

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΗΣΣΟΥ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΕ

Καλτσάς Χρήστος

A.M 7043

Όνομα Επιβλέποντος:

Ιωάννης Καλογήρου

Πάτρα 2021

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1: Παραγωγική διαδικασία και καταναλώσεις του εργοστασίου.....	6
Κεφάλαιο 2: NET-METERING και Νομοθετικό πλαίσιο	8
2.1 Τρόπος λειτουργίας Net-metering	9
Κεφάλαιο 3: Μελέτη Φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.....	11
3.1 Ενεργειακή μελέτη.....	12
3.2 Επιλογή και περιγραφή φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	14
3.3 Επιλογή και περιγραφή inverter.....	16
3.4 Στηρικτικό Σύστημα Πλαισίων.....	19
3.5 Χωροθέτηση εγκατάστασης.....	21
3.6 Ηλεκτρολογική σύνδεση εγκατάστασης δικτύου	25
3.6.1 Ηλεκτρολογική σύνδεση εγκατάστασης.....	27
3.7 Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός.....	31
3.7.1 Γείωση και Αντικεραυνική Προστασία – Απαγωγοί Κρουστικών Υπερτάσεων..	31
3.7.2 Προστασία κυκλωμάτων AC/DC.....	32
3.7.3 Καλωδίωση Φωτοβολταϊκού συστήματος.....	32
3.7.4 Καλωδίωση εγκατάστασης.....	33
3.7.5 Πίνακας Διασύνδεσης ΦΒ Συστήματος και ΑΔΔ.....	33
Κεφάλαιο 4: Οικονομικά χαρακτηριστικά επένδυσης.....	35
Κεφάλαιο 5: Συμπέρασμα.....	40
Βιβλιογραφία.....	41

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την εγκατάσταση ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος, ισχύος 199,50 kW στην οροφή υφιστάμενης εργοστασιακής μονάδας επεξεργασίας ξηρών καρπών στον Αμάρυνθο Ευβοίας. Γίνεται εκτενής περιγραφή της ενεργειακής και τεχνικής μελέτης που πραγματοποιήθηκε αλλά και των οικονομικών οφελών της επιχείρησης σε βάθος χρόνου. Αρχικά παρουσιάζεται η παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου, καταγράφονται οι καταναλώσεις του και με γνώμονα αυτών και την βοήθεια του λογισμικού PVGIS γίνεται το αρχικό σενάριο για την εγκατάσταση. Ακολουθεί η μελέτη του φωτοβολταϊκού συστήματος, γίνεται η αυτοψία του χώρου εγκατάστασης και η χωροθέτηση του συστήματος. Τελικά, πραγματοποιείται οικονομοτεχνική ανάλυση του κόστους εγκατάστασης, του οικονομικού οφέλους, και του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αναπτύσσεται ταχύτατα λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων συμβατικών πηγών ενέργειας(ορυκτά καύσιμα), της ρύπανσης του περιβάλλοντος καθώς επίσης και της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Μια κατηγορία ΑΠΕ είναι αυτή της ηλιακής ενέργειας με την χρήση των φωτοβολταϊκών με σημαντικές προοπτικές ανάπτυξης στον ελληνικό χώρο λόγω του άφθονου ήλιου όλο τον χρόνο. Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών άρχισε να αναπτύσσεται στα μέσα του προηγούμενου αιώνα και από τότε εξελίσσεται συνεχώς φτάνοντας σε σημείο σήμερα να έχουν αρκετά ικανοποιητική απόδοση. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που μας δίνουν οι ΑΠΕ είναι η δυνατότητα παραγωγής ενέργειας αυτόνομων κοινοτήτων. Υπάρχουν πολλοί τύποι φ/β εγκαταστάσεων σε διαφορετικές τοποθεσίες όπως αυτόνομα φ/β στέγης με χρήση μπαταριών μέσα σε πόλεις, σε στέγες εργοστασίων όπου και θα ασχοληθούμε παρακάτω, αλλά και φ/β πάρκα σε απομακρυσμένες περιοχές.

Εκτός της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης και της μείωσης του κόστους των φωτοβολταϊκών πλαισίων, οι ομοσπονδιακές και πολιτειακές πολιτικές παίζουν πολλοί σημαντικό ρολό για την επιτυχία των φ/β συστημάτων και την καθαρή ηλεκτρική ενέργεια που παρέχουν αυτά τα συστήματα. Ο ενεργειακός συμψηφισμός (Net Metering) ο οποίος θα ασχοληθούμε παρακάτω είναι ένα από αυτά. Αυτό το μοντέλο χρέωσης ηλεκτρικής ενέργειας, δίνει την δυνατότητα στον αυτοπαραγωγό να πιστώνει στον λογαριασμό τα περίσσια ενέργειας όπου παράγει.

Στην Ευρωπαϊκή ένωση υπάρχει στόχος για την κάλυψη του 32% της κατανάλωσης ενέργειας από ΑΠΕ έως το 2030.

1. Παραγωγική διαδικασία και καταναλώσεις του εργοστασίου

Το εργοστάσιο στο οποίο θα γίνει η ενεργειακή υποβοήθηση, είναι εργοστάσιο επεξεργασίας ξηρών καρπών. Η παραγωγική διαδικασία του ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

Στάδιο 1^ο Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών

Οι πρώτες ύλες μετά την παραλαβή τους φυλάσσονται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους αποθήκευσης σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και υγιεινής οι οποίες διασφαλίζονται με σύγχρονα συστήματα ασφάλειας τροφίμων (HACCP, Hazard Analysis Critical Control Points).

Στάδιο 2^ο Καθαρισμός, Αποφλοιώση, Διαλογή

Στο στάδιο αυτό τα προϊόντα πλένονται γίνεται η αποφλοιώση τους και στην συνέχεια εισέρχονται σε ταινία διαλογής και αποπετρωτή με σκοπό τον εντοπισμό ξένων σωματιδίων και πρώτων υλών ακατάλληλων για ψήσιμο και συσκευασία.

Στάδιο 3^ο Ψήσιμο ξηρών καρπών

Εφόσον οι παραπάνω διαδικασίες διεξαχθούν επιτυχώς, οι πρώτες ύλες μεταφέρονται στους φούρνους οι οποίοι είναι ηλεκτρικοί με αντιστάσεις. Μέσα στους φούρνους αλατίζονται και ψήνονται σε αέρα η λαδί.

Στάδιο 4^ο Συσκευασία προϊόντων

Οι ξηροί καρποί εφόσον περάσουν από το στάδιο της διαλογής, συσκευάζονται είτε ωμοί είτε ψημένοι χωρίς αλάτι ή ψημένοι και αλατισμένοι, σε συνθήκες διαμορφωμένης ατμόσφαιρας με άζωτο, η οποία συντελεί στη δημιουργία προστατευτικών συσκευασιών. Οι προστατευτικές συσκευασίες, συντελούν στη διατήρηση της φρεσκάδας και του αρώματος των προϊόντων, καθώς και της προστασίας των προϊόντων από επιβλαβή ξένα σώματα, ακατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.



Εικόνα -1.1: Μηχανήματα επεξεργασίας ξηρών καρπών

Ενδεικτικά αναφέρονται χαρακτηριστικά και οι καταναλώσεις των μηχανημάτων που κάνουν τις παραπάνω διαδικασίες.

Είδος μηχανής	Παράγωγή	Κατανάλωση	Διαστάσεις
Αποφλοιωτής καρπών	500 kg/h	9.84kw	6000*2800*3700mm
Φούρνος	500 kg/h	10kw/380v	8500*1800*2600mm
Μηχανή συσκευασίας	600 kg/h	4kw	1780*1350*2000mm

Πίνακας 1.1: Χαρακτηρίστηκα μηχανημάτων

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του εργοστασίου είναι **452.22 kW** και αποτελείται από

- ☉ 58 πρίζες συνολικής ισχύος 87 KW
- ☉ 119 μηχανήματα συνολικής ισχύος 323.8 KW
- ☉ 4 μοτέρ συνολικής ισχύος 28KW
- ☉ 191 φωτιστικά συνολικής ισχύος 13.42 KW

2. NET-METERING και Νομοθετικό πλαίσιο

Ο συμψηφισμός παραγόμενης - καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ΑΠΕ. Το net-metering επιτρέπει στον καταναλωτή να καλύψει ένα σημαντικό μέρος των ιδιοκαταναλώσεών του, ενώ παράλληλα του δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο για έμμεση αποθήκευση της πράσινης ενέργειας. Ο όρος “net” προκύπτει από το γεγονός ότι η χρέωση/πίστωση του καταναλωτή αφορά στη διαφορά μεταξύ καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας σε μία ορισμένη χρονική περίοδο.

Στο πλαίσιο του ενεργειακού συμψηφισμού ΥΑ ΥΠΕΝ/ΔΑΠΕΕΚ/15084/382 (ΦΕΚ Β' 759) οι σταθμοί παραγωγής μπορούν να είναι μιας εκ των ακόλουθων τεχνολογιών, είτε φωτοβολταϊκοί σταθμοί (με σταθερά φωτοβολταϊκά επί κτηρίων ή επί εδάφους ή με συστήματα ηλιακής ιχνηλάτησης επί εδάφους) ή σταθμοί βιομάζας, σταθμοί βιοαερίου είτε μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί, σταθμοί ΣΗΘΥΑ και σταθμοί μικρών ανεμογεννητριών. Ο φωτοβολταϊκός σταθμός εγκαθίσταται στον ίδιο ή όμορο χώρο με την εγκατάσταση κατανάλωσης, που συνδέεται στο Δίκτυο μέσω της αυτής παροχής.

Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραχθείσας (Π) από το φωτοβολταϊκό σταθμό ενέργειας με την καταναλωθείσα (Κ) ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού. Στον ενεργειακό συμψηφισμό η παραγόμενη ενέργεια δεν είναι απαραίτητο να ταυτοχρονίζεται με την καταναλισκόμενη.

Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ηπειρωτική χώρα και διασυνδεδεμένα με αυτήν νησιά):

α) Η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20 kW ή μέχρι 50% της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης (σε kVA), εφόσον το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 20 kW.

β) Ειδικά για αυτοπαραγωγούς μέσης τάσης καθώς και για σταθμούς αυτοπαραγωγής ανεξαρτήτως τάσης σύνδεσης από νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ισχύς κάθε σταθμού παραγωγής μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

2.1 Τρόπος λειτουργίας net-metering

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα (ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ), τροφοδοτεί αρχικά τις καταναλώσεις της εγκατάστασης, που είναι σε λειτουργία τη δεδομένη στιγμή.

Εάν μέρος της παραγόμενης ενέργειας περισσεύει, αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ (ΕΓΧΕΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ), ενώ όταν χρειάζεται επιπλέον ενέργεια, αυτή απορροφάται από το δίκτυο της ΔΕΗ (ΑΠΟΡΡΟΦΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ). Οι τρεις αυτές ποσότητες ενέργειας (ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ, ΕΓΧΕΟΜΕΝΗ και ΑΠΟΡΡΟΦΩΜΕΝΗ), καταγράφονται από δύο μετρητές και συγκεκριμένα:

Η ΕΓΧΕΟΜΕΝΗ και η ΑΠΟΡΡΟΦΩΜΕΝΗ, με τη βοήθεια μετρητή διπλής κατεύθυνσης-καταμέτρησης. Ο μετρητής αυτός εγκαθίσταται στη θέση του υφιστάμενου, με ευθύνη του ΔΕΔΔΗΕ.

Η ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ από το φωτοβολταϊκό, με τη βοήθεια άλλου μετρητή, ο οποίος εγκαθίσταται με ευθύνη και δαπάνη του ιδιοκτήτη, συνήθως μαζί με το φωτοβολταϊκό.



Εικόνα -2: Τρόπος λειτουργίας Net Metering

Από τη διαφορά ΑΠΟΡΡΟΦΩΜΕΝΗ-ΕΓΧΕΟΜΕΝΗ, προκύπτει η ΧΡΕΩΣΤΕΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, αυτή δηλαδή που προμηθεύεται ο ιδιοκτήτης από τον πάροχο και για την οποία χρεώνεται από αυτόν. Εφόσον η ΑΠΟΡΡΟΦΩΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ είναι μικρότερη ή ίση από την ΕΓΧΕΟΜΕΝΗ, η χρέωση για την ενέργεια είναι μηδενική.

Η ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ από το φωτοβολταϊκό, καταμετράται επίσης, για τον υπολογισμό της ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ στην εγκατάσταση, η οποία και επηρεάζει, σύμφωνα με το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, κάποιες από τις χρεώσεις (ΥΚΩ). Η χρέωση για ΥΚΩ υπολογίζεται βάσει της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας ($K = \text{Απογραφόμενη} + \text{Παραγόμενη} - \text{Εγχεόμενη}$), επί την αντίστοιχη μοναδιαία χρέωση. Στην περίπτωση τιμολογίου με διαφορετικές χρονικές ζώνες χρέωσης, το σύνολο της παραχθείσας και εγχυθείσας ενέργειας θα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ΥΚΩ που αντιστοιχούν μόνο στην κατανάλωση της ζώνης κανονικής χρέωσης (ημερήσιας κατανάλωσης).

Τέλος, το ποσοστό της ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, το οποίο καταναλώνεται απευθείας στην εγκατάσταση, είναι ο ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ, που επηρεάζει σε κάποιο βαθμό το μέγεθος της εξοικονόμησης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΙΣΜΟΣ, τόσο μεγαλύτερη η εξοικονόμηση στον λογαριασμό του ΔΕΔΔΗΕ.

3. Μελέτη Φωτοβολταικής εγκατάστασης

Η παρακάτω μελέτη αφορά την υλοποίηση φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με πρόγραμμα αυτοπαραγωγής Net Metering. Η εγκατάσταση θα γίνει σε βιομηχανική στέγη εργοστασίου επεξεργασίας ξηρών καρπών στον Αμάρυνθο Ευβοίας. Οι συντεταγμένες του χώρου εγκατάστασης είναι **38°25'07,25" 23°52'50,50"**.

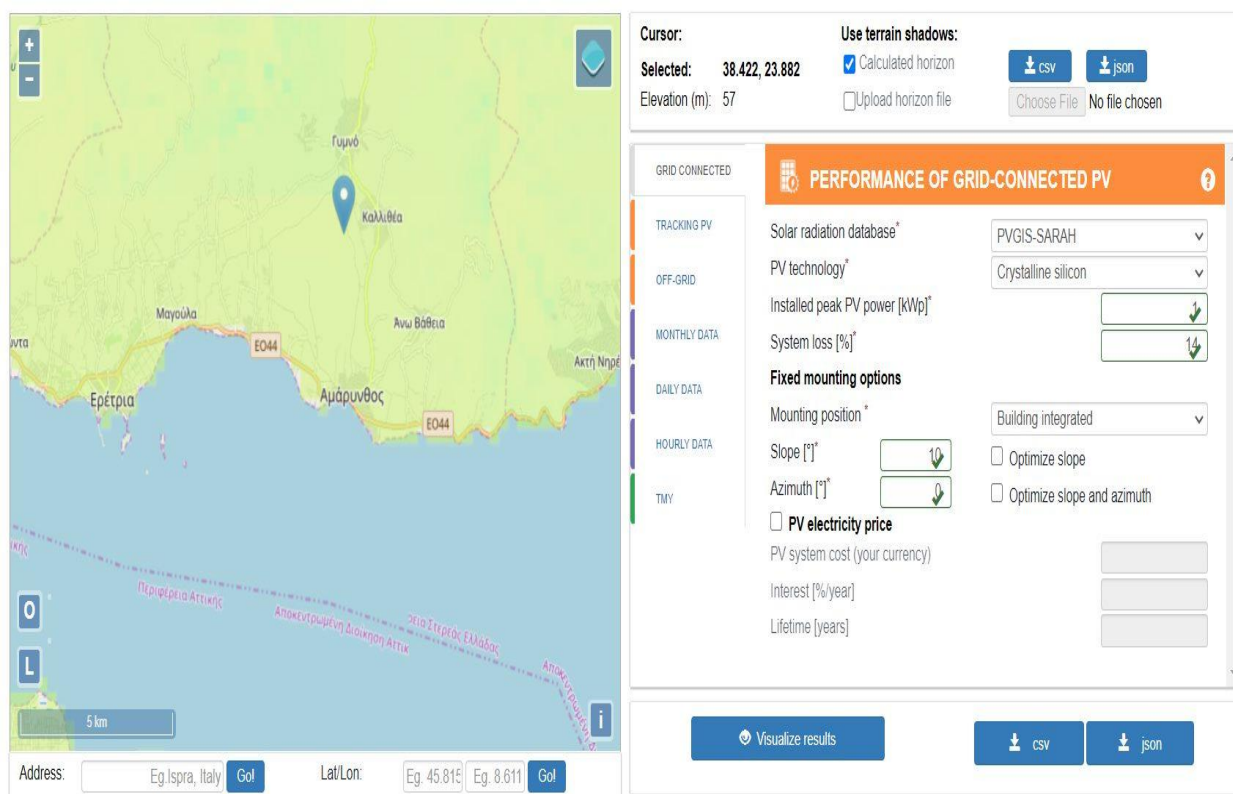


Εικόνα -3.1: Εργοστάσιο επεξεργασίας ξηρών καρπών

Αρχικά πρέπει να υπολογίσουμε τι σύστημα χρειαζόμαστε, δηλαδή πόσο μεγάλο θα είναι το φωτοβολταϊκό. Για την διαστασιολόγηση του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ετήσια κατανάλωση της εγκατάστασης μας σε kWh. Δεδομένου ότι ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται σε ετήσια βάση και τυχόν πλεόνασμα ενέργειας μετά τον ετήσιο συμψηφισμό δεν αποζημιώνεται, η ετήσια παραγόμενη από το σύστημα ενέργεια δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την συνολική ετήσια κατανάλωση.

3.1 Ενεργειακή μελέτη

Γνώριζοντας την ετήσια κατανάλωση του εργοστασίου και υπολογίζοντας την ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος μέσω του προγράμματος PVGIS, θα υπολογίσουμε την ισχύ της εγκατάστασης μας με σκοπό την κάλυψη 100% της ενέργειας του εργοστασίου αν αυτό επιτρέπεται. Παρακάτω φαίνεται ο τρόπος χρήσης του προγράμματος καθώς και τα αποτελέσματα του.



Εικόνα 3.1.1: Εισαγωγή παραμέτρων στο πρόγραμμα PVGIS

Το PVGIS προσφέρει πέντε διαφορετικές βάσεις δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας με ωριαία ανάλυση χρόνου. Προς το παρόν, υπάρχουν τρεις διαθέσιμες βάσεις δεδομένων μέσω δορυφόρου η PVGIS-SARAH, PVGIS-CMSAF, PVGIS-NSRDB. Επιλέγουμε την βάση δεδομένων PVGIS-SARAH η οποία είναι για την Ευρώπη την Ασία και τμήματα της Νότιας Αμερικής.

Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς και από το φάσμα του ηλιακού φωτός, αλλά η ακριβής εξάρτηση ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών τύπων φωτοβολταϊκών μονάδων. Προς το παρόν μπορούμε να εκτιμήσουμε τις απώλειες που οφείλονται στη θερμοκρασία και στα αποτελέσματα ακτινοβολίας για τους ακόλουθους τύπους μονάδων: κρυσταλλικά κύτταρα πυριτίου, CIS η CIGS και Cadmium Telluride .

Επιλέγουμε φωτοβολταϊκά πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου και αυτόματα συμπληρώνεται και η απώλεια του συστήματος μας στα 14%.

Στην συνέχεια το πρόγραμμα ζητά την εγκατεστημένη ισχύς της εγκατάστασης μας το οποίο είναι το ζητούμενο μας. Επιλέγουμε να βάλουμε μονάδα δηλαδή το πρόγραμμα θα υπολογίσει την παραγωγή ενέργειας για 1 kWp.

Τέλος, επιλεγούμε τον τρόπο στήριξης και τοποθέτησης της εγκατάστασης μας αλλά και το αζιμούθιο και την γωνία κλίσης των πλαισίων ώστε να βγουν τα αποτελέσματα μας.



Εικόνα 3.1.2 : Αποτελέσματα προγράμματος PVGIS

Το εργοστάσιο καταναλώνει **317959 kWh** ετησίως για τις ανάγκες του σε ηλεκτρική ενέργεια και σύμφωνα με το πρόγραμμα PVGIS, βάζοντας πληροφορίες όπως περιγράφηκε παραπάνω, η ετήσια παραγωγή ενέργειας ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος για την περιοχή όπου βρίσκεται το εργοστάσιο είναι **1439 kWh/kWp**.

Οπότε για την κάλυψη των αναγκών του εργοστασίου η εγκατάσταση μας θα πρέπει να έχει ισχύς τουλάχιστον **220.95kW**.

$$\text{ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ } \Phi_B = \frac{\text{ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ}}{\text{ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΙΣΧΥΟΣ}}$$

$$\text{ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ } \Phi_B = \frac{317.959 \text{ kWh}}{1439 \text{ kWh/kWp}} = 220.95 \text{ kW}$$

Να σημειωθεί πως το παραπάνω αποτέλεσμα του προγράμματος PVGIS όσο αναφορά την ετήσια παραγωγή ανά μονάδα ισχύος είναι αρκετά αξιοπιστία καθώς συνδυάζονται δορυφορικές μετρήσεις της ηλιακής ενέργειας με δορυφορικές εικόνες της νέφωσης και δεδομένα των ατμοσφαιρικών αιωρημάτων.

3.2 Επιλογή και περιγραφή φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η επιλογή των πλαισίων έγινε κατόπιν έρευνας η οποία είναι συνήθως ερευνά κόστους ωστόσο λαμβάνονται και άλλοι παράγοντες υπόψη όπως η ονομαστική ισχύς των πάνελ, ονομαστικά ρεύματα, αξιοπιστία, διαθέσιμη έκταση κ.α. Για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, έχουν επιλεγεί να χρησιμοποιηθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια **Πολυκρυσταλλικού πυριτίου** του κατασκευαστικού οίκου **Sharp** τύπου **ND-AR330H**.

Τα πλαίσια με ονομαστική ισχύ **330Wp** αποτελούνται από **72** (6x12) φωτοβολταϊκά κελιά διαστάσεων **156.75x156.75 mm** τα οποία είναι συνδεδεμένα με ράγες ηλεκτρόδιων και μεταφέρουν την παραγόμενη ισχύ μέσω του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Τα κελιά είναι ενσωματωμένα σε μια προστατευτική μεμβράνη EVA (EthyleneVinyl-Acetate) και μια PET- σύνδεση κάλυψης της οπίσθιας πλευράς για αξιόπιστη και διαρκή προστασία από τις περιβαλλοντικές επιρροές και τις θερμικές διαστολές. Για να εξασφαλίζεται η ορθή και αξιόπιστη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος υπάρχει ένα κουτί διανομής στο πίσω μέρος του πλαισίου το οποίο είναι εφοδιασμένο με τρεις εισόδους bypass για την αποφυγή υπερθέρμανσης μεμονωμένων κυψελών.



Εικόνα 3.2.1: Φωτοβολταϊκό πλαίσιο (Sharp NDAR330H)

Οι εξωτερικές διαστάσεις του πλαισίου είναι **1956x992x40 mm** και το βάρος του είναι **22kg** και η τάση λειτουργίας του είναι **37.1 V**. Επίσης στο πίσω μέρος τους έχουν στεγανοποιημένα καλώδια τύπου solar και βαθμού προστασίας **IP 67**.

Η κατασκευάστρια εταιρεία δίνει δεκαετή εγγύηση λειτουργίας καθώς και εικοσιπενταετή εγγύηση απόδοσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Η υψηλή απόδοση των φωτοβολταϊκών και η προσιτή τιμή τους τα καθιστούν ιδανικά για την εγκατάστασή μας.

Παρακάτω αναφέρονται τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά καθώς και το σχεδιάγραμμα του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Electrical data (STC)

ND-AR330H			
Maximum power	P_{max}	330	W_p
Open-circuit voltage	V_{oc}	45.5	V
Short-circuit current	I_{sc}	9.40	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	37.1	V
Current at point of maximum power	I_{mpp}	8.9	A
Module efficiency	η_m	17.0	%

STC = Standard Test Conditions: irradiance 1,000 W/m², AM 1.5, cell temperature 25 °C.
 Rated electrical characteristics are within ±10 % of the indicated values of I_{sc} , V_{oc} and 0 to +5 % of P_{max} (power measurement tolerance ±3 %).
 Reduction of efficiency from an irradiance of 1,000 W/m² to 200 W/m² ($T_{module} = 25\text{ °C}$) is less than 3%.

Electrical data (NOCT)

ND-AR330H			
Maximum power	P_{max}	245.9	W_p
Open-circuit voltage	V_{oc}	43.0	V
Short-circuit current	I_{sc}	7.49	A
Voltage at point of maximum power	V_{mpp}	34.5	V
Current at point of maximum power	I_{mpp}	7.13	A

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) = 45°C.
 Irradiance = 800 W/m², air temperature = 20 °C, wind speed = 1 m/s.

Mechanical data

Length	1,956 mm
Width	992 mm
Depth	40 mm
Weight	22.0 kg

Temperature coefficient

P_{max}	-0.39%/°C
U_{oc}	-0.32%/°C
I_{sc}	0.05%/°C

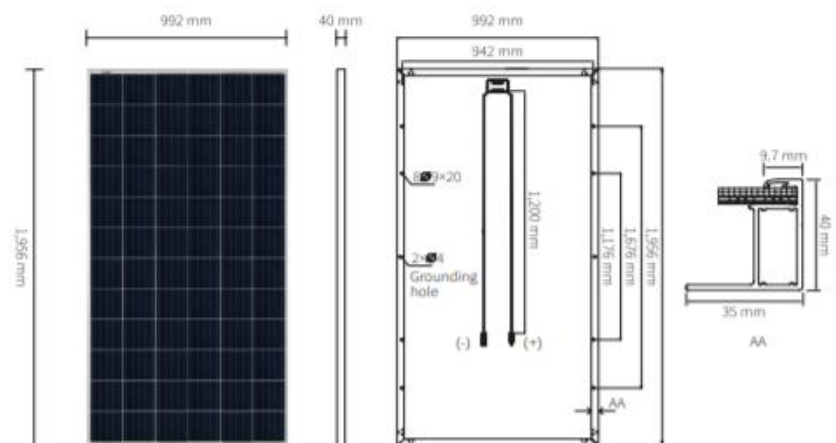
Limit values

Maximum system voltage	1,500 VDC
Over-current protection	15 A
Temperature range	-40 to +85 °C
Max. mechanical load (snow/wind)	2,400 Pa

Packaging data

Modules per pallet	27 pcs
Pallet size (L × W × H)	1.980 m × 1.130 m × 1.130 m
Pallet weight	640 kg

Dimensions (mm)



General data

Cells	polycrystalline 156.75 mm × 156.75 mm, 72 cells in series
Front glass	low iron tempered ARC glass, 3.2 mm
Frame	anodized aluminium alloy, silver
Connection box	IP67, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm ² , length 1,200 mm
Connector	Twinsel PV-SY02, IP67

3.3 Επιλογή και περιγραφή inverter

Η μετατροπή της DC ισχύος σε AC προκειμένου να γίνει η έκχυσή της στο δημόσιο δίκτυο, θα γίνεται με την βοήθεια μετατροπέα οι οποίοι χαρακτηρίζονται και από τον υψηλό βαθμό ισχύος.

Η επιλογή του inverter γίνεται επίσης βάση έρευνας κόστους , βαθμού απόδοσης , διαθέσιμων strings, ονομαστικής ισχύος , ρευμάτων τάσεων κ.α. παραγόντων.

Ο μετατροπέας που επιλέχθηκαν για την εγκατάσταση είναι ο **SMATRIPOWER25000TL** για την εγκατάσταση των 220.20KW και είναι της SMA η όποια είναι γερμανική εταιρεία. Ο πρώτος μετατροπέας έχει μέγιστη ονομαστική ισχύ 25550 W και θα χρειαστούν **9 ίδιοι μετατροπέες για την εγκατάσταση των 220.20 Kw**

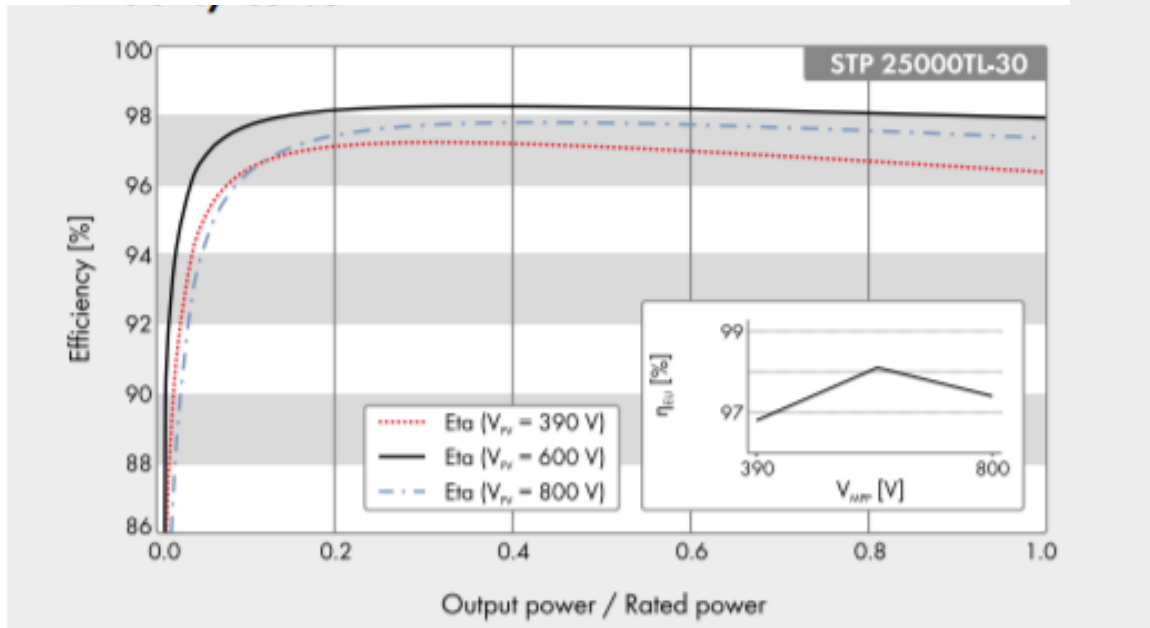


Εικόνα 3.3.1:
Inverter SMATRIPOWER25000TL

Σε κανονική λειτουργία, οι μετατροπέες λειτουργούν στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP). Σε αυτό το σημείο, η σχέση ανάμεσα στη φωτοβολταϊκή τάση και το φωτοβολταϊκό ρεύμα είναι ρυθμισμένη έτσι, ώστε να προκύπτει η μέγιστη ισχύς. Η θέση του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP) μεταβάλλεται συνεχώς σε συνάρτηση με την ηλιακή ακτινοβολία και τη θερμοκρασία των φωτοβολταϊκών μονάδων.

Ο τριφασικός μετατροπέας Tripower διαθέτει μέγιστη ευελιξία κατά το σχεδιασμό μίας εγκατάστασης χάρη στη νέα τεχνολογία Ortiflex με δύο εισόδους ανίχνευσης σημείου μέγιστης ισχύος MPP και με μεγάλο εύρος τιμών τάσης εισόδου και έτσι ενδείκνυται για τη διαστασιολόγηση με κάθε τύπο φωτοβολταϊκού πλαισίου. Είναι ιδανικός αντιστροφέας για μεγάλης κλίμακας εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι βλάβες μπορούν να εντοπιστούν μέσω οθόνης ενδείξεων. Με βαθμό απόδοσης πάνω από **98.4%** σημαίνει πως το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μπορεί να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα σε αναλογία σχεδόν 1 προς 1 .

Εικόνα 3.3.2 : Καμπύλη απόδοσης μετατροπέα



Ακολουθούν πινάκες των τεχνικών χαρακτηριστικών του μετατροπέα τόσο για την πλευρά εισόδου (συνεχές ρεύμα- DC) όσο και για την πλευρά εξόδου (εναλλασσόμενο ρεύμα – AC) .

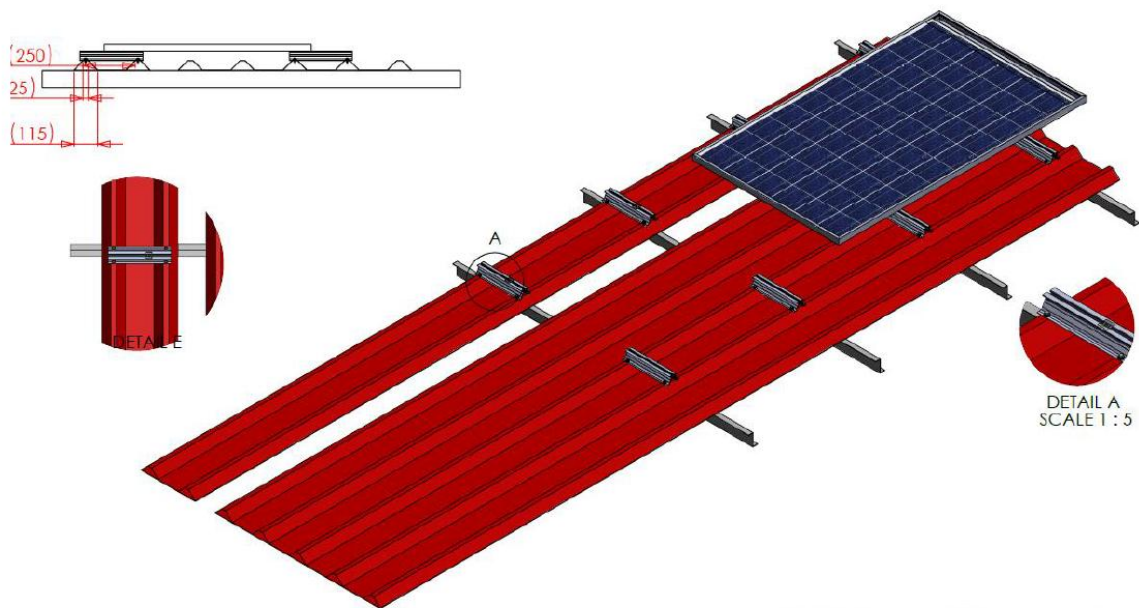
Technical Data	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Input (DC)			
Max. generator power	27000 W _p	36000 W _p	45000 W _p
DC rated power	15330 W	20440 W	25550 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	240 V to 800 V / 600 V	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
Output (AC)			
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	15000 W	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	15000 VA	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V		
AC voltage range	180 V to 280 V		
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz		
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V		
Max. output current / Rated output current	29 A / 21.7 A	29 A / 29 A	36.2 A / 36.2 A
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0 overexcited to 0 underexcited		
THD	≤ 3%		
Feed-in phases / connection phases	3 / 3		
Efficiency			
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%	98.4% / 98.0%	98.3% / 98.1%
Protective devices			
DC-side disconnection device	●		
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●		
DC surge arrester (Type II) can be integrated	○		
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -		
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●		
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II		
General data			
Dimensions (W / H / D)	661 / 682 / 264 mm (26.0 / 26.9 / 10.4 inch)		
Weight	61 kg (134.48 lb)		
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F to +140 °F)		
Noise emission (typical)	51 dB(A)		
Self-consumption (at night)	1 W		
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool		
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65		
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H		
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%		

Εικόνα 3.3.3 : Τεχνικά χαρακτηριστικά inverter

3.4 Στηρικτικό Σύστημα Πλαισίων

Οι Βάσεις στήριξης αλουμινίου για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών πλαισίων στην εγκατάσταση είναι του γνωστού Ελληνικού οίκου **Μεταλουμιν**. Οι βάσεις αυτές τηρούν όλες τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές όσον αφορά τη στατικότητα τους, την διάβρωση και την μόνωση, είναι γρήγορες στο στήσιμο και εύκολα επεκτάσιμες σε περίπτωση προσθήκης επιπλέον φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Για τα συστήματα στήριξης έχουν γίνει στατικές μελέτες στηριζόμενες στις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδας, διαστασιολόγηση σύμφωνα με τον Ευροκώδικα 3 και φορτίσεις σύμφωνα με το DIN1055, αυτό είναι σημαντικό γιατί το σύστημα πρέπει να έχει τις απαραίτητες αντοχές σε ανεμοπιέσεις και φορτία. Οι βάσεις και όλα τα παρελκόμενα είναι κατασκευασμένα εξολοκλήρου από αλουμίνιο και Ανοξείδωτο ατσάλι INOX 316.



Εικόνα 3.4.1 : Στηρικτικό σύστημα πλαισίων

Τα πλαίσια θα εγκατασταθούν στην ενεργή επιφάνεια της βάσης. Η τοποθέτησή τους θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια ειδικών συγκρατητών (Clamps) από αλουμίνιο.



Εικόνα 3.4.2: Μεσαία πιάστρα (Clamp)



Εικόνα 3.4.3: Εξωτερική πιάστρα (Clamp)

3.5 Χωροθέτηση εγκατάστασης

Όπως αναφέρθηκε η επιλογή των πλαισίων έγινε βάση πολλών παραγόντων ένας εκ των οποίων είναι η απαιτούμενη έκταση για να γίνει η χωροθέτηση.

Η στέγη του εργοστασίου αποτελείται από δυο δίριχτες στέγες με προσανατολισμό βορρά και νότο και κλίση 10° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η νότια στέγη στην οποία θα γίνει η εγκατάσταση έχει συνολικό εμβαδό 1564 m^2 και εκμεταλλεύσιμο 1296.84 m^2 (λόγο αδιαφώτιστων, ηλιακών, εξαερισμών κλπ)

Σε προηγούμενο κεφάλαιο υπολογίστηκε η ισχύς της εγκατάστασης ώστε να καλυφτεί 100% η ανάγκη του εργοστασίου σε ηλεκτρική ενέργεια στα 220.95 kW.

Ο συνολικός αριθμός των πλαισίων προκύπτει από το πηλίκο της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της εγκατάστασης προς την ονομαστική ισχύ του πλαισίου.

$$\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ} = \frac{\text{ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ}}{\text{ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ}}$$

$$\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ} = \frac{220950 \text{ W}}{330 \text{ W}} = 669 \text{ ΠΛΑΙΣΙΑ}$$

Η απαιτούμενη έκταση για την εγκατάσταση 669 πλαισίων σύμφωνα με τα datasheet του πλαισίου είναι 1297.86 m^2 και όπως αναφέρθηκε θα τοποθετηθούν με νότιο προσανατολισμό σε βάσεις αλουμινίου με την κλίση της στέγης 10° .

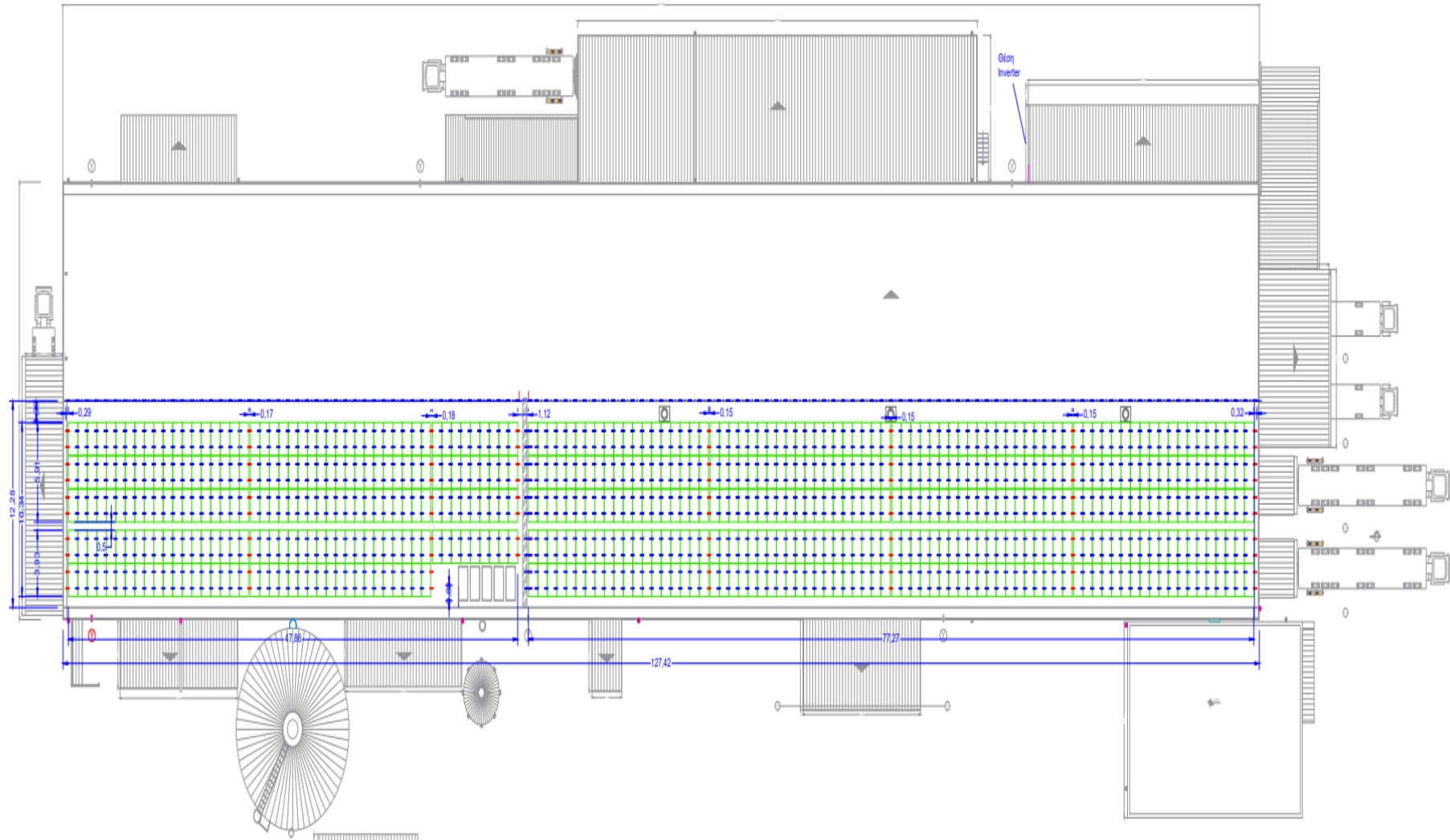
Η απαιτούμενη έκταση προκύπτει από τις εμβαδόν του πλαισίου επί τον αριθμό των πλαισίων.

$$\text{ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ} = \text{ΕΜΒΑΔΟΝ ΠΛΑΙΣΙΟΥ} \times \text{ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΛΑΙΣΙΩΝ}$$

$$\text{ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ} = 1.94 \text{ m}^2 \times 669 = 1297.86 \text{ m}^2$$

Είναι προφανές πως ο απαιτούμενη έκταση είναι μεγαλύτερη από την διαθέσιμη της νότιας στέγης, συνεπολογίζοντας ένα διάδρομο όπου θα πρέπει να δημιουργήσουμε και μικρά κενά μεταξύ των πλαισίων είναι αδύνατον να χωρέσουν όλα τα πλαίσια.

Κάνοντας λοιπόν την χωροθέτηση πάνω στο σχέδιο κάτοψης της στέγης προκύπτει πως ο αριθμός των πλαισίων όπου είναι δυνατόν να εγκατασταθούν στη νότια στέγη είναι **606 πλαίσια**. Στο παρακάτω σχέδιο φαίνονται οι αποστάσεις μεταξύ των στοιχειοσειρών, του διαδρόμου αλλά και τα εμπόδια (εξαερισμοί, ηλιακοί, κλπ)



Εικόνα 3.5.1: Διαστασιολόγηση εγκατάστασης

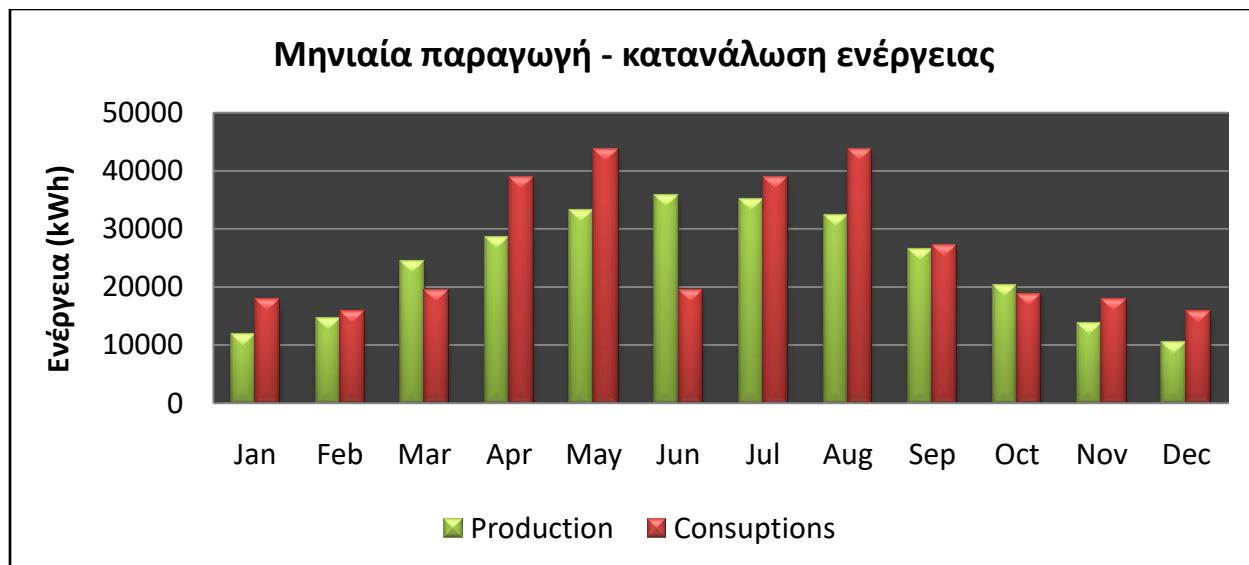
Τα 606 πλαίσια λοιπόν όπου χώρεσαν στην νότια στέγη έχουν συνολική ισχύ **199.5 KW** και παράγουν τον χρόνο **287100 kWh**. Η ισχύς αυτή δίνει απόδοση ίση με 90.3% και υπολογίζεται ως το πηλίκο της ετήσιας παραγωγής ενέργειας από την φωτοβολταϊκή εγκατάσταση προς την ετήσια κατανάλωση ενέργειας.

$$\text{ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ} = \frac{\text{ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ}}{\text{ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ}}$$

$$\text{ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ} = \frac{287100 \text{ kWh}}{317959 \text{ kWh}} = 0.9029 = 90.3\%$$

Το να προσθέσουμε τα επιπλέον πλαίσια στην βόρεια πλευρά είναι ασύμφορο κυρίως από οικονομικής άποψης καθώς η απόδοση τους θα είναι αρκετά μικρότερη αλλά επίσης 90% απόδοση είναι αρκετά ικανοποιητική γιατί ούτος η άλλος η παραγωγή ενέργειας της εγκατάστασης δεν πρέπει να ξεπερνά την κατανάλωση αφού στο τέλος της χρονιάς συμψηφίζονται και οποιαδήποτε περίσσειμα ενέργειας δεν πληρώνεται.

Power System	199.50 Kw	
Month	<i>Μηνιαία παραγωγή</i>	<i>Μηνιαία κατανάλωση</i>
Jan	11900	17954
Feb	14600	15817
Mar	24400	19484
Apr	28600	38961
May	33200	43763
Jun	35800	19484
Jul	35200	38961
Aug	32400	43763
Sep	26500	27149
Oct	20300	18852
Nov	13700	17954
Dec	10500	15817
Yearly average	23900	26497
Total for year	287100	

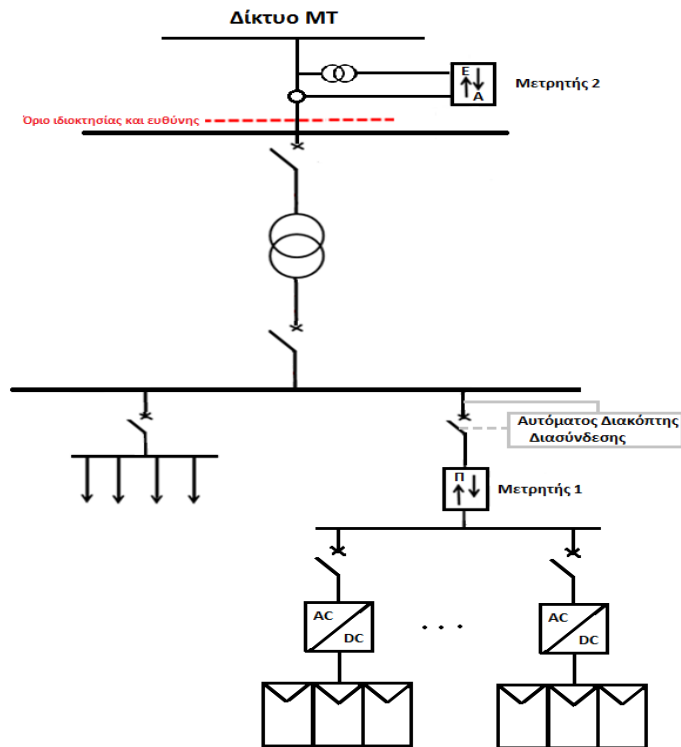


Πίνακας 3.5.1: Μηνιαία παραγωγή – κατανάλωση ενέργειας

3.6 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ - ΔΙΚΤΥΟΥ

Η παροχή του κτηρίου είναι 20KV με συμφωνημένη ισχύς στα 400KVA, ενώ ο υφιστάμενος ΜΣ ξηρού τύπου του Κτηρίου είναι 1MVA

Η σύνδεση του ΦΒ συστήματος αυτοπαραγωγής με το Δίκτυο μέσης τάσης πραγματοποιείται εν γένει με χρήση του υφιστάμενου μετασηματιστή ισχύος της εγκατάστασης κατανάλωσης, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα . Στην περίπτωση αυτή, ο ζυγός ΧΤ του υποσταθμού επεκτείνεται ως απαιτείται για τη σύνδεση του κλάδου αυτοπαραγωγής. Η εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού απαιτεί την εγκατάσταση δύο μετρητικών διατάξεων διπλής κατεύθυνσης-καταγραφής, γεφυρωμένων στην πλευρά του αυτοπαραγωγού, για την καταγραφή των μεγεθών της απορροφώμενης (Α), εγχεόμενης (Ε) και συνολικής παραγόμενης ΦΒ ενέργειας (Π).



Εικόνα 3.6.1: Μονογραμμικό διάγραμμα ηλεκτρολογικής εγκατάστασης μέσης τάσης

Η υφιστάμενη μετρητική διάταξη στο Όριο Δικτύου/Χρήστη MT διαθέτει εν γένει τη δυνατότητα διπλής κατεύθυνσης-καταγραφής που απαιτείται, οπότε δεν χρήζει αντικατάστασης. Η μετρητική διάταξη παραγωγής εγκαθίσταται στην πλευρά ΧΤ του υποσταθμού του Χρήστη, στην έξοδο του ΦΒ αμέσως μετά τον/τους αντιστροφέα / αντιστροφείς, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα. Ο Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης (ΑΔΔ) τοποθετείται στον κλάδο παραγωγής στα ανάντη της μετρητικής διάταξης παραγωγής και αποσυνδέει τον κλάδο παραγωγής από την εγκατάσταση κατανάλωσης του Χρήστη και κατ' επέκταση από το Δίκτυο σε καταστάσεις διαταραχών για την αποφυγή ακούσιας νησιδοποίησης.

3.6.1 ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΚΓΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε η χωροθέτηση και υπολογίστηκε ο αριθμός των πλαισίων και η ισχύς όπου εν τέλει θα έχει η εγκατάσταση. Αφού η ισχύς μειώθηκε στα 199 W περίπου ο SMATRIPOWER15.000TL δεν χρειάζεται και θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τους 8 SMATRIPOWER25000TL.

Επομένως:

$$\frac{606 \text{ πάνελ}}{8 \text{ αντιστροφείς}} = 76 \text{ πάνελ ανά αντιστροφή}$$

Κάθε αντιστροφήας όπως βλέπουμε και από τον πίνακα με τα χαρακτηριστικά του έχει 2 εισόδους Maximum Power Point Tracker (MPPT). Το Maximum Power Point Tracker είναι ένας DC σε DC μετασχηματιστής ο οποίος βασίζεται σε έναν αλγόριθμο προσαρμογής της τάσης. Προσαρμόζει την τάση του πάνελ σε μια τιμή, λαμβάνει το αντίστοιχο ρεύμα και προσεγγίζει το βέλτιστο σημείο ισχύος. Το φωτοβολταϊκό πάνελ συμπεριφέρεται ως πηγή ρεύματος και με την μείωση της ακτινοβολίας μειώνεται το ρεύμα που παράγει το πάνελ, ενώ η τάση μειώνεται λιγότερο αντίστοιχα συμβαίνει το ίδιο και με την αύξηση της θερμοκρασίας, η τάση μειώνεται ενώ το ρεύμα παραμένει σταθερό οπότε σε συνθήκες συννεφιάς, μειωμένης ακτινοβολίας και μεγάλων θερμοκρασιών προσαρμόζει την τάση με το ρεύμα ώστε να παράγει το μέγιστη δυνατή ισχύς.

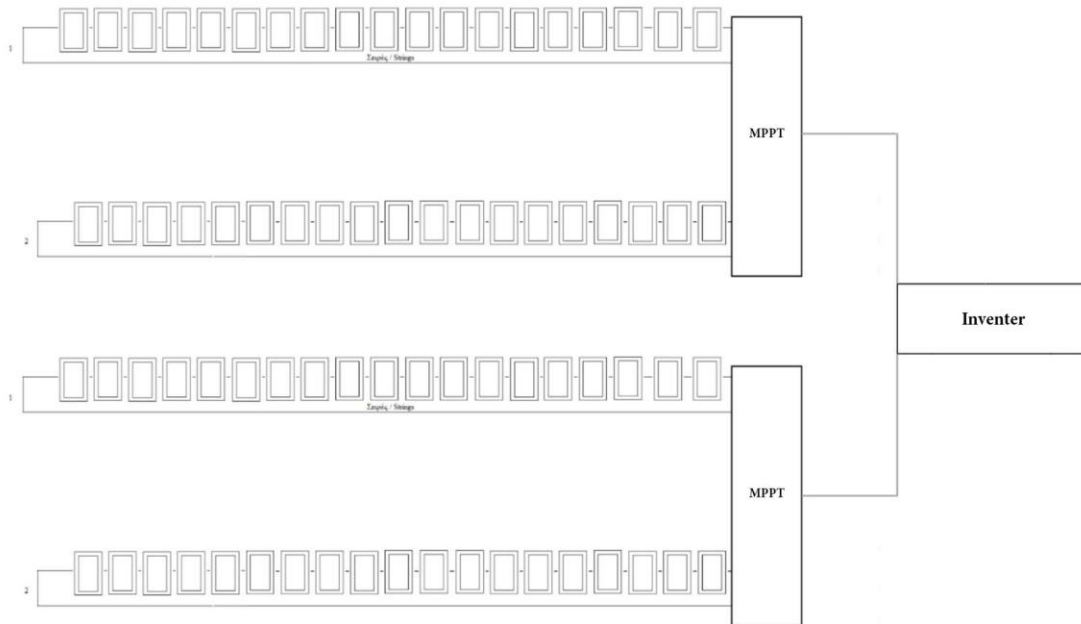
Κάθε MPPT μπορεί να έχει 3 string πανέλων σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα (Εικόνα 3.3.3). Η σύνδεση των πάνελ μεταξύ τους γίνεται σε σειρά ώστε η τάση V των πάνελ να προστίθεται και η σύνδεση των string παράλληλα.

Είναι γεγονός ότι αν γίνει παράλληλη σύνδεση δυο string με διαφορετικό αριθμό πλαισίων θα υπάρξουν απώλειες λόγω διαφορετικών συνθηκών MPP, όπως επίσης ότι θα υπάρξει ανάστροφο ρεύμα στην περίπτωση που το Voc του μικρότερου string είναι μικρότερο από το Vmprr του παράλληλου συνδέσμου.

Αυτό είναι κάτι όπου δε το θέλουμε γι αυτό στην περίπτωση μας επιλεγούμε να χρησιμοποιήσουμε τα 2 μόνο string από τα 3 ώστε να έχουμε τα ίδια πάνελ ανά string, δηλαδή:

$$\frac{76 \text{ πάνελ} / \text{αντιστροφή}}{2 \text{ MPPT} / \text{αντιστροφή}} = \frac{76}{2} = 38 \text{ πάνελ} / \text{MPPT}$$

Και επειδή αν διαιρέσουμε τα 38 πάνελ δια 3 όπου είναι οι είσοδοι MPP του αντιστροφέα ΔΕΝ είναι δίνει ακέραιο αριθμό πλαισίων θα χρησιμοποιήσουμε τις 2 εισόδους ώστε να έχουμε **19 πάνελ ανά string** και να αποφύγουμε το φαινόμενο που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 3.6.1.1: Απεικόνιση πάνελ σε σειρά και παράλληλη σύνδεση string στο MPPT

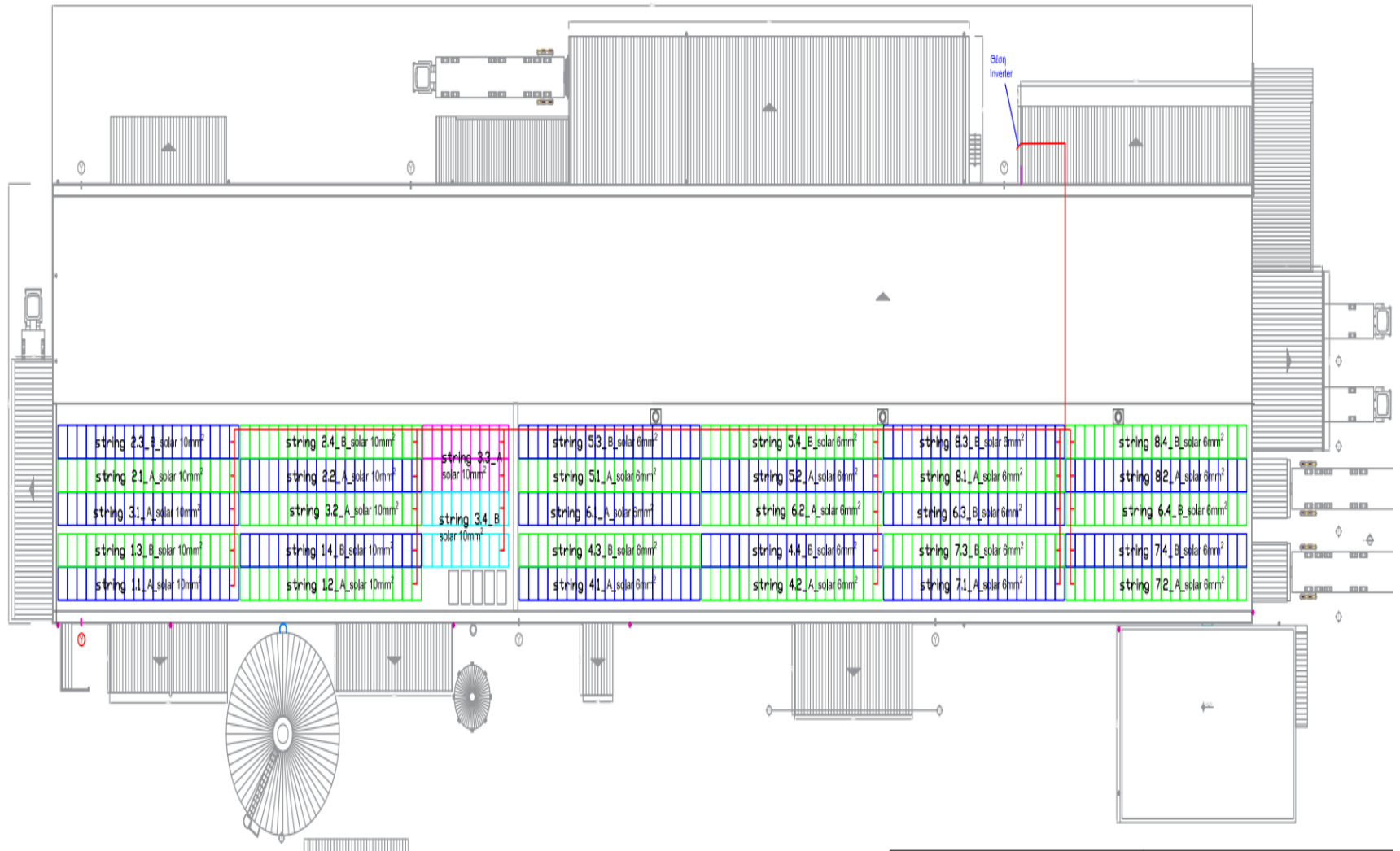
Για να γίνει επαλήθευση ότι όλα τα παραπάνω ισχύουν και πως είναι στα όρια όπου δίνει ο κατασκευαστής έχουμε από των πίνακα χαρακτηριστικών του πλαισίου ότι , το MPP του πάνελ σε κανονικές συνθήκες είναι **37.1 V** και για 19 πάνελ που υπάρχουν σε κάθε string ισχύει ότι : $19 \times 37.1 \text{ V} = 704.9\text{V}$. Έτσι σε κάθε string έχει $\text{MPP} = 704.9 \text{ V}$ το οποίο ικανοποιεί απολύτως την κλίμακα MPP από τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα (MPP voltage range / rated input voltage -> 390 V to 800 V / 600 V).

Επίσης ισχύει ότι το ρεύμα λειτουργίας του πάνελ ισούται με 8,90 A και για 2 string / MPPT ισχύει ότι : $2 \times 8.90\text{A} = 17.8\text{A}$ το οποίο ικανοποιεί την κλίμακα λειτουργίας του αντιστροφέα όπου σύμφωνα με τον πίνακα χαρακτηριστικών του είναι 33 A/ input MPP.

No. STRING	MPPT	Αριθμός πλαισίων εν σειρά	ΟΝ.ΤΑΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ Vmpp	ΟΝ.ΡΕΥΜΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ Impp (A)	Συν. ΟΝ.ΤΑΣΗ (Volt)	Pnom / string	Pnom / inverter
1.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
1.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
1.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
1.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
2.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
2.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
2.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
2.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
3.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	24,434 Wp
3.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
3.3	B	18	37.10 Vmpp	8.90 A	667.80 Vmpp	5,943 Wp	
3.4		18	37.10 Vmpp	8.90 A	667.80 Vmpp	5,943 Wp	
4.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
4.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
4.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
4.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
5.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
5.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
5.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
5.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
6.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
6.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
6.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
6.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
7.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
7.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
7.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
7.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
8.1	A	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	25,094 Wp
8.2		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
8.3	B	19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	
8.4		19	37.10 Vmpp	8.90 A	704.90 Vmpp	6,274 Wp	

Πίνακας 3.6.1.1: Ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά εγκατάστασης

ΚΑΤΟΨΗ ΣΤΕΓΗΣ



Εικόνα 3.6.1.2: Σύνδεση εγκατάστασης

3.7 Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός

Ο βασικός εξοπλισμός του συστήματος πλαισιώνεται από αρκετές διατάξεις περιφερειακού εξοπλισμού που είναι απαραίτητες για την λειτουργία του, όπως είναι οι πίνακες AC, καλώδια, γειώσεις, ασφαλιστικές διατάξεις, αντικεραυνικά AC και DC, υλικά υποδομής όπως σωλήνες σπирάλ, εκσχαρώσεις.

3.7.1 Γείωση και Αντικεραυνική Προστασία – Απαγωγόι Κρουστικών Υπερτάσεων

Το εσωτερικό σύστημα αποτελείται από:

- ☉ Ισοδυναμικές συνδέσεις
- ☉ Απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων

Οι εργασίες για την σωστή γείωση της εγκατάστασης που θα λάβουν χώρα στα συγκεκριμένα έργα είναι:

- ☉ Γείωση φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα συνδέονται μεταξύ τους με αγωγό γείωσης κατάλληλης διατομής 6mm² (κιτρινοπρασινό καλώδιο). Ο αγωγός γείωσης από το τελευταίο πλαίσιο θα συνδέεται ισοδυναμικά με τον περιμετρικό αγωγό γείωσης του κτηρίου.

- ☉ **Γείωση εσχάρων**

Θα συνδεθούν ισοδυναμικά με την θεμελιακή γείωση του κτηρίου που οδεύει κατά μήκος της στέγης και συνδέεται ισοδυναμικά με τις μεταλλικές κολώνες του κτηρίου σε ειδικό εξισωτικό ζυγό.

- ☉ Γείωση Πινάκων – Μετατροπέων

Θα συνδέονται ισοδυναμικά με αγωγό γείωσης ο οποίος θα συνδέεται σε εξισωτικό ζυγό όπου εκεί θα υπάρχει η θεμελιακή γείωση του κτηρίου.

3.7.2 Προστασία κυκλωμάτων AC/DC

Για την προστασία των κυκλωμάτων AC χαμηλής τάσης θα χρησιμοποιήσουμε απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων οι οποίοι είναι κατάλληλοι για την προστασία όλης της εγκατάστασης και επιπροσθέτως μας παρέχουν την δυνατότητα να μπορούμε μέσω των ψυχρών επαφών τους να δούμε απομακρυσμένα την κατάσταση λειτουργίας τους ώστε να μπορούμε να επέμβουμε άμεσα σε περίπτωση διακοπής τους.

3.7.3 Καλωδίωση Φωτοβολταϊκού συστήματος

Η διαστασιολόγηση και ο υπολογισμός των επιμέρους διατομών μελετούνται με δεδομένο ότι το κάθε σύστημα διανομής δεν θα ξεπερνάει το 1,0 % των απωλειών.

Για την μελέτη των καλωδίων θα λάβονται υπ' όψη τα παρακάτω δεδομένα:

- ☉ Μέγιστο ρεύμα φόρτισης – λειτουργίας του καλωδίου
- ☉ Θερμοκρασιακές συνθήκες εγκατάστασης (εξωτερική χρήση, εδαφική, σπιράλ κ.α.)
- ☉ Ρεύματα βραχυκύκλωσης
- ☉ Αντίστασης καλωδίου για υπολογισμό της πτώσης τάσης

Συνολικά στην εγκατάσταση οι καλωδιώσεις οι οποίες θα πραγματοποιηθούν είναι οι παρακάτω:

- ☉ Καλωδίωση Συνεχούς ρεύματος
- ☉ Καλωδίωση Εναλλασσομένου ρεύματος
- ☉ Καλωδίωση επικοινωνίας μετατροπέων και υποπινάκων συλλογής στοιχειοσειρών.

3.7.4 Καλωδίωση εγκατάστασης

Βασικά χαρακτηριστικά καλωδίων συνεχούς ρεύματος

- ☉ Ονομαστική τάση: 1,8kV DC
- ☉ Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος: -40°C έως +90°C
- ☉ Εύρος θερμοκρασίας κανονικής λειτουργίας: -40°C έως +120°C
- ☉ Μέγιστη θερμοκρασία βραχυκύκλωσης: 250°C (για 5s)
- ☉ Ελάχιστη ακτίνα κάμψης (σταθερή): 5 x \varnothing καλωδίου
- ☉ Πιστοποίηση περιορισμού φλόγας: IEC 60332-1-2
- ☉ Πιστοποίηση περιορισμού πυρκαγιάς: κατηγορία C
- ☉ Χωρίς Αλογόνο: περιεκτικότητα HCl<0,5%, pH>4,3,αγωγιμότητα <10μS/mm
- ☉ Πυκνότητα καπνού: μετάδοση φωτός >60% (σύμφωνα με IEC61034)

Παρακάτω φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά των αγωγών εναλλασσόμενου ρεύματος:

- ☉ Ονομαστική τάση (U_0): 0,6 KV
- ☉ Ονομαστική τάση (U) : 1 KV
- ☉ Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας: 1,2 KV
- ☉ Τάση δοκιμής: 4 KV
- ☉ Προστασία αγωγού (μόνωση).

3.7.5 Πίνακας Διασύνδεσης ΦΒ Συστήματος και ΑΔΔ.

Στο γενικό πίνακα διασύνδεσης του Φωτοβολταϊκού συστήματος και συγκεκριμένα στον Α.Δ.Δ. (Αυτόματος Διακόπτης Διασύνδεσης), έχει εγκατασταθεί ηλεκτρονόμος τύπου ABB CM-UFD-M33, οποίος και επενεργεί επί του ανοίγματος (διακοπή) λειτουργίας του κυκλώματος διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών αντιστροφών.

Οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του ηλεκτρονόμου που επενεργεί στο Α.Δ.Δ. της εγκατάστασης, σε καμία περίπτωση δεν θα υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα τα +/- 0,5 Hz καθώς επίσης έχει προβλεφθεί ότι σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο Α.Δ.Δ. θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

- Θέση εκτός του Α.Δ.Δ. σε 0,5 δευτερόλεπτα,
- Επανάζευξη του Α.Δ.Δ. μετά από 180 δευτερόλεπτα.

Επίσης ο χρόνος λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης, θέτει εκτός του ΑΔΔ σε λιγότερο από 0,5 δευτερόλεπτα και διατηρείται έως να επανέλθει η κανονική κατάσταση του συστήματος όπου τίθεται επανάζευξη του Α.Δ.Δ. μετά από τρία λεπτά. Οι ρυθμίσεις και ο τρόπος της προστασίας έναντι νησιδοποίησης είναι οι εξής:

ROCOF: 0.5Hz

Number of cycles: 20

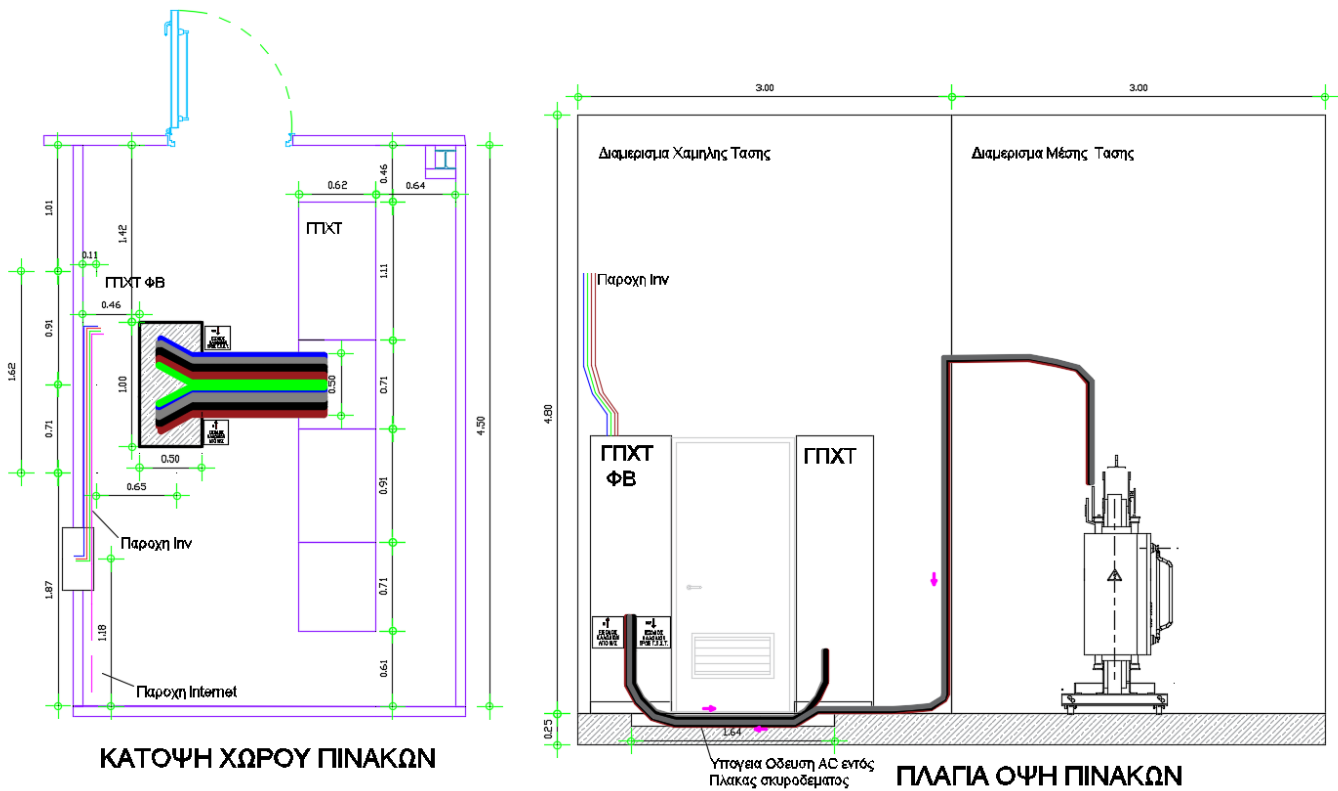
Trip delay time: 0.5 sec

Error time: 5 sec Vector Shift:

Threshold value: 20

Error time: 5 sec

Switch on delay: 180 sec



Εικόνα 3.7.5.1: Πλάγια όψη και κάτοψη πινάκων

4. Οικονομικά χαρακτηριστικά επένδυσης

Στο παρών κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η οικονομική αξιολόγηση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και ο υπολογισμός του οικονομικού οφέλους για τον εργοστάσιο καθώς και ο χρόνος απόσβεσης της εγκατάστασης. Να σημειωθεί ότι το κόστος του φωτοβολταϊκού συστήματος αφορά επιχείρηση και στον υπολογισμό του χρόνου απόσβεσης και στο κόστος της επένδυσης δεν συμπεριλαμβάνεται ο ΦΠΑ 24%.

Αρχικά θα προβούμε στην εκτίμηση του συνολικού κόστους της εγκατάστασης. Παρακάτω αναγράφονται τα αναλυτικά ποσά που θα πρέπει να καταβάλει η επιχείρηση ώστε να υλοποιηθεί η εγκατάσταση.

Περιγραφή	Τεμάχια	Τιμή € / τεμάχιο	Κόστος €
Φωτοβολταϊκά πλαίσια Sharp 330W	606	95,00€	57.570,00
Μετατροπείς SMA 25000TL	8	2.875,00€	23.000,00€
Βάσεις στήριξης και μεταλλικές σχάρες	-	-	9.000,00€
Ηλεκτρολογικό υλικό (Πινάκες-μετρητής-καλώδια- υλικά υποδομής)	-	-	20.430,00€
Ηλεκτρολογικές εργασίες (Εγκατάσταση-εργοδότηση- σύνδεση)	-	-	14.000,00€
Μελέτη σχεδιασμός συστήματος	-	-	2.500,00€
Λοιπά έξοδα (Αδειοδότηση, φορτώσεις- εκφορτώσεις, ασφαλίσσεις)	-	-	12.500,00€
		Συνολικό κόστος €	139.000,00€

Πίνακας 4.1 Τιμολόγηση εγκατάστασης

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται κάποιες γενικές παραδοχές που προέκυψαν από την μελέτη εγκατάστασης του συστήματος και από δεδομένα της επιχείρησης.

Η επένδυση αφορά	Επιχείρηση
Παροχή ΔΕΔΔΗΕ	400 kVA
	3Φ
Χρέωση Kwh Ημέρας	0.059 €/kWh
Χρέωση Kwh Νύχτας	0.046 €/kWh
Καταναλωση Kwh Ημέρας	190,775 kWh
Κατανάλωση Kwh Νύχτας	127,184 kWh
Ετήσια κατανάλωση	317,959 kWh
Μηνιαία κατανάλωση Μ.Ο	26,497 kWh
Προτεινόμενη Ισχύς ΦΒ	220.94 kW
Εγκατεστημένη Ισχύς ΦΒ	199.50 kW
Ταυτοχρονισμός εγγεόμενης	10%
Κόστος Εγκαταστασης	139,000.00 €
Απόδοση Ενέργειας Ετησίως	287,100 kWh

Πίνακας 4.2 Στοιχεία μελέτης εγκατάστασης

Για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε το οικονομικό όφελος της επιχείρησης από την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος και την ένταξη του στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμψηφισμού, θα πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που πληρώνει ανά έτος χωρίς την ένταξη του στο Net Metering και στην συνέχεια να γίνει υπολογισμός της χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος μετά την ένταξη του στο πρόγραμμα. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν ύστερα από τους υπολογισμούς στο Excel.

Λογαριασμός Παρόχου Χωρίς ΦΒ		
Παραγόμενη	0 kWh	
Εγχεόμενη	0 kWh	
Απαρροφώμενη	0 kWh	
Καταλισκόμενη	0 kWh	
Χρεωστέα	317,959 kWh	
Πάγιο	0.00 €	
Χρέωση Ενέργειας Ημερας	11,261.47 €	
Χρέωση Ενέργειας Νυχτας	5,868.25 €	
Χρέωση Ισχύος	10,104.00 €	
Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Αξία	Συντελεστής
ΕΤΜΕΑΡ Χ Καταλισκόμενη	2,791.68 €	0.0088 €/kWh
Δίκτυο Μεταφοράς Χ Καταλισκόμενη	0.00 €	0.0000 €/kWh
Χρέωση Ισχύος Χ Παροχή	1,678.53 €	1.3290 €/kWh
Δίκτυο Διανομής Χ Καταλισκόμενη	922.08 €	0.0029 €/kWh
Χρέωση Ισχύος Χ Παροχή	1,489.08 €	1.1790 €/kWh
Λοιπες Χρεώσεις Χ Καταλισκόμενη	22.26 €	0.0001 €/kWh
ΕΦΚ Χ Καταλισκόμενη	1,589.80 €	0.0050 €/kWh
Συνολο Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων	8,493.42 €	0.0267 €/kWh
ΥΚΩ Χ Καταλισκόμενη	5,691.47 €	0.0179 €/kWh
Σύνολο Καθαρή Αξία	41,418.61 €	0.1303 €/kWh
Φπα 13%	5384.42	13%
Τελική Αξία	46,803.03 €	0.1472 €/kWh
Διαφορες Χρεώσεις Χ Ρυθμ. Χρ -ΕΤΜΕΑΡ	0.2851 €	0.005%
Σύνολο Λογαριασμού	46,803.31	0.1472 €/kWh

Λογαριασμός Παρόχου με ΦΒ Net Metering			Οφέλη
Παραγόμενη	287,100 kWh		
Εγχεόμενη	28,710 kWh		
Απαρροφώμενη	59,569 kWh		
Καταλισκόμενη	317,959 kWh		
Χρεωστέα	30,859 kWh		
Πάγιο	0.00 €		
Χρέωση Ενέργειας	1,821.61 €		83.82%
Χρέωση Ισχύος	7,072.80 €		30.00%
Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Αξία	Συντελεστής	
ΕΤΜΕΑΡ Χ Απαρροφώμενη	523.02 €	0.0088 €/kWh	
Δίκτυο Μεταφοράς Χ Απαρροφώμενη	0.00 €	0.0000 €/kWh	
Χρέωση Ισχύος Χ Παροχή	531.60 €	1.3290 €/kWh	
Δίκτυο Διανομής Χ Απαρροφώμενη	1,066.29 €	0.0179 €/kWh	
Χρέωση Ισχύος Χ Παροχή	471.60 €	1.1790 €/kWh	
Λοιπες Χρεώσεις Χ Απαρροφώμενη	4.17 €	0.0001 €/kWh	
ΕΦΚ Χ Καταλισκόμενη	297.85 €	0.0050 €/kWh	
Συνολο Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων	2,894.52 €	0.0091 €/kWh	
ΥΚΩ Χ Καταλισκόμενη	5,691.47 €	0.0179 €/kWh	
Σύνολο Καθαρή Αξία	17,480.39 €	0.0550 €/kWh	
Φπα 13%	2272.45	13%	
Τελική Αξία	19,752.84 €	0.0621 €/kWh	
Διαφορες Χρεώσεις Χ Ρυθμ. Χρ -ΕΤΜΕΑΡ	0.1186 €	0.005%	
Σύνολο Λογαριασμού	19,752.96	0.0621 €/kWh	57.80%

Πίνακας 4.3 Χρεώσεις ηλεκτρικής ενέργειας πριν και μετά τον ενεργειακό συμψηφισμό

Όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς η διαφορά του συνολικού λογαριασμού πριν και μετά την ένταξη της επιχείρησης στο πρόγραμμα του ενεργειακού συμφηφισμού είναι το ετήσιο όφελος της χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει.

$$\text{Ετήσιο όφελος} = \text{Λογαριασμός πριν} - \text{Λογαριασμός μετά}$$

$$\text{Ετήσιο όφελος} = 46803,31\text{€} - 19752,96\text{€} = 27050,35\text{€}$$

Τέλος, υπολογίζουμε τον χρόνο αποπληρωμής του κόστους της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Ο χρόνος αποπληρωμής είναι το χρονικό διάστημα στο οποίο η επιχείρηση αποκτά ξανά το χρηματικό ποσό που είχε διαθέσει αρχικά για να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση και υπολογίζεται :

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{\text{Κόστος εγκατάστασης}}{\text{Ετήσιο όφελος}}$$

$$\text{Χρόνος απόσβεσης} = \frac{139000\text{€}}{27050,35\text{€/ετος}} = 5,1 \text{ έτη}$$

5. Συμπέρασμα

Το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη και υπερθέρμανση του είναι τεράστιο και είναι πλέον ξεκάθαρο σε όλους πως είναι επιτακτική η εύρεση λύσης ώστε να αντιμετωπιστεί. Οι ρύποι που παράγουν οι ορυκτοί πόροι ενέργειας μέσω των συμβατικών τρόπων παραγωγής ενέργειας αλλά και της εξόρυξης τους είναι καταστροφικοί και συμβάλλουν αρνητικά στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Έτσι ο άνθρωπος βρήκε λύσεις μέσω των Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Από την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι ότι με την χρήση ΑΠΕ και συγκεκριμένα της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας απορρέουν τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά οφέλη μέσω των προγράμματος του ενεργειακού συμψηφισμού.

Όσον αφορά στο τεχνικό κομμάτι της εργασίας, αρχικά περιγράψαμε την παραγωγική διαδικασία του εργοστασίου και αναλύσαμε τις καταναλώσεις του. Έγινε αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο του που αφορά το Net metering και περιγράφηκε ο τρόπος λειτουργίας του. Βάσει των αναγκών του εργοστασίου για ηλεκτρική ενέργεια έγινε η ενεργειακή μελέτη με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος προσομοίωσης PVGIS. Το πρόγραμμα αυτό είχε ως είσοδο τις συντεταγμένες του εργοστασίου, τη θέση στήριξης της εγκατάστασης μας, το αζιμούθιο, τη γωνία κλίσης των φ/β πλαισίων κλπ, υιοθετώντας με αυτόν τον τρόπο ρεαλιστικές συνθήκες λειτουργίας.

Στην συνέχεια, αφού έγινε η επιλογή των στοιχείων της εγκατάστασης για την υλοποίηση της βάσει των αποτελεσμάτων του προγράμματος (φ/β πλαίσια, αντιστροφείς κλπ) πραγματοποιήθηκε η μελέτη εγκατάστασης και χωροθετησης των πάνελ στην οροφή του εργοστασίου που αφορά η παρούσα εργασία και καταλήξαμε στην τελική εγκατεστημένη ισχύ του φ/β συστήματος.

Αφού περιγράφηκε ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος και η ηλεκτρολογική εγκατάσταση του, στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας έγινε μια μικρή ανάλυση των οικονομικών χαρακτηριστικών της επένδυσης του χρόνου αποπληρωμής και του οικονομικού οφέλους της επιχείρησης.

Γενικά τα οφέλη από μια τέτοια εγκατάσταση είναι αρκετά και τα κίνητρα που προσφέρονται πλέον από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τις κυβερνήσεις μέσω επιδοτήσεων είναι πολύ μεγάλα έτσι ώστε να αξίζει να ασχοληθεί όλο και περισσότερος κόσμος και επιχειρήσεις με την συγκεκριμένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και του προγράμματος του ενεργειακού συμψηφισμού. Στόχος είναι στο μέλλον οι

συμβατικοί τρόποι παραγωγής ενεργείας στο μέλλον να εξαλειφτούν τόσο για οικονομικούς αλλά περισσότερο για ένα καθαρό και βιώσιμο περιβάλλον.

Βιβλιογραφία

1. **Λύσεις για φωτοβολταϊκα ελεγχος και προστασια ABB**
[https://library.e.abb.com/public/9a42596531ab463793c5219d28234f38/CTLG%20SOLAR%20GR%202012%20\(1\).pdf](https://library.e.abb.com/public/9a42596531ab463793c5219d28234f38/CTLG%20SOLAR%20GR%202012%20(1).pdf)
2. **Παραγωγική διαδικασία επεξεργασίας ξηρών καρπών**
<http://www.makin.gr/index.html?fbclid=IwAR2YcBE4E08vlaknmji7cg5zGSPfKp5mGg3pHqHcPq433kzPui3qpwJGuw>
3. **Ενεργειακός συμψηφισμός νομοθετικό πλαίσιο εφημερίδα της κυβερνήσεως**
https://helapco.gr/wp-content/uploads/N4759-2020_FEK245A_9Dec2020_PV_related.pdf
4. **Οδηγός μελέτης και υλοποίησης φωτοβολταϊκων έργων TEE**
http://tkm.tee.gr/wp-content/uploads/2018/02/fwtovoltaika_ergwn.pdf
5. **Τεχνικό φυλλάδιο φωτοβολταϊκων πλαισίων SHARP**
https://www.sharp.co.uk/cps/rde/xbcr/documents/documents/Marketing/Datasheet/1901_NDAR330H_Poly_Datasheet_EN.pdf
6. **Τεχνικό φυλλάδιο inverter SMA**
<https://files.sma.de/downloads/STP15-25TL-30-BE-el-15.pdf>
7. **Πρόγραμμα προσομοίωσης φωτοβολταϊκής μελέτης**
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP
8. **Ρυθμιζόμενες χρεώσεις ΔΕΗ**
<https://www.dei.gr/el/eksupiretisi-pelatwn/epaggelmaties/o-logariasmos-sas/xrisimes-pliروفories-gia-to-logariasmo-sas-2/node31116/xrewsi-ethnikou-ilektrikou-sustimatos/param/t/ECPrint.aspx>
9. **Τεχνική εκλογή, Μηνιαίο περιοδικό για τον μηχανικό & τεχνικό εγκαταστάτη – Σεπτέμβριος 2018, τεύχος 614**
10. **Δρ. Πέτρος Καραϊσάς, Φωτοβολταϊκά συστήματα & ανανεώσιμες πηγές ενέργειας – Ινστιτούτο μικρών επιχειρήσεων, Γενική συνομοσπονδία επαγγελματιών βιοτεχνών εμπόρων Ελλάδας.** https://imegsevee.gr/wpcontent/uploads/2018/01/fotovoltaika_systimata.pdf

- 11. ΔΕΔΔΗΕ, Πληροφοριακό Δελτίο – Για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού σταθμού από αυτοπαραγωγό με ενεργειακό συμπήψισμό στο Δίκτυο ΧΤ (Net metering).**
<https://www.deddie.gr/Documents2/Fotovoltaika/FV%20net%20metering/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CE%94%CE%B5%CE%BB%CF%84%CE%AF%CE%BF%20%CE%A7%CE%A4%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CF%88%CE%B7%CF%86%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%2023.06.2017.pdf>
- 12. ΔΕΔΔΗΕ, Ενημερωτικό σημείωμα για τη σύνδεση ΦΒ συστημάτων αυτοπαραγωγής με ενεργειακό συμπήψισμό σε εγκαταστάσεις Χρηστών του Δικτύου ΜΤ.**
[https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BC%CE%B1%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%20%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7%20%CE%A6%CE%92%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82%20%CF%83%CE%B5%20%CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CE%9C%CE%A4%20%CE%93%CE%A4%20%CE%9A%CE%9C%20v4%20\(3\).pdf](https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%95%CE%BD%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CF%81%CF%89%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CF%89%CE%BC%CE%B1%20%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%20%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CE%B5%CF%83%CE%B7%20%CE%A6%CE%92%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%CF%82%20%CF%83%CE%B5%20%CE%A7%CF%81%CE%AE%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CE%9C%CE%A4%20%CE%93%CE%A4%20%CE%9A%CE%9C%20v4%20(3).pdf)
- 13. ΔΕΔΔΗΕ, Πίνακας 1: Εγκεκριμένοι από το ΔΕΔΔΗΕ τύποι μετρητών**
[https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%A0%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CF%89%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%8C%20%CE%94%CE%95%CE%94%CE%94%CE%97%CE%95%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%BC%CE%AD%CF%83%CE%B1%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82\(%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8%204%CE%BF%CF%82%20%202016\).pdf](https://www.deddie.gr/Documents2/net%20metering/%CE%A0%CE%B9%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CE%B5%CF%82%20%CE%B5%CE%B3%CE%BA%CE%B5%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%89%CE%BD%20%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B7%CF%84%CF%89%CE%BD%CE%B1%CF%80%CF%8C%20%CE%94%CE%95%CE%94%CE%94%CE%97%CE%95%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%83%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%BC%CE%AD%CF%83%CE%B1%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82(%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B8%204%CE%BF%CF%82%20%202016).pdf)
- 14. Δρ. Γ. Περαιτζάκης, «Ηλεκτροτεχνία-Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, κεφάλαιο 6. Εισαγωγικές Έννοιες στις Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Βόλος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

