια και των εξόδων λειτουργίας. Για τα 20 έτη, το συνολικό κέρδος είναι 414,088 €.

Σωρευτικές χρηματοροές (ανάκτηση ιδίων κεφαλαίων)

Μας δείχνει τις σωρευτικές χρηματοροές που προκύπτουν από την ανάκτηση των ιδίων κεφαλαίων. Ξεκινά με μια αρνητική χρηματοροή τον πρώτο χρόνο λόγω της αρχικής επένδυσης και μετατρέπεται σε θετική χρηματοροή μετά από 4.2 χρόνια

Περίοδος ανάκτησης ιδίων κεφαλαίων	4.2	έτη
Καθαρή Παρούσα Αξία	244,359.27	€
Εσ. Βαθμός Απόδοσης (IRR)	22.3%	

Οικονομική Αξιολόγηση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Περίοδος Ανάκτησης Ιδίων Κεφαλαίων

Η Περίοδος Ανάκτησης Ιδίων Κεφαλαίων για το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι 4,2 έτη. Αυτό σημαίνει ότι η αρχική επένδυση θα έχει ανακτηθεί πλήρως μέσα σε 4,2 χρόνια από την έναρξη της λειτουργίας του συστήματος. Η γρήγορη ανάκτηση της επένδυσης υποδηλώνει **χαμηλό** ρίσκο και **γρήγορη** αποπληρωμή.

Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)

Η Καθαρή Παρούσα Αξία του φωτοβολταϊκού συστήματος υπολογίστηκε στα 244,359.27 €. Μία θετική NPV σημαίνει ότι η παρούσα αξία των μελλοντικών ταμειακών ροών υπερβαίνει την αρχική επένδυση, κάνοντας την επένδυση κερδοφόρα και οικονομικά αποδοτική.

Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)

Ο Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι 22.3%. Ένας IRR αυτού του μεγέθους υποδηλώνει ότι η επένδυση είναι πολύ αποδοτική και αποφέρει υψηλές αποδόσεις σε σχέση με το αρχικό κεφάλαιο που επενδύθηκε.

Συμπεράσματα

Η οικονομική ανάλυση του φωτοβολταϊκού συστήματος δείχνει ότι είναι μια βιώσιμη και κερδοφόρα επένδυση. Η γρήγορη ανάκτηση της επένδυσης μέσα σε 4,2 χρόνια, η θετική καθαρή παρούσα αξία και ο υψηλός εσωτερικός βαθμός απόδοσης καθιστούν το σύστημα αυτό μια αξιόλογη επιλογή για να επενδύσεις στην ανανεώσιμη ενέργεια.

5.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ

Η μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελεί έναν από τους βασικότερους πυλώνες της παγκόσμιας προσπάθειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία του περιβάλλοντος.

Κάθε κιλοβατώρα (kWh) που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι μια μείωση στις εκπομπές άνθρακα που παράγεται από την επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά μέσο όρο, οι εκπομπές CO₂ ανά kWh ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ελλάδα μπορεί να κυμαίνονται από περίπου 0,5 έως 0,7 κιλά CO₂.

Συνολικά ετησίως το σύστημα μας θα αποτρέπει την έκλυση περίπου **75,3 τόνων** διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Κατά μέσο όρο ένα δέντρο μπορεί να απορροφήσει περίπου 22 κιλά διοξείδιο του άνθρακα κάθε χρόνο . Επομένως για 75,3 τόνους χρειάζονται **3422 δέντρα** περίπου για να απορροφήσουν αυτή την ποσότητα.

Έτσι λοιπόν ενθαρρύνουμε τον καθένα να εξερευνήσει τις δυνατότητες της φωτοβολταϊκής ενέργειας και να επενδύσει σε φωτοβολταϊκά συστήματα για το σπίτι ή την επιχείρησή του.

Επιπλέον, το κράτος έχει έναν σημαντικό ρόλο να υποστηρίξει και να προωθήσει αυτό το είδος τεχνολογίας. Είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα για την ενίσχυση των επενδύσεων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με κίνητρα όπως επιδοτήσεις προκειμένου να διευκολυνθεί η μετάβαση προς ένα καλύτερο ενεργειακό μέλλον.

Με τη συνεργασία και τη δράση όλων μας, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα καλύτερο και πιο βιώσιμο περιβάλλον για όλους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάστηκε στην ηλιακή ενέργεια και στην εφαρμογή της μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων. Μετά από μια εκτενή ανάλυση της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού φαινομένου, της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων και των χαρακτηριστικών καμπυλών, εξετάσαμε και το φαινόμενο της νησιδοποίησης (anti-islanding).

Στη συνέχεια, προχωρήσαμε στη μελέτη της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπου έγινε χωροθέτηση στο κτήριο και ελέγχθηκαν τυχόν εμπόδια για την εγκατάσταση. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν εμπόδια που να επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος μας. Επιλέχθηκαν 180 φωτοβολταϊκά στοιχεία για την τοποθέτηση με νότιο προσανατολισμό, τοποθετημένα σε βάσεις στη στέγη με κλίση 15 μοιρών, όπως και η στέγη.

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται με 2 ινβέρτερ των 50KW το καθένα. Ελέγχθηκε η γείωση και έγιναν οι κατάλληλες ενέργειες στο κομμάτι αυτό. Προστέθηκε όλος ο απαραίτητος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός, όπως πίνακες AC και DC, κουτιά διακλάδωσης, μετρητές κ.α.

Μετά την εγκατάσταση, υπολογίστηκε η ετήσια παραγωγή ενέργειας του φωτοβολταϊκού συστήματος, η οποία ανέρχεται σε 148.500 kWh ετησίως. Το συνολικό κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος ήταν 87.225 ευρώ. Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση, η απόσβεση της επένδυσης γίνεται σε 4,2 χρόνια, γεγονός που καθιστά την επένδυση αυτή ιδιαίτερα ασφαλή και κερδοφόρα για τον πελάτη.

Συνοψίζοντας, η μελέτη μας καταδεικνύει τη βιωσιμότητα και την αποδοτικότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων ως λύση για την παραγωγή ενέργειας, προσφέροντας τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά οφέλη.

Βιβλιογραφία

- <https://www.oleng.eu/net-metering/>
- Φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις, Στ. Πέρδιου
- Οδηγός μελέτης και υλοποίησης φωτοβολταϊκών έργων, ΤΕΕ-ΤΚΜ
- «ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.» ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
- ΕΛΟΤ 60364:2020 Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
- Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εσωτερικών Εγκαταστάσεων
- Κανονισμοί ΔΕΗ
- https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
- <https://www.semsportal.com/home/login>
- Εγχειρίδιο δεδομένων GOODWE
- Εγχειρίδιο δεδομένων RECOM
- Εγχειρίδιο δεδομένων NOARK
- Word 2019
- Excel 2019
- Autocad 2024