

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη Φ-Β Εγκατάστασης - Net Metering»

σύστημα

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΚΑΡΑΠΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Ηράκλειο, Μάιος 2023

HELLENIC MEDITERANNEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING



THESIS

«Photovoltaic installation study - Net Metering»

PALLIKARAKIS IOANNIS

SUPERVISOR: Dr. KARAPIDAKIS EMMANUEL

HERAKLION, MAY 2023

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	8
1.1 Κλιματική Ρύπανση	8
1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	10
1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ	11
1.4 Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκά	12
1.4.1 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	13
1.4.2 Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα Φωτοβολταϊκού Στοιχείου	14
1.5 Χαρακτηριστική Καμπύλη Τάσης – Ρεύματος Φωτοβολταϊκού Στοιχείου	15
1.6 Τεχνολογία και Λειτουργία Φωτοβολταϊκών.....	18
Κεφάλαιο 2: Θεσμικό Πλαίσιο	19
2.1 Θεσμικό Πλαίσιο ΑΠΕ.....	19
2.2 Κανονισμός Βεβαιώσεων Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ	20
2.3 Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net Metering)	20
2.3.1 Τι είναι ο Ενεργειακός Συμψηφισμός;	20
2.3.2 Ενεργειακός Συμψηφισμός στην Ελλάδα	21
2.3.3 Πλεονεκτήματα Ενεργειακού Συμψηφισμού.....	22
2.4 Κρατικά Επιδοτούμενα Προγράμματα για τον Ενεργειακό Συμψηφισμό.....	23
2.5 Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ)	24
Κεφάλαιο 3: Πραγματικό Σενάριο Net Metering	24
3.1 Επιλογή Εξοπλισμού.....	24
3.1.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια	26
3.1.1.1 NOCT και STC Συνθήκες.....	29
3.1.1.2 Τάση Ανοιχτού Κυκλώματος (Voc)	29
3.1.1.3 Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (Isc)	29
3.1.1.4 Τάση Σημείου Μέγιστης Ισχύος (Vmpp)	30
3.1.1.5 Ρεύμα Σημείου Μέγιστης Ισχύος (Impp).....	30
3.1.2 Αντιστροφείς (Inverter)	30
3.2 Διαστασιολόγηση και Χωροθέτηση	35

3.2.1 Ενεργειακή Απολαβή Φωτοβολταϊκού Συστήματος.....	37
3.3 Σύστημα Στήριξης.....	39
3.3.1. Είδη Συστημάτων Στήριξης.....	40
3.3.1.1. Συστήματα Αγρού.....	40
3.3.1.2. Συστήματα Βιομηχανικής Οροφής.....	41
3.3.1.3. Συστήματα Στήριξης για Οροφές – Κεραμοσκεπές.....	41
3.4 Ενεργοποίηση Σύνδεσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος	42
3.4.1 Αίτηση Ενεργοποίησης.....	42
3.4.2 Σύνδεση ΦΒ στο Εθνικό Δίκτυο.....	42
3.4.3 Μετρητική Διάταξη - Τοπολογία Συνδέσεων	43
3.4.4 Χώρος Εγκατάστασης Μετρητικής Διάταξης	44
Κεφάλαιο 4: Σχολιασμός – Παρατηρήσεις.....	46
Βιβλιογραφία	47

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Καραπιδάκη, και τον κ.Μοζάκη για την συνεργασία που είχαμε στο διάστημα της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Ακόμη, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου για την στήριξη όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου, καθώς και όλους τους ανθρώπους -καθηγητές και μη- που μοιράστηκαν τις γνώσεις τους μαζί μου, ώστε να καταφέρω να καλλιεργήσω τον προσωπικό εργασιακό μου χαρακτήρα και να εμπλουτίσω το γνωστικό μου επίπεδο.

Περίληψη

Η εργασία αυτή συντάχθηκε με σκοπό την επισκόπηση της διαδικασίας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών υπό το καθεστώς του Net Metering στην Ελλάδα. Η επιλογή του Net Metering προτιμάται από χιλιάδες ανθρώπους, καθώς μετά την δραματική αύξηση του κόστους ενέργειας και της ενεργειακής κρίσης γενικότερα, βρέθηκε τρόπος ώστε μια επένδυση να βοηθήσει την κατάσταση της ακρίβειας του ρεύματος. Επενδύοντας κάποια χρήματα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στην οικία ή στην επιχείρηση, πετυχαίνετε ο ενεργειακός συμψηφισμός της παραχθείσας και της καταναλισκόμενης ενέργειας και έτσι ο επενδυτής – αυτοπαραγωγός δεν καλείτε πλέον να πληρώνει την ενέργεια που καταναλώνει. Τέτοιου είδους επενδύσεις συμφέρουν εγκαταστάσεις με αυξημένες καταναλώσεις και ενεργειακές ανάγκες, διότι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης είναι σημαντικά μικρότερος από μια αντίστοιχη επένδυση για ένα οικιακό Net Metering με μικρές καταναλώσεις. Εδώ, μελετήθηκε και παρουσιάστηκε ένα ρεαλιστικό σενάριο Net Metering σε βιομηχανική εγκατάσταση, και παρατίθεται το θεσμικό πλαίσιο, η ενεργειακή προσέγγιση, η κατασκευή και η αδειοδότηση αυτού.

Abstract

This paper has been written to give an overview of the installation process of photovoltaic systems under the Net Metering scheme in Greece. The Net Metering option is preferred by thousands of people, as after the dramatic increase in energy costs and the energy crisis in general, a way has been found for an investment to help the situation of electricity accuracy. By investing some money in the installation of photovoltaic panels in your home or business, you achieve an energy balance between the energy you produce and the energy you consume, and thus the investor - self-producer - no longer has to pay for the energy he consumes. Such investments benefit installations with higher consumption and energy requirements, as the payback period of the investment is significantly shorter than a similar investment for a low-consumption residential Net Metering installation. Here, a realistic net metering scenario in an industrial plant is studied and presented, including the institutional framework, energy concept, construction and licensing.

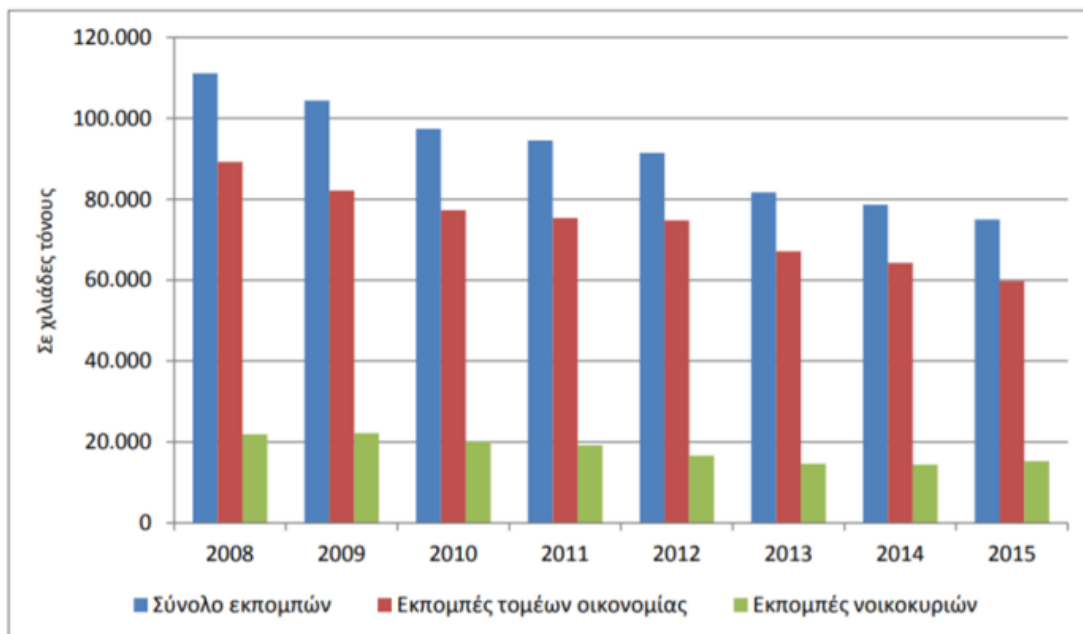
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Κλιματική Ρύπανση

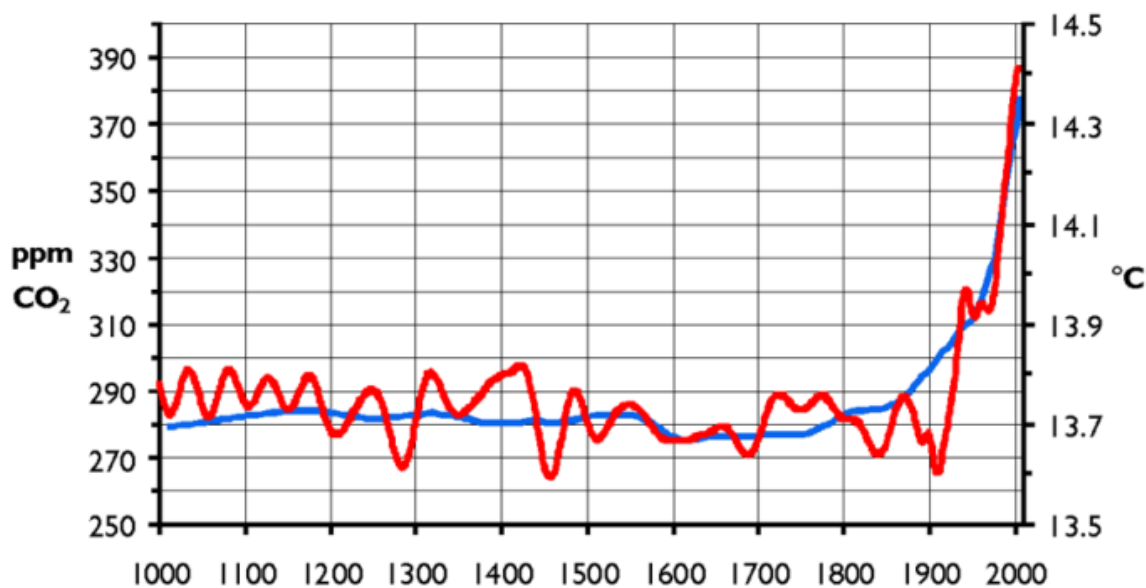
Η χώρα μας έως το 2010 αποτελούσε την έβδομη χώρα παγκοσμίως σε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη, λειτουργώντας 22 λιγνιτικές μονάδες στην Δυτική Μακεδονία αλλά και στην Αρκαδία, με πολλές από αυτές τις μονάδες να έχουν πάψει σήμερα την λειτουργία τους. Η καύση του λιγνίτη, συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου επιβαρύνοντας το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία με εκπομπές 10,2 δισεκατομμυρίων ισοδύναμων τόνων CO₂ (Διοξειδίου του Άνθρακα) ανά έτος σε παγκόσμιο επίπεδο [1]. Λόγω της δυσμενούς οικονομικής κατάστασης της χώρας, η προσπάθεια της Ελλάδας για συνεισφορά στην παγκόσμια προσπάθεια μείωσης ρυπογόνων αερίων λόγω κλιματικής αλλαγής έχει καταστεί άκαρπη με τα ποσοστά των αερίων του θερμοκηπίου ανά ΑΕΠ να είναι 50% περισσότερα από τον μέσο όρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το 70% των αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται από τον τομέα της ενέργειας, και πιο συγκεκριμένα το ποσοστό που αναλογεί στην ηλεκτροπαραγωγή αγγίζει το 60%.

Οι κύριες ανθρωπογενείς πηγές CO₂ προέρχονται από χρήση ανθρακοφόρων υλικών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το CO₂ αποτελεί το πιο σημαντικό αέριο από την λίστα των αερίων του θερμοκηπίου, καθώς παρατηρείται η παραγωγή του σε μεγάλες ποσότητες από σημαντικές οικονομικές δραστηριότητες. Οι τρεις βασικότερες εκ των οποίων είναι η ηλεκτροπαραγωγή από ορυκτά καύσιμα, η βιομηχανική δραστηριότητα (παραγωγή σιδήρου, χάλυβα κ.ά.) στην οποία απαιτείται μεγάλη ποσότητα ενέργειας κατά την παραγωγική διαδικασία και η αγροτική δραστηριότητα όπως η καλλιέργεια εδαφών και η κτηνοτροφία[2, 3]. Την μεγαλύτερη συμμετοχή με ποσοστό 42% επί των συνολικών εκπομπών του αερίου κατέχει η ηλεκτροπαραγωγή το 2018. Σύμφωνα με τον IEA (International Energy Agency) οι εκπομπές CO₂ από τον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκαν κατά περίπου 60% από το 1990 έως το 2019[4]. Είναι γεγονός πως και τα υπόλοιπα αέρια που εκλύονται συνεισφέρουν στην κλιματική αλλαγή όπως το Υποξείδιο του Αζώτου (N₂O), το Μεθάνιο (CH₄), Φθοριωμένοι Υδρογονάνθρακες (HFCs), Υπερφθογονάνθρακες (PFCs) και το Εξαφθοριούχο Θείο (SF₆). Τα προαναφερόμενα, παρατηρείται πως εκλύονται όχι μόνο κατά την Ηλεκτροπαραγωγή με καύση λιγνίτη, αλλά και από πληθώρα άλλων τομέων όπως η αλιεία, η γεωργία, επεξεργασία λυμάτων κ.ά. [5].

Στους πίνακες που παρατίθενται παρακάτω, περιγράφονται οι εκπομπές CO₂ από διάφορους τομείς της οικονομίας συγκριτικά με την παραγωγή των νοικοκυριών (πίνακας 1). Ο πίνακας 2, δείχνει την μεταβολή της θερμοκρασίας τα τελευταία 100 έτη καθώς έχει επηρεαστεί από την συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα [6].



Πίνακας 1: Εκπομπές CO2 συνολικά σε πυλώνες Οικονομίας και σε νοικοκυριά κατά την περίοδο (2008-2015) [6].



Πίνακας 2: Επίπεδα συγκέντρωσης CO2 τα τελευταία 100 χρόνια με μπλε καμπύλη που αντιστοιχίζεται στον αριστερό άξονα τιμών, συγκριτικά με την κόκκινη που αναπαριστά την διακύμανση μέσης θερμοκρασίας [6].

Βάσει των προαναφερθέντων είναι φανερό πως η ανάγκη για εκμετάλλευση διαφορετικών ειδών ενέργειας λιγότερο βλαβερών προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο αποτέλεσε μονόδρομο τουλάχιστον για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ως ανανεώσιμες πηγές ορίζονται όσες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, όπως ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα κ.ά. Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση των ΑΠΕ, επήλθε μετά την πετρελαϊκή κρίση το 1973, ενισχύθηκε μετά την δεύτερη κρίση το 1979 και παγιώθηκε κατά την τελευταία δεκαετία μετά την συνειδητοποίηση των κλιματικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων. Το ευτύχημα είναι πως τα πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και κυρίως η συμβολή τους στην ενεργειακή απεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους δικαιολογούν αυτήν την μεταβολή.

Οι ΑΠΕ, ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες ενέργειας [7]:

1. Ηλιακή: Η ακτινοβολία προερχόμενη από τον ήλιο με την συμβολή της τεχνολογίας γίνεται εκμεταλλεύσιμη και η ενέργεια η οποία λαμβάνεται ονομάζεται ηλιακή ενέργεια. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συστήματα για την μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε μορφή αξιοποιήσιμη, και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: α) τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα: όπου πραγματοποιείται μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας απευθείας σε θερμότητα, β) τα παθητικά ηλιακά και υβριδικά συστήματα: τα οποία αφορούν κατάλληλες αρχιτεκτονικές τεχνικές με παράλληλη χρήση κατάλληλων δομικών υλικών, ώστε η ηλιακή ενέργεια να μπορεί να εκμεταλλευτεί απευθείας για δροσισμό, θέρμανση, φωτισμό κ.ά. Τέλος γ) τα φωτοβολταϊκά συστήματα: τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω αντιστροφών.
2. Αιολική: Ορίζεται η ενέργεια η οποία παράγεται από την εκμετάλλευση του ανέμου. Η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια και στην συνέχεια σε κάποια άλλη εκμεταλλεύσιμη μορφή.
3. Υδραυλική: Είναι η ενέργεια η οποία προέρχεται από τις υδατοπτώσεις, και όπως και στην αιολική, αρχικά μετατρέπεται σε κινητική και ύστερα σε άλλες μορφές ενέργειας.
4. Γεωθερμική: Ονομάζεται η φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει το θερμό εσωτερικό της προς την επιφάνεια. Εμπριέχεται σε φυσικούς ατμούς, θερμά νερά υπόγεια ή επιφανειακά και σε θερμά ξηρά πετρώματα.
5. Βιομάζα: Ορίζεται ως το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων ή υπολειμμάτων βιολογικής προέλευσης, από την γεωργία, την δασοπονία κ.ά. συναφείς κλάδους. Για να χρησιμοποιηθεί η βιομάζα ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας λαμβάνει χώρα φωτοσυνθετική δραστηριότητα η οποία μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών σε φυτικούς οργανισμούς χερσαίας ή υδρόβιας προέλευσης. Οι φυτικοί οργανισμοί που δημιουργούνται αποτελούν την βιομάζα και δια της καύσης μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας.

Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και κυρίως της αιολικής και της φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας, προωθείται και ενισχύεται, με ισχυρά κίνητρα και υψηλούς ρυθμούς, σ' όλο τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Οι ΑΠΕ έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό την αφθονία και την φιλικότητα προς το περιβάλλον.

Παρότι η ανανεώσιμη ενέργεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ηλεκτροπαραγωγή και όχι μόνο, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη ορισμένες δυσκολίες. Η κύρια δυσκολία που αντιμετωπίζουν σήμερα οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, προκειμένου να ενσωματωθούν στην καθημερινή ζωή, είναι το σχετικά υψηλό κόστος ανά παραγόμενη ενέργεια σε kWh, σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Δεδομένου ότι πρόκειται για χαμηλής πυκνότητας μορφών ενέργειας (μικρής ροής ενέργειας), μέχρι στιγμής, τουλάχιστον, έχουν υψηλό κόστος ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας τελικής χρήσης. Μεταξύ των δύο κύριων τρόπων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές όπως αιολική και φωτοβολταϊκά, η αιολική εμφανίζεται σήμερα οικονομικότερη και άρα περισσότερο βιώσιμη ως τεχνολογία [8, 9], κυρίως με τη μορφή αιολικών πάρκων, συνδεδεμένων στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρειάζονται εφεδρικές συμβατικές πηγές ενέργειας. Η ηλεκτροπαραγωγή από αιολική και ηλιακή ενέργεια είναι διακοπτόμενη και απρόβλεπτη, δεδομένου ότι γίνεται εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας μόνο την περίοδο της ημέρας, που επηρεάζεται από παράγοντες όπως η συννεφιά και η αιολική ενέργεια δεν είναι εκμεταλλεύσιμη σε περιόδους άπνοιας. Κλιματικοί παράγοντες είναι δυνατό να προξενήσουν μεγάλες αυξομειώσεις ακόμη και στη διαθεσιμότητα βιομάζας και υδροηλεκτρικής ενέργειας από το ένα έτος στο άλλο. Τέλος, η ανάπτυξη διαφοροποιημένου και ασφαλούς ενεργειακού συστήματος όπου δεν θα επηρεάζεται από κλιματικούς παράγοντες, όπου θα περιλαμβάνεται υψηλότερο μερίδιο ανανεώσιμης ενέργειας και να μην αποτελεί απλά συμπληρωματική μέθοδο της συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας, επί του παρόντος, εξακολουθεί να αποτελεί, εν γένει, πολιτική υψηλότερου κόστους.

Εμφανίζονται ήδη βελτιωμένα εργαλεία ανάλυσης και διαχείρισης που θα καταστήσουν δυνατή την ανάπτυξη της κατάλληλης αντιμετώπισης αυτών των προκλήσεων και των σημαντικών εμποδίων. Στα εργαλεία αυτά περιλαμβάνονται: εξελιγμένα μοντέλα κοστολόγησης που λαμβάνουν υπόψη τον αντίκτυπο των υψηλότερων μεριδίων ανανεώσιμης ενέργειας στο συνολικό κόστος του ηλιακού συστήματος καθώς και εξελιγμένα εργαλεία μετεωρολογικών προβλέψεων που είναι δυνατό να ενσωματωθούν σε σύγχρονα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης ώστε ο εφοδιασμός να ανταποκρίνεται καλύτερα στη ζήτηση. Ακόμη, η χρήση μπαταριών για την αποθήκευση ενέργειας αποτελεί μια εν εξελίξει μέθοδο για την επαναχρησιμοποίηση της πλεονάζουσας παραγόμενης ενέργειας ιδιαίτερα σε εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας. Παράλληλα χρησιμοποιείται και ως εφεδρική πηγή ενέργειας σε περίπτωση που οι συνθήκες είναι δυσμενείς και δεν επιτρέπουν την χρήση ενέργειας είτε από ΑΠΕ είτε από το δίκτυο.

1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

Οι ΑΠΕ παρέχουν πληθώρα πλεονεκτημάτων αλλά και μειονεκτημάτων, όπως:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας οι οποίες συμβάλλουν στην μείωση της εξάρτησης των ανθρώπων από τους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους οι οποίοι έχουν πεπερασμένο όριο ζωής.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο με αποτέλεσμα να μην εξαρτώνται από άλλες χώρες.

- Είναι γεωγραφικά διεσπαρμένες και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, διευκολύνοντας τα συστήματα υποδομής ενώ παράλληλα μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς ενέργειας.
- Δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική χρήση των ενεργειακών πόρων.
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος, το οποίο επιπλέον δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας πολλές θέσεις εργασίας ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση υποβαθμισμένων, οικονομικά και κοινωνικά, περιοχών και πόλο έλξης για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση επενδύσεων που στηρίζονται στη συμβολή των ΑΠΕ (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με γεωθερμική ενέργεια).
- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό στις περισσότερες των περιπτώσεων.

Από την άλλη μεριά, εντοπίζονται κάποια χαρακτηριστικά τα οποία δυσχεραίνουν την αξιοποίησή τους και λειτουργούν κατασταλτικά ως προς την επιλογή τους:

- Η διεσπαρμένη παραγωγή τους είναι δύσκολο να συγκεντρωθεί σε μεγάλα μεγέθη ισχύος ώστε να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί.
- Για μεγάλη παραγωγή απαιτούνται εκτεταμένες εγκαταστάσεις καθώς έχουν χαμηλή πυκνότητα ισχύος
- Η παραγωγή τους εξαρτάται από τις καιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες είναι απρόβλεπτες.
- Το κόστος επένδυσης τους σε σύγκριση με τις σημερινές τιμές των συμβατικών καυσίμων παραμένει ακόμη υψηλό [10].

1.4 Ηλιακή Ενέργεια και Φωτοβολταϊκά

Η ενέργεια προερχόμενη από τον ήλιο, είναι μια καθαρή, φθηνή, ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που μπορεί να αξιοποιηθεί σχεδόν σε κάθε σημείο του πλανήτη. Κάθε σημείο όπου η επιφάνεια του ακτινοβολείται επαρκώς, θεωρείται πιθανή θέση για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Ο ήλιος, καθώς εκπέμπει τεράστιο ποσό ενέργειας η ακτινοβολία που λαμβάνεται αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας με σκοπό την παραγωγή θερμότητας (χρήση για ΖΝΧ, μετατροπή ζεστού νερού σε ατμό για κίνηση τουρμπινών κ.ά.), ενώ η δεύτερη εφαρμογή είναι η αξιοποίηση της ακτινοβολίας με φωτοβολταϊκά συστήματα, τα οποία μετατρέπουν την ακτινοβολία που προσπίπτει στον συλλέκτη σε ηλεκτρική ενέργεια. Η συγκεκριμένη

τεχνολογία εμφανίστηκε την δεκαετία του 70 στις ΗΠΑ, και συγκεκριμένα στα εργαστήρια της ΝΑΣΑ [11].

1.4.1 Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο συμβαίνει στα ηλιακά κελιά. Αυτά τα ηλιακά κελιά αποτελούνται από δύο διαφορετικούς τύπους ημιαγωγών - έναν p-τύπου και έναν n-τύπου - που συνδέονται μαζί για να δημιουργήσουν μια p-n επαφή. Με τη σύνδεση αυτών των δύο τύπων ημιαγωγών, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή της επαφής καθώς τα ηλεκτρόνια μετακινούνται στη θετική πλευρά p και οι "οπές" μετακινούνται στην αρνητική πλευρά n. Αυτό το πεδίο προκαλεί τη μετακίνηση αρνητικά φορτισμένων σωματιδίων σε μια κατεύθυνση και θετικά φορτισμένων σωματιδίων σε μια άλλη κατεύθυνση.

Το φως αποτελείται από φωτόνια, που είναι απλώς μικρά δέσμη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή ενέργειας. Αυτά τα φωτόνια μπορούν να απορροφηθούν από ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο - τον τύπο κυττάρου που απαρτίζει τα ηλιακά πάνελ. Όταν το φως μιας κατάλληλης μήκους κύματος ακτινοβολία εισβάλλει σε αυτά τα κύτταρα, η ενέργεια από το φωτόνιο μεταφέρεται σε ένα άτομο του ημιαγωγού υλικού στην περιοχή της p-n διασταύρωσης. Συγκεκριμένα, η ενέργεια μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια του υλικού. Αυτό προκαλεί τα ηλεκτρόνια να αναπηδήσουν σε μια υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση που ονομάζεται ζώνη αγωγιμότητας. Αυτό αφήνει μια "οπή" στη ζώνη των ηλεκτρονίων από όπου το ηλεκτρόνιο αναπηδήσει. Η κίνηση του ηλεκτρονίου λόγω της προστιθέμενης ενέργειας δημιουργεί δύο φορείς φορτίου, ένα ζεύγος ηλεκτρονίου-οπής.

Η δημιουργία αυτού του ζεύγους ηλεκτρονίου-τρύπας είναι ουσιαστική για το φωτοβολταϊκό κύτταρο να παράγει ρεύμα. Καθώς τα ηλεκτρόνια και οι τρύπες κινούνται στο εσωτερικό του κυττάρου, συλλέγονται σε διαφορετικούς συλλέκτες φορτίου - έναν στον p-τύπο και έναν στον n-τύπο. Αυτή η μεταφορά των φορέων φορτίου από το κύτταρο δημιουργεί ροή ηλεκτρικού ρεύματος.[12].

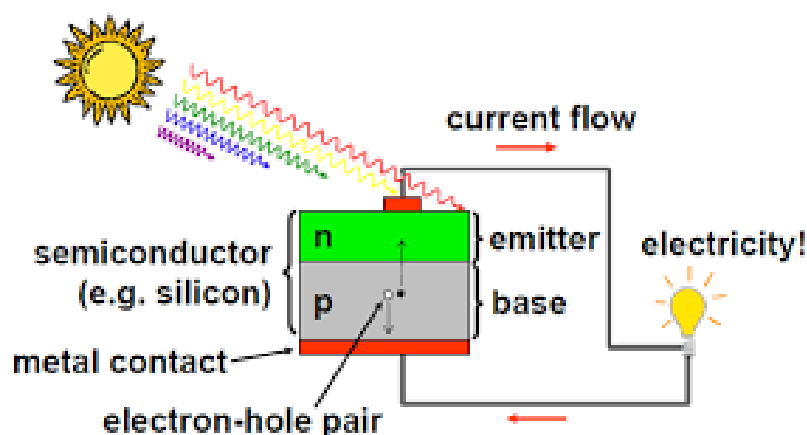


Figure 1: Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο (p-n)

1.4.2 Ισοδύναμο Ηλεκτρικό Κύκλωμα Φωτοβολταϊκού Στοιχείου

Παρακάτω (Figure 2) δίνεται το ιδανικό ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός Φ/Β στοιχείου, ενώ στην (Figure 3) παρατίθεται το πλήρες ισοδύναμο. Το ιδανικό ισοδύναμο αποτελείται από μια πηγή σταθερού ρεύματος και από μια ιδανική δίοδο παράλληλα σε αυτήν. Η πηγή παράγει το I_{φ} , το οποίο είναι ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια τοποθετείται το μη ιδανικό τμήμα του ΦΒ στοιχείου, το οποίο περιλαμβάνει αφενός την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του ΦΒ στοιχείου η οποία συνδέεται παράλληλα στα άκρα της διόδου, και αφετέρου το πλήρες ισοδύναμο κύκλωμα με την αντίσταση απωλειών στον δρόμο ροής του ρεύματος της διόδου που αντιπροσωπεύεται από αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με την δίοδο.

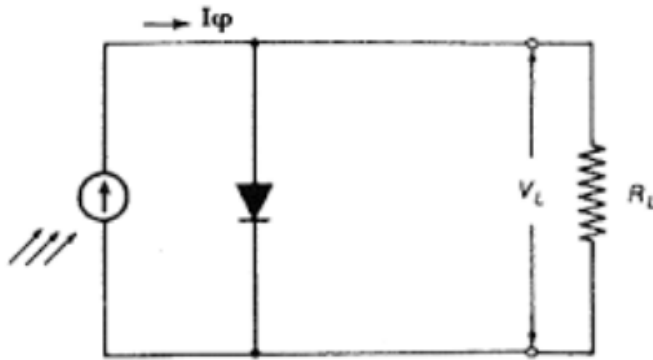


Figure 2: Ιδανικό Ισοδύναμο Κύκλωμα ΦΒ Στοιχείου

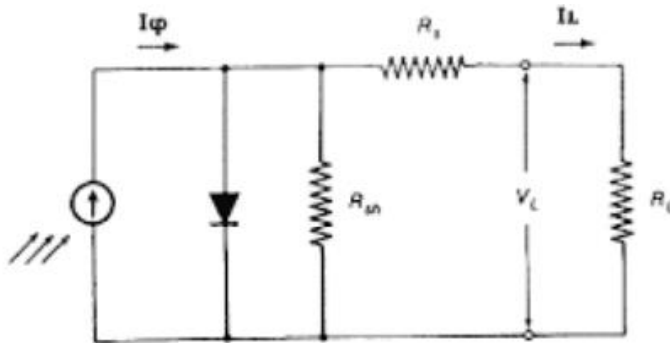


Figure 3: Πλήρες Ισοδύναμο Κύκλωμα ΦΒ Στοιχείου

Η ισχύς εξόδου μιας κυψέλης επηρεάζεται από:

- Αντίσταση σειράς R_s
- Παράλληλη αντίσταση R_{sh}
- Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας
- Θερμοκρασία

Οι αντιστάσεις ονομάζονται εσωτερικές παράμετροι της ηλιακής κυψέλης διότι σχετίζονται με τον τρόπο κατασκευής της, ενώ η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η

Θερμοκρασία αποτελούν τις εξωτερικές παραμέτρους. Η αντίσταση σειράς αντιπροσωπεύει τις ωμικές απώλειες της κυψέλης λόγω των μεταλλικών επαφών της. Αυξάνοντας την τιμή της αντίστασης σειράς, το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται και άρα μειώνεται και η ισχύς εξόδου της ηλιακής κυψέλης. Η παράλληλη αντίσταση οφείλεται στο ρεύμα διαρροής της επαφής. Αν αυξηθεί η τιμή της παράλληλης αντίστασης, το εμβαδό του ορθογωνίου της ισχύς εξόδου μεγαλώνει και άρα αυξάνεται η ισχύς εξόδου.

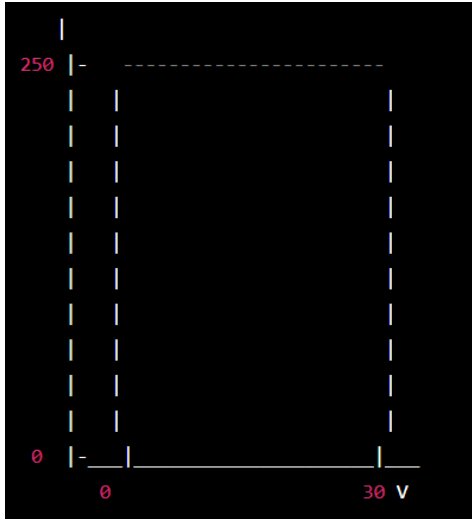


Figure 3: Εμβαδό Ισχύος

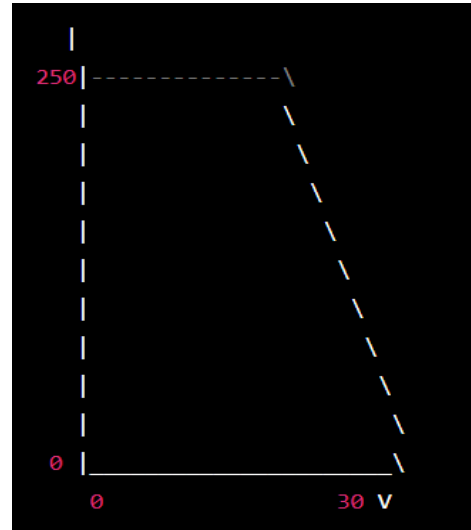


Figure 2: Εμβαδό Ισχύος

1.5 Χαρακτηριστική Καμπύλη Τάσης - Ρεύματος Φωτοβολταϊκού Στοιχείου

Η χαρακτηριστική καμπύλη (γόνατο) I/V επηρεάζεται από τους 4 παράγοντες που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.5 και συγκεκριμένα παρατηρούνται οι εξής επιπτώσεις ανά περίπτωση:

- Αντίσταση

σειράς

R_s

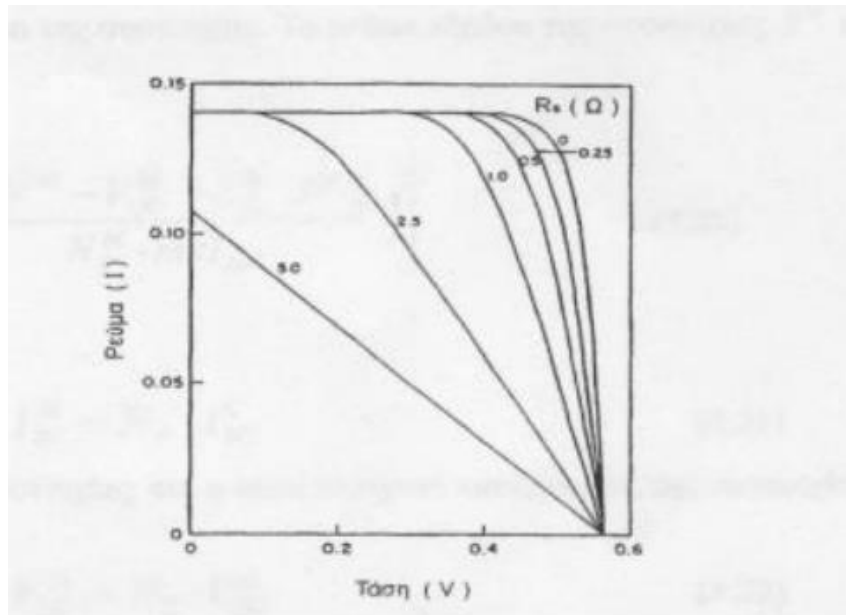


Figure 4: Χαρακτηριστική I/V ΦΒ συναρτήσεως της R_s

Αυξάνοντας την τιμή της αντίστασης σειράς, το ρεύμα βραχυκύκλωσης μειώνεται και άρα μειώνεται και η ισχύς εξόδου της ηλιακής κυψέλης.

- Παράλληλη αντίσταση R_{sh}

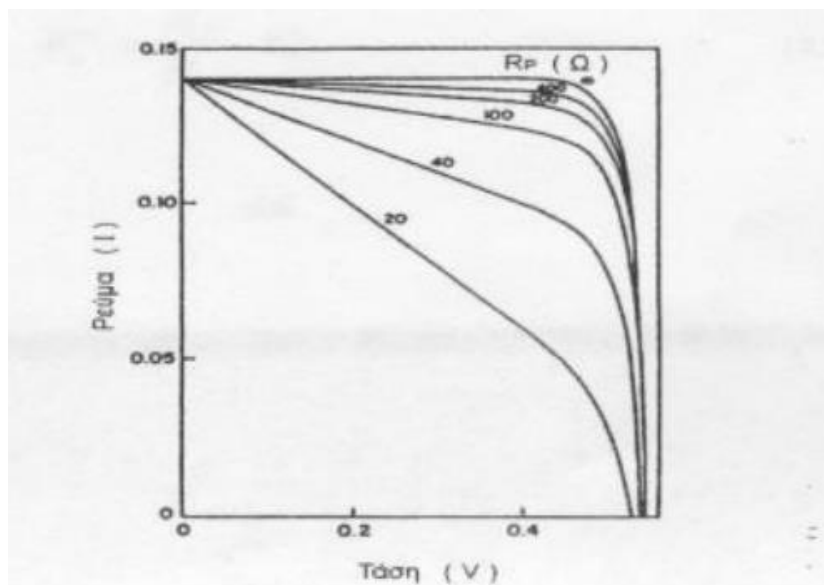


Figure 5: Χαρακτηριστική I/V ΦΒ συναρτήσεως της R_{sh}

Με την αύξηση της τιμής της παράλληλης αντίστασης, το εμβαδό του ορθογωνίου της ισχύς εξόδου μεγαλώνει και άρα αυξάνεται η ισχύς εξόδου.

- Ένταση Ηλιακής Ακτινοβολίας

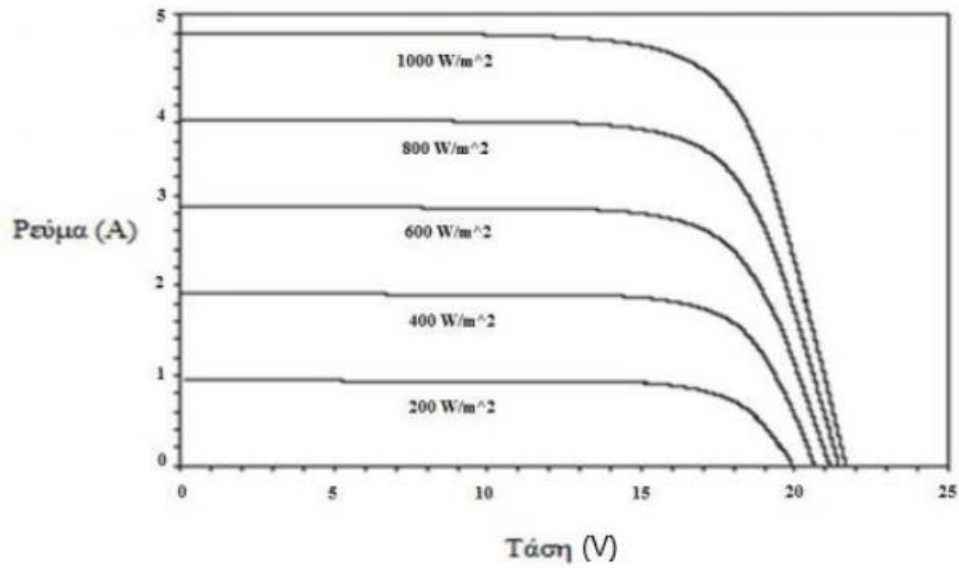


Figure 6: Χαρακτηριστική I/V ΦΒ συναρτήσεως της εντάσεως της Ηλ. Ακτινοβολίας

Η ισχύς εξόδου της ηλιακής κυψέλης αποκτά υψηλότερες τιμές με την αύξηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, επειδή τόσο το ρεύμα βραχυκύκλωσης όσο και η τάση ανοικτού κυκλώματος αυξάνονται.

- Θερμοκρασία

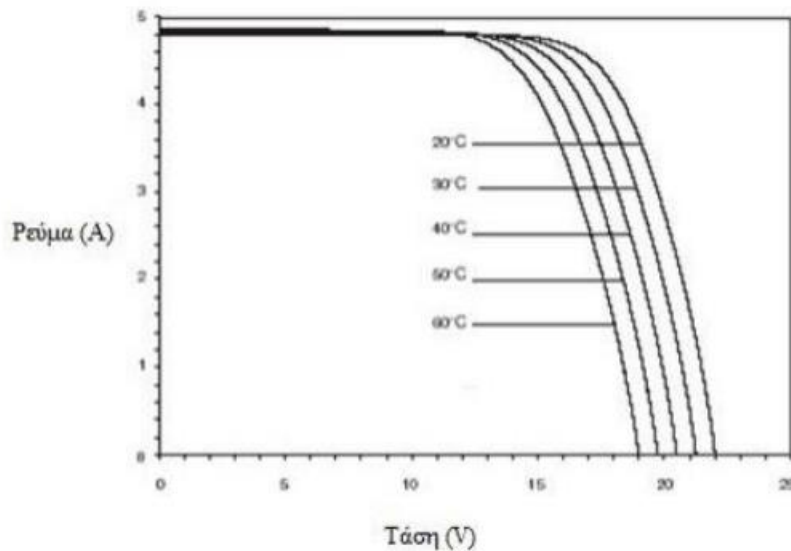


Figure 7: Χαρακτηριστική I/V ΦΒ συναρτήσεως της θερμοκρασίας

Όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, παρατηρείται μια μικρή αύξηση του φωτορεύματος και μείωση της τάσης ανοικτού κυκλώματος. Όμως, η ισχύς εξόδου της κυψέλης τελικά μειώνεται [13].

1.6 Τεχνολογία και Λειτουργία Φωτοβολταϊκών

Με τον γενικό όρο φωτοβολταϊκά ονομάζουμε την βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε σειρά (solar cells). Πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς, συνήθως από πυρίτιο αλλά και από οργανικά υλικά, οι οποίοι ενώνονται με σκοπό την δημιουργία ηλεκτρικού κυκλώματος. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία μέσω των φωτονίων και παράγουν ηλεκτρική τάση. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (modules), τα οποία όταν συνδεθούν ηλεκτρολογικά μεταξύ τους δημιουργούνται οι λεγόμενες φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

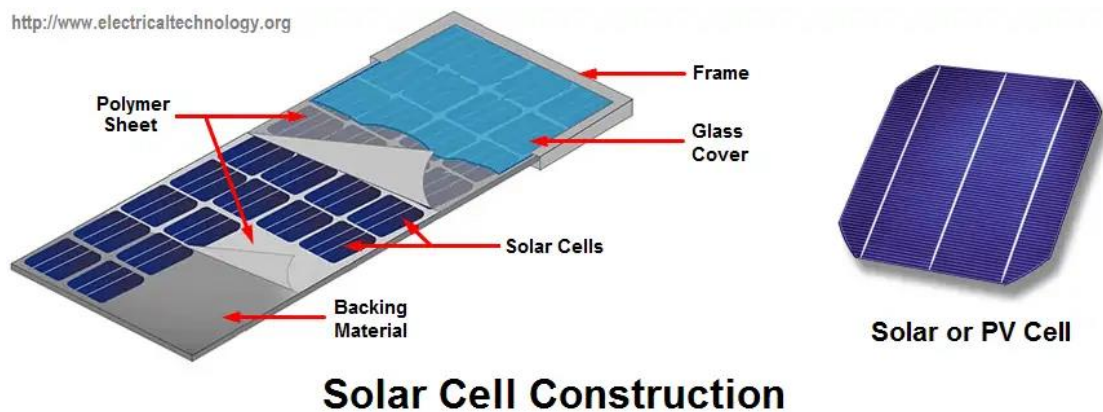


Figure 8: Το φωτοβολταϊκό κύτταρο

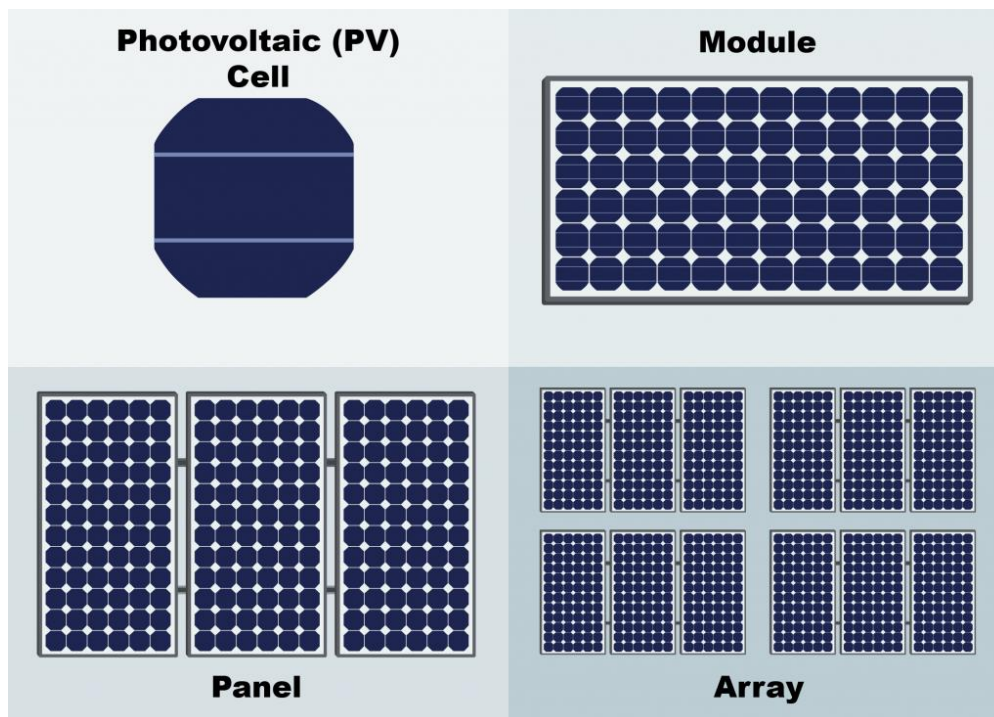


Figure 9: Φωτοβολταϊκά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται πλέον παντού, είτε σε δομικές κατασκευές είτε επί εδάφους. Συχνές είναι οι εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων σε

βιομηχανικές στέγες, οικίες και αγροτεμάχια για διαφορετική χρήση σε κάθε περίπτωση. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα, την εποχή και τη νεφοκάλυψη που έχει η περιοχή όπου θα εγκατασταθεί το φωτοβολταϊκό σύστημα.

Κεφάλαιο 2: Θεσμικό Πλαίσιο

2.1 Θεσμικό Πλαίσιο ΑΠΕ

Το 2016 θεσμοθετήθηκε το νέο πλαίσιο για τη στήριξη των ΑΠΕ (ν. 4414/2016, ΦΕΚ 149 Α') με σκοπό την εναρμόνιση με τις «Κατευθυντήριες Γραμμές για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)»¹¹ και τη σταδιακή ενσωμάτωση και συμμετοχή των Α.Π.Ε και Σ.Η.Θ.Υ.Α. στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας με το βέλτιστο τρόπο σε επίπεδο κόστους-οφέλους για την κοινωνία και τον τελικό καταναλωτή.

Με τον ν. 4414/2016 τα νέα στοιχεία που ενσωματώθηκαν στην εγχώρια αγορά των ΑΠΕ είναι κυρίως τα παρακάτω:

- Καθιερώθηκε στήριξη στη βάση Λειτουργικής Ενίσχυσης με τη μορφή Διαφορικής Προσαύξησης (sliding Feed in Premium) επιπλέον της τιμής που λαμβάνουν οι ΑΠΕ από τη συμμετοχή τους στην Αγορά μέχρι ενός άνω κατωφλίου που είναι η Τιμή Αναφοράς (Τ.Α.).
- Με την χρήση ενός τυπικού έργου ανά τεχνολογία ΑΠΕ όσον αφορά το κόστος κατασκευής και λειτουργίας καθώς την παραγωγικότητά του (Capacity Factor) προσδιορίστηκε η Τιμή Αναφοράς (ΤΑ) ανά κατηγορία βάσει μιας εύλογης απόδοσης στα επενδυόμενα κεφάλαια. Σύμφωνα με το νέο νόμο επιπλέον ενισχύσεις κεφαλαίου στο πλαίσιο Εθνικών Αναπτυξιακών Επενδυτικών Προγραμμάτων θα λαμβάνονται υπόψη με τη χρήση συγκεκριμένης μεθοδολογίας απομείωσης ώστε να αποφεύγονται οι υπερ-αποζημιώσεις των έργων. Τέλος, υφιστάμενοι σταθμοί θα μπορούν να μεταπίπτουν αυτοβούλως στο νέο καθεστώς λειτουργικής ενίσχυσης και συμμετοχής στην αγορά.
- Στο πνεύμα των «Κατευθυντήριων Γραμμών για τις κρατικές ενισχύσεις στους τομείς του περιβάλλοντος και της ενέργειας (2014-2020)» από 01ης.01.2017 η Τιμή Αναφοράς για τις ώριμες τεχνολογίες των αιολικών και φωτοβολταϊκών σταθμών, προκύπτει μέσω ανταγωνιστικής διαδικασίας, με στόχο τη μείωση του κόστους για τους καταναλωτές και πλέον μόνον οι επιτυγχόντες στη διαδικασία θα λαμβάνουν λειτουργική στήριξη.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί ότι καθιερώθηκε για πρώτη φορά η υποχρέωση συμμετοχής των παραγωγών ΑΠΕ που λαμβάνουν διαφορική προσαύξηση στους μηχανισμούς της αγοράς είτε αυτοβούλως είτε μέσω Φορέων Σωρευτικής Εκπροσώπησης (Φο.Σ.Ε.), ενώ ορίστηκε η ΔΑΠΕΕΠ Α.Ε. ως Φορέας Σωρευτικής Εκπροσώπησης Τελευταίου Καταφυγίου (Φο.Σ.Ε.Τε.Κ). Περαιτέρω, με το Ν. 4643/2019 (ΦΕΚ 193 Α') συμπληρώθηκε το πλαίσιο λειτουργίας των σταθμών ΑΠΕ που θεσπίστηκε με το Ν. 4414/2016 δίνοντας τη δυνατότητα στους σταθμούς ΑΠΕ να συμμετέχουν απευθείας στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρισμού και να αμείβονται από τους εν ισχύ μηχανισμούς της χωρίς να λάβουν λειτουργική ενίσχυση.

2.2 Κανονισμός Βεβαίωσης Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ

Βάσει της σχετικής απόφασης, ο παρών Κανονισμός εφαρμόζεται για τη χορήγηση, τροποποίηση, παράταση, ανανέωση, μεταβίβαση, συνένωση, κατάτμηση, ανάκληση και αυτοδίκαιη παύση ισχύος της Βεβαίωσης Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (Βεβαίωση), καθώς και της Βεβαίωσης Παραγωγού Ηλεκτρικής Ενέργειας Ειδικών Έργων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (Βεβαίωση Ειδικών Έργων) και της Άδειας Παραγωγής. Οι αιτήσεις για τη χορήγηση Βεβαίωσης ή Βεβαίωσης Ειδικών Έργων, καθώς και κάθε άλλη αίτηση η οποία αναφέρεται στον Κανονισμό, υποβάλλονται μέσω του Ηλεκτρονικού Μητρώου Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ (Ηλεκτρονικό Μητρώο).

Το Ηλεκτρονικό Μητρώο, περιλαμβάνει την πιστοποίηση νομικών και φυσικών προσώπων, μέσω διασύνδεσης με τα συστήματα TAXIS net για την είσοδό τους στο Ηλεκτρονικό Μητρώο, την καταγραφή, αποστολή και ανάκτηση των αναγκαίων δικαιολογητικών και δεδομένων που θα πρέπει να υποβληθούν, την αποθήκευση των σχετικών δεδομένων, και την ανάπτυξη λογισμικών διασύνδεσης του Ηλεκτρονικού Μητρώου με έτερα ηλεκτρονικά συστήματα, για τη λήψη πληροφοριών όπου αυτό απαιτείται. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τη διασύνδεση με το σύστημα ελέγχου χωρικών στοιχείων GIS, τη διασύνδεση με το ηλεκτρονικό σύστημα της ΔΑΠΕΕΠ ΑΕ., τη διασύνδεση με το Ηλεκτρονικό Περιβαλλοντικό Μητρώο, τη διασύνδεση με τα ηλεκτρονικά συστήματα των Διαχειριστών (ΑΔΜΗΕ ΑΕ, ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ και Διαχειριστή δικτύου του Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών, και τη διασύνδεση με τα ηλεκτρονικά συστήματα των φορέων χορήγησης της Άδειας Εγκατάστασης και της Άδειας Λειτουργίας.

Δικαίωμα υποβολής αίτησης για χορήγηση Βεβαίωσης ή Βεβαίωσης Ειδικών Έργων, έχουν φυσικά ή νομικά πρόσωπα τα οποία έχουν συσταθεί νόμιμα και εδρεύουν σε κράτος μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου και σε χώρες της Ενεργειακής Κοινότητας ή σε τρίτες χώρες, εφόσον σχετικό δικαίωμα απορρέει από διμερή συμφωνία που η χώρα έχει συνάψει με την Ελλάδα ή την Ευρωπαϊκή Ένωση ή έχουν συστήσει νομίμως υποκατάστημα στην Ελλάδα. Οι κύκλοι υποβολής των σχετικών αιτήσεων καθορίζονται στις χρονικές περιόδους από την πρώτη (1η) έως και τη δέκατη (10η) ημέρα των μηνών Φεβρουαρίου, Ιουνίου, Οκτωβρίου κάθε έτους. Οι αιτήσεις εξετάζονται ανά κύκλο, με την επιφύλαξη τυχόν ειδικότερων προβλέψεων της κείμενης νομοθεσίας.

2.3 Ενεργειακός Συμψηφισμός (Net Metering)

2.3.1 Τι είναι ο Ενεργειακός Συμψηφισμός;

Το Net Metering ξεκίνησε στις Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1970 ως μια πολιτική που υποστηρίχθηκε από τις κυβερνήσεις των πολιτειών του Κολοράντο και της Μασαχουσέτης, με στόχο την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε κατοικίες και στις επιχειρήσεις.

Η πολιτική του Net Metering επιτρέπει στους καταναλωτές να εγκαταστήσουν μια μικρή ηλιακή ή άλλη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας στον κατοικίες ή στις επιχειρήσεις τους και να συνδεθούν στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Το σύστημα του Net Metering επιτρέπει στους καταναλωτές να παράγουν δική τους ηλεκτρική ενέργεια, να καταναλώνουν αυτήν που χρειάζονται για τις ανάγκες τους και να πωλούν το υπόλοιπο στο δίκτυο.

Αυτό τους επιτρέπει να μειώσουν το λογαριασμό της ηλεκτροδότησης τους και να αντλήσουν επιπλέον εισόδημα από την πώληση της παραγόμενης ενέργειας. Η πολιτική του Net Metering έχει επεκταθεί από τότε σε πολλές άλλες πολιτείες των Ηνωμένων Πολιτειών και σε άλλες χώρες [14].

2.3.2 Ενεργειακός Συμψηφισμός στην Ελλάδα

Ο ενεργειακός συμψηφισμός ενέργειας ή αλλιώς net metering στα αγγλικά έχει εισαχθεί στην Ελλάδα με την υπουργική απόφαση ΥΠΕΝ/ΔΑΑΠΕΧΕΠΕ 92865/30-4-2019 και καθορίζεται από τον νόμο 4254/2014 "Ρύθμιση παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συνεπακόλουθες διατάξεις", η οποία καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την εγκατάσταση συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο δίκτυο διανομής. Το θεσμικό πλαίσιο στηρίζεται επίσης σε οδηγίες και κανονιστικά πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως η Οδηγία 2009/28/ΕΚ για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Σύμφωνα με την απόφαση αυτή, οι καταναλωτές μπορούν να συνδέσουν τα συστήματα παραγωγής τους με το δίκτυο διανομής και να παράγουν δική τους ηλεκτρική ενέργεια. Η παραγόμενη ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιείται από τον ίδιο τον καταναλωτή για τις ανάγκες του και το υπόλοιπο να πωλείται στο δίκτυο. Η ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο μετρείται με τη μονάδα της κιλοβατώρας (kWh) και η αγοραπωλησία γίνεται με τιμή εισόδου ή εξόδου στο ίδιο επίπεδο, συνήθως στην τιμή λιανικής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η εφαρμογή του ενεργειακού συμψηφισμού ενέργειας στην Ελλάδα αποτελεί μια σημαντική πρωτοβουλία για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βιωσιμότητα του ενεργειακού συστήματος της χώρας. Με την εφαρμογή αυτής της πολιτικής, οι καταναλωτές μπορούν να εγκαταστήσουν δικά τους συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνοντας την εξάρτησή τους από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και τις αυξανόμενες τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ενεργειακός συμψηφισμός συμβάλλει επίσης στη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και της ρύπανσης, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν σχεδόν μηδενικές εκπομπές καυσαερίων και αποβλήτων σε αντίθεση με τη χρήση των συμβατικών μονάδων παραγωγής οι οποίες καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Ο ενεργειακός συμψηφισμός ενέργειας στην Ελλάδα ανοίγει νέους ορίζοντες για την αειφορία και την οικονομία ενέργειας, ενθαρρύνοντας τους καταναλωτές να επενδύσουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να συμβάλλουν στη προστασία του περιβάλλοντος[15].

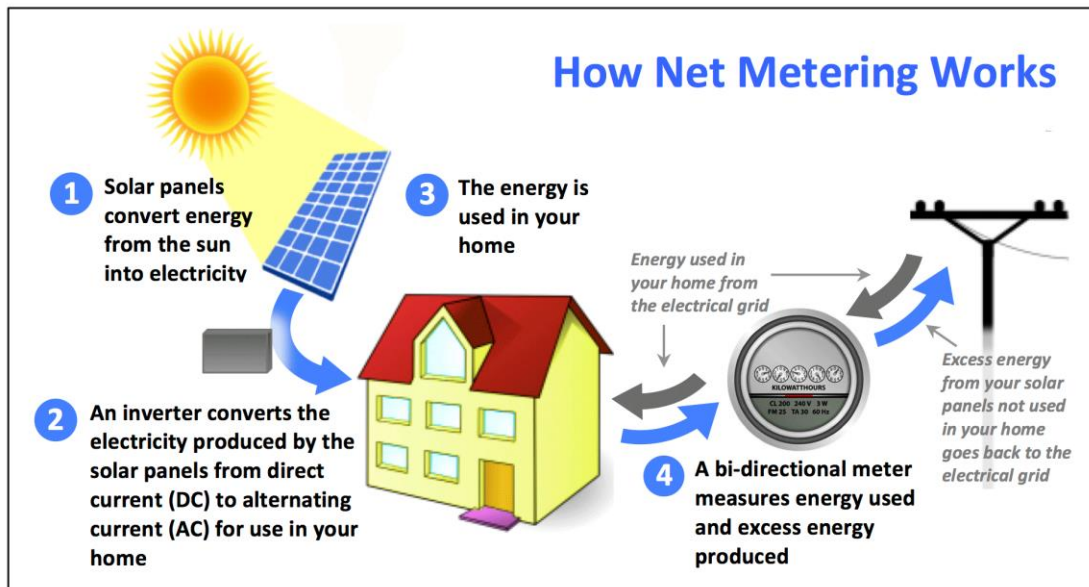


Figure 4: Η λειτουργία του Net Metering

2.3.3 Πλεονεκτήματα Ενεργειακού Συμψηφισμού

Ο ενεργειακός συμψηφισμός έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους αγοράς ενέργειας. Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του ενεργειακού συμψηφισμού είναι:

1. Μειωμένο κόστος ενέργειας σε zero feed-in περιπτώσεις: Ο ενεργειακός συμψηφισμός επιτρέπει στους καταναλωτές να μειώσουν το κόστος της ενέργειας τους με την παραγωγή δικής τους ενέργειας, πράγμα που συνήθως έχει υψηλό κόστος λόγω εξοπλισμού
2. Ανεξαρτησία από το δίκτυο: Οι καταναλωτές που συμμετέχουν στον ενεργειακό συμψηφισμό μπορούν να είναι ανεξάρτητοι από το δίκτυο ενέργειας και να διαθέτουν δική τους πηγή ενέργειας με την χρήση μπαταριών και την αποθήκευση ενέργειας.
3. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: Ο ενεργειακός συμψηφισμός ενθαρρύνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο αέρας, προσφέροντας έτσι ένα πιο βιώσιμο μέλλον.
4. Περιβαλλοντικά οφέλη: Η παραγωγή ενέργειας με ανανεώσιμες πηγές μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προστασία του περιβάλλοντος, αφού μειώνει την εξάρτηση από συμβατικά καύσιμα.
5. Ενεργειακή απόδοση: Οι καταναλωτές μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση με τον ενεργειακό συμψηφισμό, καθώς μπορούν να ελέγξουν καλύτερα τη χρήση της ενέργειας και να προσαρμόζουν τις καταναλωτικές τους συνήθειες στις περιόδους υψηλής ζήτησης.
6. Αξιοποίηση ανεξάντλητων πηγών: Οι καταναλωτές μπορούν να αξιοποιήσουν ανεξάντλητες πηγές ενέργειας, όπως ο ήλιος και ο αέρας, προκειμένου να καλύψουν

τις ενεργειακές τους ανάγκες, χωρίς να χρειάζεται να βασίζονται σε εξαντλούμενους πόρους.

Ο ενεργειακός συμψηφισμός αποτελεί μια αποτελεσματική και αειφόρο λύση για την παραγωγή και χρήση ενέργειας στην Ελλάδα. Με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη συνδυαστική χρήση διαφόρων τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας, ο ενεργειακός συμψηφισμός μπορεί να εξασφαλίσει σημαντικές οικονομικές εξοικονομήσεις, μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος. Τα πλεονεκτήματα του ενεργειακού συμψηφισμού περιλαμβάνουν επίσης τη δημιουργία θέσεων εργασίας στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας, την αύξηση της ανταγωνιστικότητας της ελληνικής οικονομίας και την προώθηση της καινοτομίας και της τεχνολογικής ανάπτυξης[16, 17].

2.4 Κρατικά Επιδοτούμενα Προγράμματα για τον Ενεργειακό Συμψηφισμό

Στην Ελλάδα υπήρξαν διάφορα επιδοτούμενα κρατικά προγράμματα για τον ενεργειακό συμψηφισμό, τα οποία είχαν ως στόχο την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Κάποια από αυτά τα προγράμματα περιλαμβάνουν:

1. Πρόγραμμα Εξοικονόμησης Ενέργειας στην Υποδομή της Δημόσιας Διοίκησης (ΠΕΕΥΔ): Το πρόγραμμα αυτό αφορά τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των δημόσιων κτιρίων μέσω της εγκατάστασης συστημάτων ενεργειακής αποδοτικότητας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και το Ελληνικό Δημόσιο.
2. Πρόγραμμα Ενεργειακής Αναβάθμισης Κτιρίων Κοινής Ωφελείας (ΠΕΑΚΩ): είναι ένα επιδοτούμενο πρόγραμμα του ΕΣΠΑ (Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Ανάπτυξης) το οποίο ξεκίνησε το 2016 και συνεχίζει να εφαρμόζεται στην Ελλάδα. Σκοπός του προγράμματος είναι να προωθήσει την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων του δημόσιου τομέα, όπως δημόσιες σχολικές εγκαταστάσεις, δημόσια νοσοκομεία και άλλα κτίρια της κοινής ωφελείας. Το πρόγραμμα παρέχει επιδοτήσεις για την εκτέλεση μέτρων ενεργειακής αναβάθμισης όπως η μόνωση των κτιρίων, η αντικατάσταση παλαιών και ανεπαρκών συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, η εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων θέρμανσης νερού, η αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων με πιο αποδοτικά και ανακυκλώσιμα και η εγκατάσταση ελεγχόμενων συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης. Οι επιδοτήσεις που παρέχονται καλύπτουν μέχρι το 70% του συνολικού [18].

Το 2016 ξεκίνησε το πρόγραμμα Εξοικονόμησης Ενέργειας στην Κατοικία, το οποίο επιδοτούσε την εγκατάσταση συστημάτων φωτοβολταϊκών κελιών μέχρι και 85% του κόστους επένδυσης. Το πρόγραμμα αυτό συνέχισε να επιδοτεί και την αντικατάσταση παλαιών και λιγότερο αποδοτικών συστημάτων φωτοβολταϊκών πλαισίων. Το 2019 ξεκίνησε το πρόγραμμα "Ενεργειακός Συμψηφισμός II" που επιδοτούσε την εγκατάσταση συστημάτων φωτοβολταϊκών κελιών στις οροφές οικοδομών των φορέων του Δημοσίου και των Ν.Π.Δ.Δ.

με σκοπό τη μείωση των ενεργειακών δαπανών τους. Επίσης, το 2021 ξεκίνησε το πρόγραμμα "Φωτοβολταϊκά Πάνελ σε Στέγες Κτιρίων ΜΜΕ" που επιδοτεί την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πάνελ σε κτίρια επιχειρήσεων. Όλα αυτά τα προγράμματα υλοποιούνται με τη στήριξη του Κλιματικού Ταμείου του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας [19, 20].

2.5 Διαχειριστής ΑΠΕ και Εγγυήσεων Προέλευσης (ΔΑΠΕΕΠ)

Ο ΔΑΠΕΕΠ είναι ο Διαχειριστής Αγοράς Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας Πιστοποιητικών Προέλευσης. Πρόκειται για έναν οργανισμό που ιδρύθηκε το 2004 στο πλαίσιο της λειτουργίας της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και έχει ως κύριο σκοπό τη διαχείριση της διαδικασίας πιστοποίησης της προέλευσης πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, ο ΔΑΠΕΕΠ διαχειρίζεται το σύστημα των πιστοποιητικών προέλευσης (ΠΠ), τα οποία αποτελούν ένα μηχανισμό για τη διασφάλιση της προέλευσης και της ποιότητας της πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια. Ο διαχειριστής ΑΠΕ και εγγυήσεων προέλευσης λειτουργεί συνήθως ως μεσολαβητής ανάμεσα στους παραγωγούς ΑΠΕ και τους καταναλωτές, παρέχοντας εγγυήσεις ότι η ενέργεια που αγοράζει ο καταναλωτής έχει παραχθεί από ΑΠΕ. Αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να επιλέξουν πράσινη ενέργεια και να συνεισφέρουν στην προώθηση της χρήσης ΑΠΕ. Επιπλέον παρέχει υπηρεσίες όπως ο υπολογισμός και η πώληση των εγγυήσεων προέλευσης που συνδέονται με την παραγωγή ΑΠΕ. Οι εγγυήσεις προέλευσης επιβεβαιώνουν ότι η ενέργεια που παράγεται από τις ΑΠΕ προέρχεται πράγματι από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ότι έχει παραχθεί με συγκεκριμένους, βιώσιμους τρόπους. Αυτό μπορεί να δώσει στους καταναλωτές αξιοπιστία και εμπιστοσύνη στην επιλογή της πράσινης ενέργειας [21, 22].

Κεφάλαιο 3: Πραγματικό Σενάριο Net Metering

3.1 Επιλογή Εξοπλισμού

Πρόκειται για μια βιομηχανική εγκατάσταση ευρισκόμενη στα Χανιά της Π.Ε. Κρήτης η οποία έχει μεγάλη ενεργειακή ζήτηση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της. Για την ακρίβεια, οι καταναλώσεις της βιομηχανίας παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

	Περίοδος Κατανάλωσης											Ετήσια Κατανάλωση	
	01/11/2020-30/11/2020	28/01/2021-31/12/2020	01/01/2021-31/01/2021	01/02/2021-28/02/2021	01/03/2021-31/03/2021	01/04/2021-30/04/2021	01/05/2021-31/05/2021	01/06/2021-30/06/2021	01/07/2021-31/07/2021	01/08/2021-31/08/2021	01/09/2021-30/09/2021		01/10/2021-31/10/2021
Ενέργεια (kWh)	13600	13560	12720	8760	12400	18360	24480	28280	34400	37680	31160	27640	263040
Κόστος kWh (€)	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	0,07 €	
Κόστος Ενέργειας kWh/€ (€)	952,00 €	949,20 €	890,40 €	613,20 €	868,00 €	1.285,20 €	1.713,60 €	1.979,60 €	2.408,00 €	2.637,60 €	2.181,20 €	1.934,80 €	18.412,80 €
Συμφ. Ισχύς	135 kVA												

Figure 4: Καταναλώσεις ενός έτους

Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε πως οι καταναλώσεις τις βιομηχανίας για ένα πλήρες ημερολογιακό έτος ανέρχονται στις 263040kWh. Για να επιλέξουμε φωτοβολταϊκό το οποίο να καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες, γίνεται υπολογισμός κάποιων παραμέτρων όπως η μέση υγρασία περιοχής, ο προσανατολισμός, υγρασίας περιοχής κ.ά. Στην Ελλάδα συνήθως οι kWh που αποδίδει ετήσια ένα φωτοβολταϊκό κυμαίνεται από 1200kWh/kwp έως 1800kWh/kWp. Αν πάρουμε μια μέση τιμή, πχ στις 1500kWh/kWp, προκύπτει φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 175,36 kW. Για το συγκεκριμένο έργο όμως, δεν επιτρέπεται να εγκατασταθεί φωτοβολταϊκό τέτοιας ισχύος καθώς η συμφωνημένη ισχύς είναι 135kVA. Συνεπώς, τοποθετείται φωτοβολταϊκό 135kW όπου είναι και η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή. Τα 175,36 kW θα μπορούσαν να εγκατασταθούν, μόνο μετά από αίτηση επαύξησης ισχύος της γραμμής.

Αναφορικά με τον εξοπλισμό, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός αντίστοιχων τεχνικών χαρακτηριστικών από διαφορετικούς κατασκευαστές, όμως στην δεδομένη περίπτωση επιλέχθηκε εξοπλισμός με βάση την διαθεσιμότητα και άμεση παράδοση. Επιπλέον, πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά τα τεχνικά φυλλάδια (datasheet) του εξοπλισμού, έτσι ώστε να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη διαστασιολόγηση. Λαμβάνουμε υπόψη τις διαστάσεις του εξοπλισμού ώστε να είναι δυνατή η εγκατάστασή του χωροταξικά στο πεδίο, τις τάσεις και ρεύματα του ηλεκτρικού εξοπλισμού ώστε να είναι επιτυχής η σύνδεση και να επιλεγεί και ο κατάλληλος διακοπτικός εξοπλισμός.

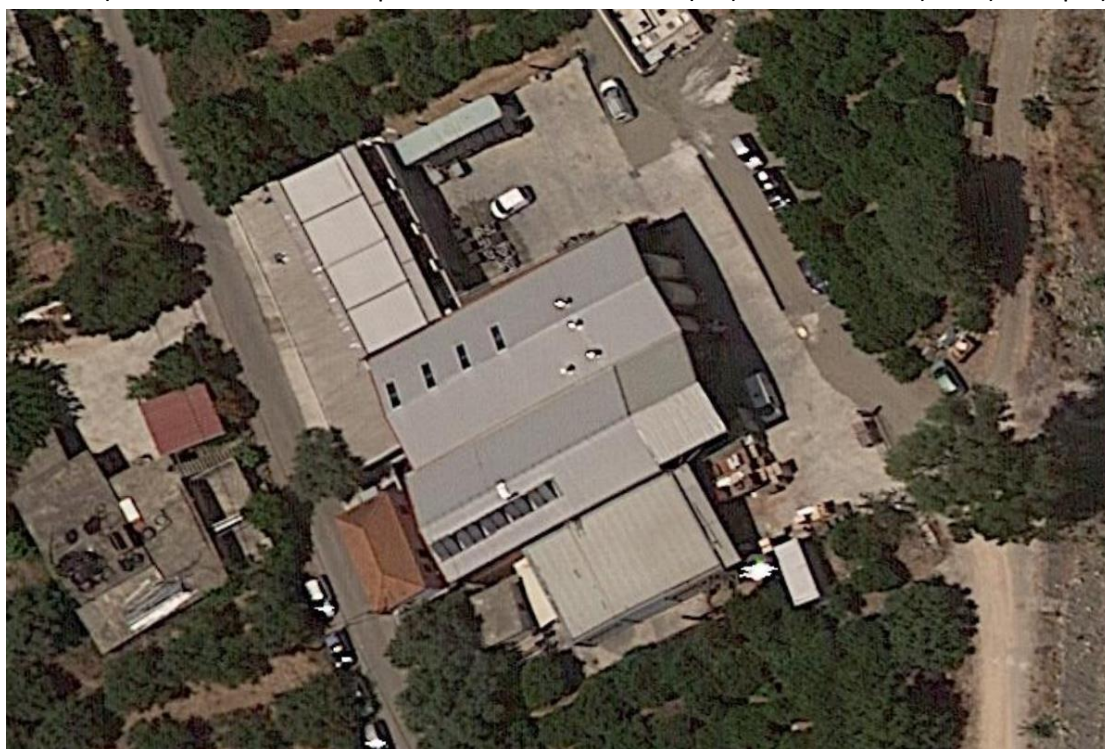


Figure 3.2 1: Φωτογραφία Βιομηχανικής Στέγης – Google Earth

3.1.1 Φωτοβολταϊκά Πλαίσια

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που επιλέχθηκαν είναι της εταιρίας Trina Solar, ισχύος 540W με το παρακάτω τεχνικό φυλλάδιο [23]. Φυσικά, η επιλογή των πάνελ έγινε μετά από αυτοψία



BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-DE19

PRODUCT RANGE: 530-555W

555W+

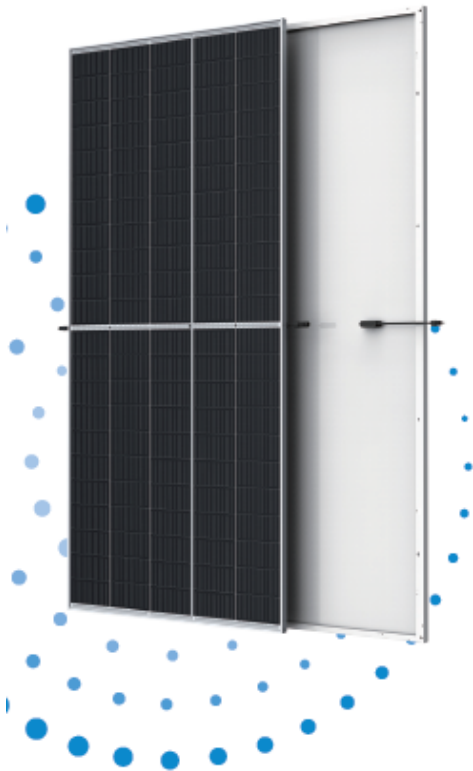
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

21.2%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation;
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment



High power up to 555W

- Up to 21.2% module efficiency with high density Interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

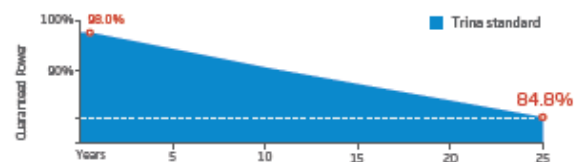
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low Irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature

Trina Solar's Backsheet Performance Warranty

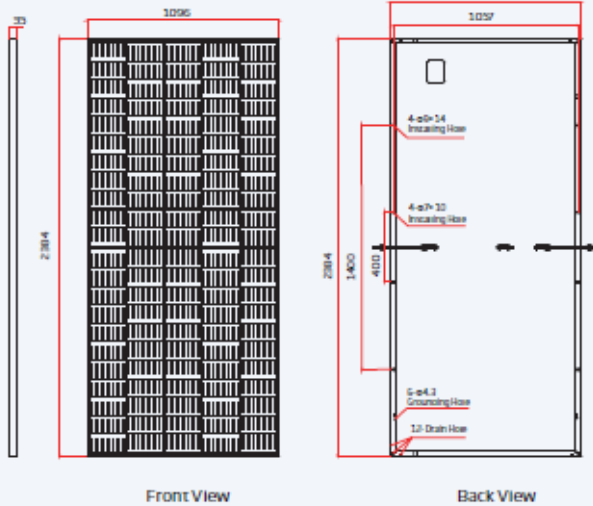


Comprehensive Products and System Certificates

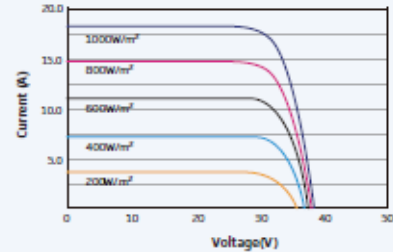


του χώρου και μετά από μετρήσεις διαστάσεων αυτού, για να καταλήξουμε στο εμβαδό το οποίο δύναται να προσδοθεί για εκμετάλλευση.

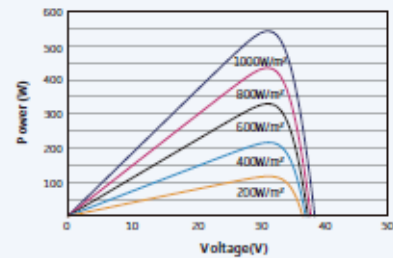
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(545 W)



P-V CURVES OF PV MODULE(545W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	530	535	540	545	550	555
Power Tolerance-P _{max} (W)	0 - +5					
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	17.21	17.28	17.33	17.37	17.40	17.45
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	18.31	18.36	18.41	18.47	18.52	18.56
Module Efficiency η_m (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P _{max} (Wp)	401	405	409	413	417	420
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	28.6	28.8	29.0	29.2	29.3	29.5
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	14.01	14.06	14.10	14.15	14.19	14.23
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	35.0	35.1	35.3	35.5	35.7	35.9
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	14.76	14.80	14.84	14.88	14.92	14.96

NOCT: Irradiance: 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	110 cells
Module Dimensions	2384-1096-35 mm (93.86-43.15-1.38 inches)
Weight	28.6 kg (63.1 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmittance, All Clauses Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2/ TS4*

*Please refer to regional datasheet for specific connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (ambient operating cell temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 620 pieces

Figure 3.2.2: Τεχνικό Φυλλάδιο Πλαισίου

Από το τεχνικό φυλλάδιο του φωτοβολταϊκού πλαισίου, μπορούμε να εξάγουμε πληθώρα πληροφοριών σχετικά με την κατασκευή και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Στην δεύτερη σελίδα, αρχικά παρατηρούμε το πλαίσιο από τις δύο όψεις του (εμπρός/πίσω), να διαβάσουμε τις διαστάσεις ύψους, μήκους, πάχους όπως επίσης και τις οπές όπου γειώνεται και γίνεται η σύνδεση των καλωδίων.

Στη δεξιά πλευρά της δεύτερης σελίδας παρατίθενται διαγράμματα του πλαισίου για πρότυπο πλαίσιο των 545W. Στο διάγραμμα ρεύματος – τάσης, διαβάζουμε για ποια τιμή ρεύματος έχουμε την αντίστοιχη τάση. Παρατηρείται πως όσο μικρότερο είναι το ρεύμα, τόσο μικρότερη είναι και η τάση, με την μέγιστη να φτάνει στα 38,1V όπου αντιστοιχεί στην τάση ανοιχτού κύκλωσης ή αλλιώς Voc.

Στο διάγραμμα ισχύος – τάσης κι εδώ για πρότυπο πλαίσιο των 545W, παρατηρείται η αύξηση της ισχύος όσο αυξάνεται η τάση, με μια peak τιμή τάσης η οποία είναι η βέλτιστη για την μέγιστη απόδοση του πλαισίου.

Τέλος, κάποια στοιχεία από τα μηχανικά δεδομένα του πάνελ όπως το βάρος και διαστάσεις, αριθμών κυψελών, τύπος γυαλιού, πλαισίου

3.1.1.1 NOCT και STC Συνθήκες

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του πλαισίου σε STC και NOCT συνθήκες. Υπάρχουν διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο συνθηκών, με το NOCT να χρησιμοποιείται έναντι του STC. Οι κανονικές συνθήκες δοκιμής (STC), είναι το σύνολο των συνθηκών υπό τις οποίες λαμβάνονται μετρήσεις από τα φωτοβολταϊκά πάνελ. Δεδομένου ότι η τάση και η μεταβολή του ρεύματος είναι συναρτήσεις της θερμοκρασίας και της έντασης του φωτός, μεταξύ άλλων φυσικών μεγεθών, όλα τα πάνελ δοκιμάζονται και μετρούνται σε ίδιες τιμές θερμοκρασίας, έντασης φωτός κ.ά. Κανονικές συνθήκες δοκιμής. Σε αυτές περιλαμβάνονται η θερμοκρασία των κυψελών και ο ρυθμός εκπομπής φωτεινής ενέργειας. Οι μετρήσεις σε NOCT συνθήκες ή αλλιώς κανονικές συνθήκες, από την άλλη μεριά, προσφέρουν μια πιο ρεαλιστική εικόνα για την συμπεριφορά των πάνελ στην πραγματικότητα. Οι NOCT συνθήκες συμπεριλαμβάνουν 800W/m² αντί των 1000W/m² των STC συνθηκών, η οποία είναι μια τιμή πιο κοντά στις συνθήκες μιας ημέρας με αραιή συννεφιά. Επίσης συμπεριλαμβάνουν την θερμοκρασία αέρα και όχι κυψέλης στους 20 βαθμούς Κελσίου, θεωρώντας πως το πάνελ ψύχεται από τον αέρα.

3.1.1.2 Τάση Ανοιχτού Κυκλώματος (Voc)

Η τάση ανοιχτού κυκλώματος (Voc) ορίζεται ως η τάση που εμφανίζεται στα άκρα των ακροδεκτών του πάνελ όταν δεν έχει συνδεθεί με κανένα φορτίο. Με την προαναφερθείσα συνθήκη, η παραγωγή ρεύματος είναι μηδενική. Η Voc, είναι σημαντικό μέγεθος καθώς είναι η μέγιστη τιμή τάσης που μπορεί να παράξει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο υπό κανονικές συνθήκες δοκιμής. Άρα, αυτή η τιμή τάσης καθορίζει πόσα πάνελ μπορούν να συνδεθούν σε σειρά με τον inverter (αντιστροφή).

3.1.1.3 Ρεύμα Βραχυκύκλωσης (Isc)

Το ρεύμα βραχυκύκλωσης εκφράζει πόσα ampere (A) παράγει το πάνελ όταν το (+) και το (-) του ακροδέκτη είναι συνδεδεμένοι, δηλαδή βραχυκυκλωμένοι. Αυτή είναι η μέγιστη τιμή ρεύματος που μπορεί να παράξει το πλαίσιο υπό STC.

3.1.1.4 Τάση Σημείου Μέγιστης Ισχύος (V_{mp})

Η V_{mp} , είναι η τάση του πάνελ τη στιγμή που προσφέρεται η μέγιστη δυνατή ισχύς. Είναι συνεπώς, η επιθυμητή τιμή στους ακροδέκτες των πάνελ όταν είναι υπό φορτίο υπό STC.

3.1.1.5 Ρεύμα Σημείου Μέγιστης Ισχύος (I_{mp})

Το I_{mp} είναι το ρεύμα σε (A) που διέρχεται από το πάνελ τη στιγμή που προσφέρει την μέγιστη δυνατή ισχύ. Συνεπώς, πρόκειται για το πραγματικό ρεύμα που επιθυμούμε να έχουμε όσο το πάνελ είναι συνδεδεμένο με κάποιον Inverter υπό STC.

3.1.2 Αντιστροφείς (Inverter)

Ο Αντιστροφέας ή μετατροπέας ή κοινώς Inverter ορίζεται ως το υποσύστημα εκείνο του φωτοβολταϊκού συστήματος που μετατρέπει την παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά DC τάση σε AC είτε προς άμεση χρήση, είτε προς έγχυση στο δημόσιο δίκτυο.

Στο έργο που μελετάμε, χρησιμοποιήθηκαν Inverter της εταιρίας SUNGROW, λόγω διαθεσιμότητας όπως έγινε αντιστοίχως με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Κι εδώ, θα μπορούσε κανείς να επιλέξει εξοπλισμό κατά βούληση, δίνοντας έμφαση στα τεχνικά χαρακτηριστικά ώστε να γίνει η καλύτερη δυνατή διαστασιολόγηση του συστήματος.

Το τεχνικό φυλλάδιο (datasheet) παρατίθεται παρακάτω και για τους δύο τύπους όπου έχουν επιλεγεί για το συγκεκριμένο έργο, ένας SG110CX κι ένας SG30CX των οποίων τα χαρακτηριστικά μπορούν να μελετηθούν από τα κάτωθι φυλλάδια [24].

SG110CX **New**

SUNGROW
Clean power for all

Multi-MPPT String Inverter for 1000 Vdc System



HIGH YIELD

- 9 MPPTs with max. efficiency 98.7%
- Compatible with bifacial module
- Built-in PID recovery function optional



EASY O&M

- Touch free commissioning and remote firmware upgrade
- Online IV curve scan and diagnosis
- Fuse free design with smart string current monitoring



LOW COST

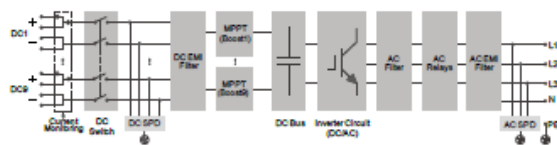
- Compatible with Al and Cu AC cables
- DC 2 in 1 connection enabled
- Q at night function



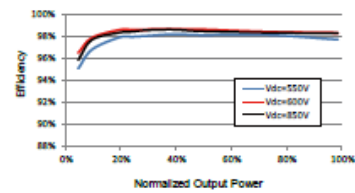
PROVEN SAFETY

- IP66 and C5 protection
- Type II SPD for both DC and AC
- Compliant with global safety and grid code

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



© 2019 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 1.2

Type designation	SG110CX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1100 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	200 V / 250 V
Nominal PV input voltage	585 V
MPP voltage range	200 – 1000 V
MPP voltage range for nominal power	550V – 850 V
No. of independent MPP inputs	9
Max. number of PV strings per MPPT	2
Max. PV input current	26 A * 9
Max. current for input connector	30 A
Max. DC short-circuit current	40 A * 9
Output (AC)	
AC output power	110 kVA @ 45 °C / 100 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	158.8 A
Nominal AC voltage	3 / N / PE, 400 V
AC voltage range	320 – 460 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	98.7 %
Euro. efficiency	98.5 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
PID recovery function	Optional
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1051*660*362.5 mm
Weight	85 kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C (> 50 °C derating)
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / Optional: Wi-Fi, Ethernet
DC connection type	MC4 (Max. 6 mm ²)
AC connection type	OT terminal (Max. 240 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50438, AS/NZS 4777.2:2015, CEI 0-21, VDE 0126-1-1/A1 VFR 2014, UTE C15-712-1:2013, DEWA
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control



Figure 3.2.2: Τεχνικό Φυλλάδιο Αντιστροφή

SG30CX Premium

Multi-MPPT String Inverter for 1000 Vdc System

AU



HIGH YIELD

- 3 MPPTs with max. efficiency 98.6%
- Compatible with bifacial module
- Built-in PID recovery function



SMART O&M

- Touch free commissioning and remote firmware upgrade
- Smart IV curve scanning *
- Fuse free design with smart string current monitoring



SAVED INVESTMENT

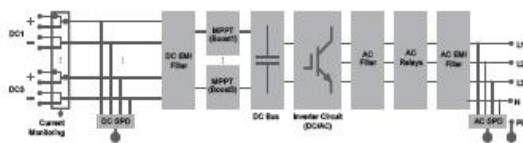
- Compatible with Al and Cu AC cables
- DC 2 in 1 connection enabled
- Cable free communication with optional WLAN



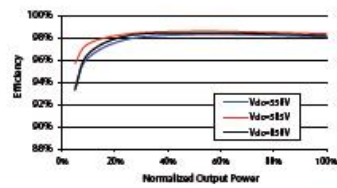
PROVEN SAFETY

- IP66 and C5 anti-corrosion grade
- Type II SPD for both DC and AC
- Satisfied global safety and grid code

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



© 2022 Sungrow Power Supply Co., Ltd. All rights reserved. Subject to change without notice. Version 11

Type designation	SG30CX
Input (DC)	
Recommended max. PV input power	45 kW
Max. PV input voltage	1100 V **
Min. PV input voltage / Start-up input voltage	200 V / 250 V
Rated PV input voltage	585V
MPP voltage range	200 – 1000 V
No. of independent MPP inputs	3
No. of PV strings per MPPT	2
Max. PV input current	78 A (26 A / 26 A / 26 A)
Max. DC short-circuit current	120 A (40 A / 40 A / 40 A)
Output (AC)	
Max. AC Output power	29.9 kVA
Rated AC output apparent power	29.9 kVA
Max. AC output current	48.15 A
Rated AC voltage	3 / N / PE, 230 / 400 V
AC voltage range	312 – 528 V
Rated grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
Harmonic (THD)	< 3 % (at rated power)
Power factor at rated power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3-PE
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	98.6 % / 98.3 %
Protection	
DC reverse polarity protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV string monitoring	Yes
Q at night function	Yes
PID recovery function	Yes
DC Terminal Protective Cover	Yes
Communication dongle (EyeM4)	Yes
Surge Protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	702 * 595 * 310 mm
Weight	50 kg
Topology	Transformerless
Degree of protection	IP66
Night power consumption	≤2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C (> 45 °C derating)
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / WLAN / Optional: Ethernet
DC connection type	MC4 (Max. 6 mm ²)
AC connection type	OT or DT terminal (Max.70 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61000-6-3, AS/NZS 4777.2:2020
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control
Country of manufacture	China

*: Only compatible with Sungrow Logger, EyeM4 and iSolarCloud

***: The inverter enters the standby state when the input voltage ranges between 1,000V and 1,100V. If the maximum DC voltage in the system can exceed 1000V, the MC4 connectors included in the scope of delivery must not be used. In this case MC4 Evo2 connectors must be used.

Figure 3.2 3: Τεχνικό Φυλλάδιο Αντιστροφή

Από το τεχνικό φυλλάδιο του inverter, όπως κι από κάθε τεχνικό φυλλάδιο, εξάγουμε πληθώρα πληροφοριών για το προϊόν.

Τα πιο χρήσιμα χαρακτηριστικά που μελετάμε όταν πρόκειται για την περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος είναι:

- Η ισχύς του inverter
- Η μέγιστη τάση που μπορεί να αντέξει
- Το εύρος τάσεων λειτουργίας (V_{mpp})
- Τον αριθμό mpp εισόδων
- Τον αριθμό strings ανά mpp είσοδο
- Την ευρωπαϊκή απόδοση

Σε συνδυασμό με το datasheet του πάνελ, μπορεί να γίνει η διαστασιολόγηση του inverter ακολουθώντας το παρακάτω συλλογισμό:

- Στόχος είναι να εγκατασταθεί φωτοβολταϊκό σύστημα X ισχύος. Το πάνελ που επιλέχθηκε έχει ισχύ A , άρα διαιρώντας την ισχύ X με της ισχύ του πάνελ A , εξάγω τον αριθμό πάνελ n που πρέπει να εγκατασταθούν. Αν αυτός ο αριθμός βγει δεκαδικός, συνήθως στρογγυλοποιούμε προς τα κάτω.
- Στη συνέχεια ελέγχω τον αριθμό mpp εισόδων που έχει ο inverter που έχω επιλέξει ώστε να δημιουργήσω τα string (πάνελ σε σειρά). Βασική προϋπόθεση είναι ο αριθμός των πάνελ ανά string να εξάγει τάση V_{mpp} τέτοια ώστε να ξεπερνά την ελάχιστη τάση του εύρους λειτουργίας του inverter και η V_{oc} να μην ξεπερνά την μέγιστη τάση του εύρους λειτουργίας του inverter.

3.2 Διαστασιολόγηση και Χωροθέτηση

Για την διαστασιολόγηση του εξοπλισμού θα ακολουθηθεί ο συλλογισμός, όπως αναφέρεται στο υποκεφάλαιο 3.1.2. Συγκεκριμένα, παρατίθεται ο πίνακας των υπολογισμών παρακάτω. Χρησιμοποιήθηκαν 2 inverter διαφορετικής ισχύος καθώς δεν υπήρχε ένας ώστε να καλύψει τα εγκατεστημένα 135 kW των φωτοβολταϊκών πάνελ. Συνεπώς επιλέχθηκαν ένας SG110CX κι ένας SG30CX με τα τεχνικά τους φυλλάδια να βρίσκονται στο υποκεφάλαιο 3.1.2.

Invrter	MPPT	Strings	Panels	Panel Power (W)	Power (W)	PDC/PAC
SUNGRO W SG110CX	1	1	23	540	12420	97%
		2	-	-	-	
	2	3	23	540	12420	
		4	-	-	-	
	3	5	23	540	12420	
		6	-	-	-	
	4	7	23	540	12420	
		8	-	-	-	

	5	9	23	540	12420	
		10	-	-	-	
	6	11	23	540	12420	
		12	-	-	-	
	7	13	24	540	12960	
		14	-	-	-	
	8	15	24	540	12960	
		16	-	-	-	
	9	17	12	540	6480	
18		-	-	-		
SUNGRO W SG30CX	1	1	12	540	6480	94%
		2	-	-	-	
	2	3	10	540	5400	
		4	10	540	5400	
	3	5	10	540	5400	
		6	10	540	5400	
Summary	-	-	250	-	135000	95%

Πίνακας 3: Πίνακας Διαστασιολόγησης Inverter

Ο παραπάνω πίνακας, δίνει στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των string ανά είσοδο (mpv), τον αριθμό των πάνελ ανά string, την ισχύ του πάνελ, και την συνολική ισχύ DC του string. Τέλος, παρατίθεται και ο λόγος ισχύος συνεχούς/εναλλασσόμενου, που δείχνει σε ποιο ποσοστό δουλεύει ο inverter με το εγκατεστημένο φορτίο. Δύναται αυτός λόγος να ξεπεράσει ελάχιστα το 100% ανά περιπτώσεις, καθώς δεν θεωρούμε πως δουλεύει πάντα σε πλήρες φορτίο.

Με την παραπάνω μελέτη και λαμβάνοντας υπόψη τα σχέδια της αυτοψίας, καταλήγουμε στην χωροθέτηση. Ο βέλτιστος προσανατολισμός των πάνελ είναι ο νότιος, οπότε σε κάθε περίπτωση θέλουμε το φωτοβολταϊκό σύστημα να έχει νότιο προσανατολισμό. Η κλίση των πάνελ, εξαρτάται άμεσα από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Τυπικά, επιλέγεται κλίση της τάξης των 10-15 μοιρών. Σε περίπτωση εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σε στέγη στην οποία δεν δύναται δυνατότητα επιλογής κλίσης ή υπερύψωσης, αυτό ακολουθεί την ρύση της στέγης.

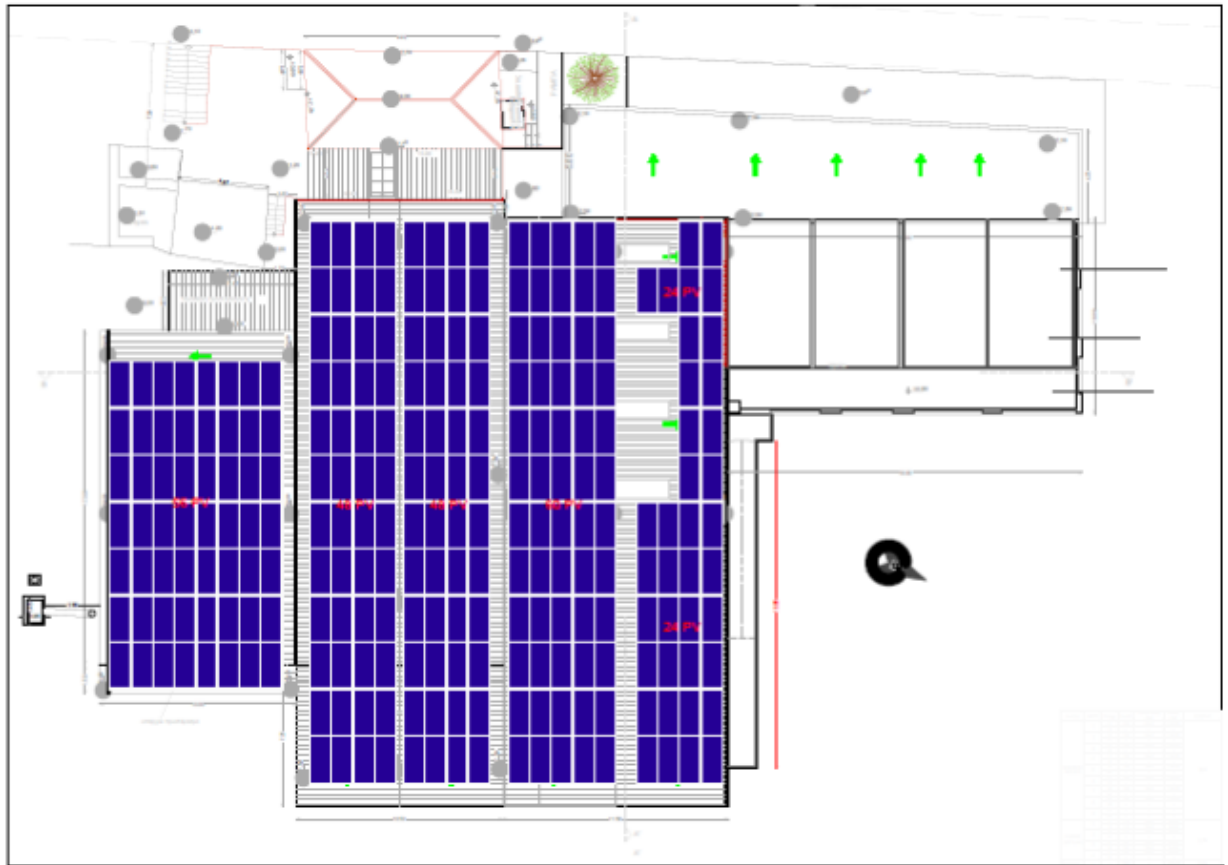


Figure 3.2.4: Χωροθέτηση

Στην τελική χωροθέτηση όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.4, φαίνεται πως έχει γίνει η πλήρης κάλυψη της επιφάνειας των στεγών της εγκατάστασης. Έχουν αποφευχθεί κάποια σημεία όπως π.χ. διαφώτιστα (εικόνα 3.2.5), τα οποία είναι κατασκευασμένα από υλικά όπως γυαλί, και δεν προσφέρουν την απαραίτητη δομική σταθερότητα ώστε να τοποθετηθούν επάνω τους πάνελ. Ακόμη, τα διαφώτιστα εξυπηρετούν σκοπούς φυσικού φωτισμού του εσωτερικού χώρου και αυτός είναι ένας ακόμη λόγος για την αποφυγή της κάλυψής τους.

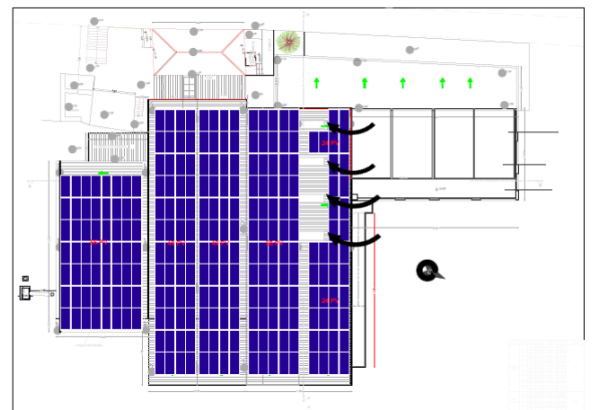


Figure 3.2.3: Διαφώτιστα Οροφής

3.2.1 Ενεργειακή Απολαβή Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Εφόσον έχει αποφασιστεί πως η ισχύς που πρόκειται να εγκατασταθεί είναι 135 kW και έχει γίνει η χωροθέτηση, υπάρχει πλήρης εικόνα για τον αριθμό, το τύπο και τον προσανατολισμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Έτσι, σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη την γεωγραφική θέση της εγκατάστασης, μέσω κατάλληλου λογισμικού[1], μπορεί να υπολογιστεί η ενεργειακή απολαβή του συστήματος. Να σημειωθεί πως επειδή υπάρχουν δύο διαφορετικοί προσανατολισμοί, η διαδικασία γίνεται δύο φορές και στο τέλος βγαίνει ο μέσος όρος της παραχθείσας ενέργειας ανά έτος.



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

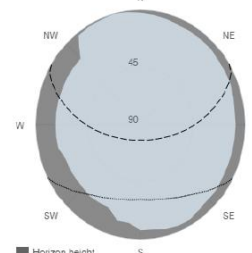
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 35.487,23.826
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 88.56 kWp
 System loss: 11 %

Simulation outputs

Slope angle: 6 °
 Azimuth angle: 111 °
 Yearly PV energy production: 116515.68 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1692.26 kWh/m²
 Year-to-year variability: 2947.53 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -3.11 %
 Spectral effects: 0.42 %
 Temperature and low irradiance: -10.22 %
 Total loss: -22.25 %

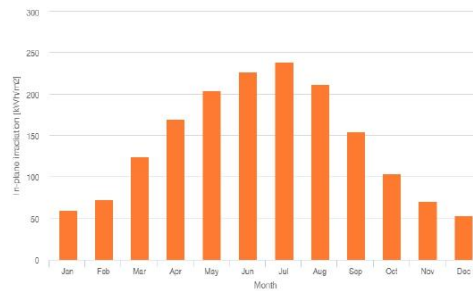
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	4374.3	60.4	522.8
February	5302.4	72.7	791.4
March	9010.9	124.7	864.1
April	12004.7	170.0	948.6
May	13958.5	203.9	699.7
June	15173.0	227.3	717.8
July	15774.0	238.7	496.5
August	14173.1	211.8	704.5
September	10638.9	154.8	621.4
October	7260.4	103.9	726.0
November	4991.0	70.1	683.4
December	3854.4	53.9	283.0

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission makes this website available for public access to information about its initiatives and European Union in general. It is not intended to be used for any other purpose. If errors are brought to our attention, we will try to correct them. However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

It is our goal to minimise disruption caused by technical errors. However, some data or information on this site may have been created or processed in files or formats that the software used to create them may not be able to read or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred at a host or using this site on any third external sites.

For more information, please visit http://ec.europa.eu/information_policy



PVGIS ©European Union, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2023/05/12

Figure 3.2.4: Ενεργειακή απολαγή για σύστημα με αζιμούδιο 111 μοίρες.



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

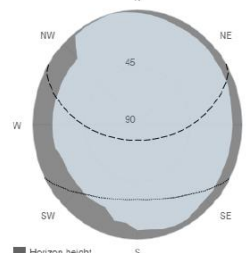
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 35.487,23.826
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 46.44 kWp
 System loss: 11 %

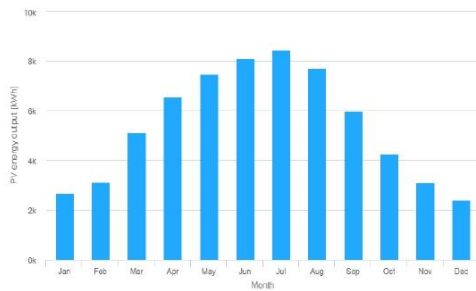
Simulation outputs

Slope angle: 6 °
 Azimuth angle: -21 °
 Yearly PV energy production: 64904.3 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1791.33 kWh/m²
 Year-to-year variability: 1677.16 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.72 %
 Spectral effects: 0.47 %
 Temperature and low irradiance: -10.31 %
 Total loss: -21.98 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	2687.5	69.4	357.2
February	3130.3	81.1	499.9
March	5110.4	134.7	491.5
April	6550.1	177.3	522.0
May	7481.2	208.9	378.8
June	8078.9	231.0	377.6
July	8440.2	243.8	276.4
August	7699.6	219.8	395.5
September	5982.9	166.1	360.6
October	4257.3	115.6	441.3
November	3080.2	81.1	466.1
December	2405.9	62.6	201.1

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
 H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
 SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

The European Commission maintains this website to a high level of accuracy. It is not responsible for any errors or omissions. It is not liable for any damage or loss of any kind, including but not limited to, direct or indirect, consequential or special damages, arising from the use of the information provided on this site.

It is our goal to maintain the highest level of accuracy. However, some data or information on this site may have been collected or processed in error or through third-party sources and we cannot guarantee that our services will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred at a user or using this site or any linked external sites.

For more information, please visit <http://ec.europa.eu/energy-environment>



PVGIS ©European Union, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2023/05/12

Figure 3.2.5: Ετήσια ενεργειακή απολαβή για σύστημα με αζιμούθιο -21 μοίρες.

Βάσει των παραπάνω αποτελεσμάτων συμπεραίνουμε πως η συνολική ενεργειακή απολαβή του συστήματος των 135kW ανέρχεται στις 90709,99 kWh/year.

3.3 Σύστημα Στήριξης

3.3.1. Είδη Συστημάτων Στήριξης

Τα είδη των συστημάτων στήριξης φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων διαφέρουν ανάλογα τον εξοπλισμό (τύπος πλαισίου), το μέρος το οποίο θα τοποθετηθεί το σύστημα λ.χ. επίπεδη οροφή από μπετό (συνήθως δώμα) ή κεκλιμένη, αγρός, κεραμοσκεπή, βιομηχανική στέγη, αν είναι κοντά ή όχι σε θάλασσα, οι ανεμοπιέσεις της περιοχή κ.ά.. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, οι ανάγκες των προαναφερθέντων διαφέρουν μεταξύ τους καθώς κάθε περίπτωση διαφέρει λόγω του υλικού στο οποίο θα γίνει η τοποθέτηση του συστήματος στήριξης. Στον παρόν έργο έχουν χρησιμοποιηθεί βάσεις κατάλληλες για βιομηχανικές οροφές, όμως θα γίνει μια σύντομη αναφορά στα παραπάνω είδη και στα χαρακτηριστικά τους.

3.3.1.1. Συστήματα Αγρού

Τα συστήματα αγρού χωρίζονται συνήθως σε μονοπάσσαλο ή διπάσσαλο σύστημα στήριξης. Τα μονοπάσσαλα συστήματα χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά υψηλή μηχανική αντοχή και αντίσταση στην διάβρωση, αντοχή σε μεγάλα φορτία χιονιού και ανέμου, και προτείνονται σε περιπτώσεις εδαφών με μεγάλη κλίση. Είναι κατάλληλα για πλαίσια διπλής όψεως (bifacial) και είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο ή και γαλβανισμένο χάλυβα όπου αποφεύγεται η γαλβανική διάβρωση και θεμελιώνονται με πασσαλόμπηξη [25].



Figure 3.2 6: Μονοπάσσαλο Σύστημα Στήριξης

Τα διπάσσαλα συστήματα στήριξης, έχουν επίσης εξαιρετική αντοχή και αντίσταση στην διάβρωση και διαθέτουν τα ίδια χαρακτηριστικά με τα μονοπάσσαλα συστήματα. Διαφέρουν στο κόστος, καθώς τα διπάσσαλα συστήματα αποτελούν μια πιο οικονομική λύση, και τέλος μπορούν να εγκατασταθούν σε μαλακά εδάφη, πέραν των θεμελιώσεων σκυροδέματος [25].



Figure 3.2 7: Διπάσσαλο Σύστημα Στήριξης

3.3.1.2. Συστήματα Βιομηχανικής Οροφής

Τα συστήματα στήριξης βιομηχανικής στέγης, τοποθετούνται σε αυλακωτές και επίπεδες μεταλλικές / με πάνελ πολυουρεθάνης οροφές, με το σύστημα να τοποθετείται παράλληλα στην οροφή ή με αλλαγή κλίσης. Είναι φτιαγμένα από αλουμίνιο, ανοξείδωτο χάλυβα (INOX) ή γαλβανισμένα. Ο συγκεκριμένος τύπος στήριξης έχει ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης, και εύκολη εγκατάσταση [25].



Figure 3.2 8: Βιομηχανικό Σύστημα Στήριξης

3.3.1.3. Συστήματα Στήριξης για Οροφές – Κεραμοσκεπές

Στα συστήματα στήριξης για οροφές και κεραμοσκεπές υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης της κατασκευής, δυνατότητα προσθήκης επιπλέον εξοπλισμού στην κύρια κατασκευή κ.ά.. Για της κεραμοσκεπές, η αγκύρωση γίνεται με γάντζο σταθερό ή ρυθμιζόμενο, αλλά και με ντιζοστρίφωνα ανάλογα με την ιδιαιτερότητα του κάθε έργου [25].



Figure 3.2 9: Σύστημα Στήριξης Κεραμοσκεπής

3.4 Ενεργοποίηση Σύνδεσης Φωτοβολταϊκού Συστήματος

3.4.1 Αίτηση Ενεργοποίησης

Για την ενεργοποίηση του ΦΒ συστήματος απαιτείται μια σειρά από δικαιολογητικά, ώστε αυτή τελικά να πραγματοποιηθεί.

Ο ενδιαφερόμενος υποβάλλει μέσω της πλατφόρμας του ΔΕΔΔΗΕ ape.deddie.gr, τα παρακάτω για την αίτηση ενεργοποίησης του σταθμού:

- Τεχνικά εγχειρίδια εξοπλισμού και οι πιστοποιήσεις αυτών
- Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο υπογεγραμμένο από τον υπεύθυνο μηχανικό
- ΥΔΕ ηλεκτρολόγου μηχανικού, που συμπεριλαμβάνει την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού
- Υπεύθυνες δηλώσεις αυτοπαραγωγού και μηχανικού, που δηλώνουν ότι η εγκατάσταση έχει γίνει σύμφωνα με τους όρους της σύμβασης σύνδεσης
- Σύμβαση ενεργειακού συμψηφισμού από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας

3.4.2 Σύνδεση ΦΒ στο Εθνικό Δίκτυο

Ο Φωτοβολταϊκός σταθμός συνδέεται μέσω της υφιστάμενης παροχής της εγκατάστασης, στο δίκτυο. Ο αυτοπαραγωγός θα πρέπει να μεριμνήσει για την δυνατότητα εγκατάστασης του απαιτούμενου μετρητή απορριφθείσας – εγχυθείσας ενέργειας. Επίσης θα πρέπει ο

αυτοπαραγωγός να μεριμνήσει για την εγκατάσταση μετρητή παραγωγής που θα αποτελέσει μέρος της εσωτερικής ηλεκτρικής της εγκατάστασης.

Σε υφιστάμενες μονοφασικές παροχές Χαμηλής Τάσης η ισχύς του Φ/Β συστήματος δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 5kWp. Για μεγαλύτερη ισχύ Φ/Β συστήματος απαιτείται η επαύξηση της παροχής με μετατροπή σε τριφασική.

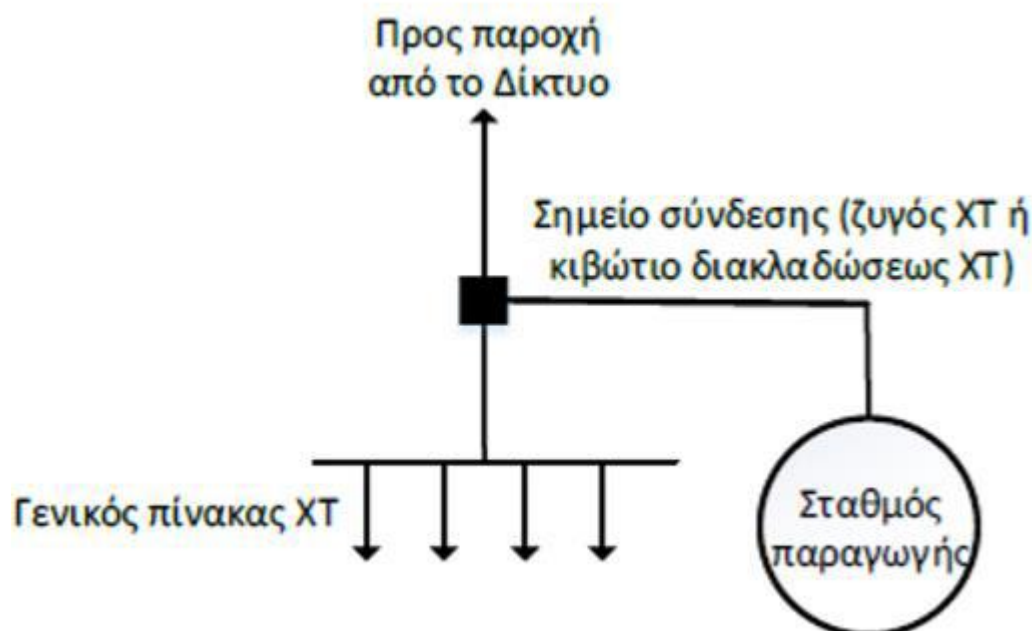


Figure 3.2 10: Σημείο Σύνδεσης ΦΒ [26]

3.4.3 Μετρητική Διάταξη - Τοπολογία Συνδέσεων

Για την υλοποίηση των συνδέσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς με ενεργειακό συμψηφισμό στο Δίκτυο ΧΤ απαιτείται αφενός η καταγραφή της απορροφημένης και εγχεόμενης από και προς το Δίκτυο ενέργειας μέσω ενός μετρητή (εφεξής Μετρητής 2) διπλής κατεύθυνσης-καταγραφής (εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας) και αφετέρου η καταγραφή της παραγόμενης από το ΦΒ σύστημα ενέργειας μέσω ενός πιστοποιημένου δεύτερου μετρητή (εφεξής Μετρητής 1). Για τον σκοπό αυτό, εφόσον ο υφιστάμενος μετρητής της εγκατάστασης κατανάλωσης δεν διαθέτει ήδη τη δυνατότητα αυτή, αντικαθίσταται με νέο μετρητή διπλής κατεύθυνσης – καταγραφής από τον ΔΕΔΔΗΕ. Η εγκατάσταση του μετρητή παραγωγής υλοποιείται από τον αυτοπαραγωγό. Η τοπολογία των συνδέσεων διακρίνεται στο παρακάτω σχήμα.

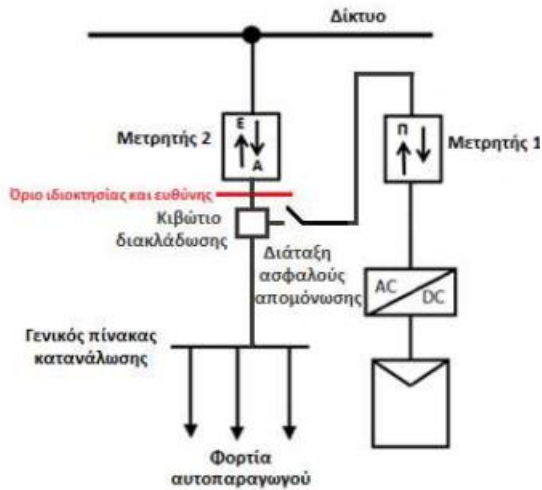


Figure 3.2 11: Τοπολογία Συνδέσεων Μετρητικών Διατάξεων

- Μετρητής 1: Μετρητική Διάταξη παραγωγής του ΦΒ συστήματος που εγκαθιστά ο αυτοπαραγωγός εντός της εσωτερικής ηλεκτρικής του εγκατάστασης, δικής του ιδιοκτησίας και ευθύνης
- Μετρητής 2: Μετρητική διάταξη εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας που εγκαθιστά ο ΔΕΔΔΗΕ στο Όριο Δικτύου/Χρήστη
- Κιβώτιο Διακλάδωσης: Κιβώτιο διακλάδωσης που εγκαθιστά ο αυτοπαραγωγός σε σημείο της γραμμής Πίνακα-Μετρητή 2
- Διάταξη Ασφαλούς Απομόνωσης: Διάταξη ασφαλούς απομόνωσης της παραγωγής του ΦΒ που εγκαθιστά ο αυτοπαραγωγός

Όπως φαίνεται και στο σχήμα, το ΦΒ σύστημα δεν συνδέεται στον γενικό πίνακα ΧΤ της εγκατάστασης του αυτοπαραγωγού αλλά σε σημείο στα ανάντη αυτού, εις τρόπον ώστε η τροφοδότηση του γενικού πίνακα κατανάλωσης να γίνεται κατά την ίδια φορά από το Δίκτυο και από το ΦΒ σύστημα.

Η σύνδεσή του υλοποιείται μέσω κιβωτίου διακλάδωσης (ΚΔ) που τοποθετείται σε σημείο της γραμμής πίνακα-μετρητή πριν τον γενικό πίνακα της εγκατάστασης κατανάλωσης και κατά το δυνατόν πλησίον στον μετρητή που βρίσκεται στο Όριο Δικτύου/Χρήστη (Μετρητής 2). Ταυτόχρονα, ο αυτοπαραγωγός εγκαθιστά διάταξη ασφαλούς απομόνωσης πλησίον του ΚΔ προς την πλευρά της παραγωγής, ώστε να είναι δυνατή η πλήρης απομόνωση της παραγωγής από το Δίκτυο και η παράλληλη απρόσκοπτη λειτουργία των εγκαταστάσεων κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού σε περιπτώσεις συντήρησης του κλάδου παραγωγής [27].

3.4.4 Χώρος Εγκατάστασης Μετρητικής Διάταξης

Η μετρητική διάταξη παραγωγής (Μετρητής 1) εγκαθίσταται σε χώρο ασφαλή, κατά κανόνα ακριβώς δίπλα ή πλησίον του Μετρητή 2 και σε σημείο ελεύθερα και αυτοδυνάμως προσβάσιμο από το τεχνικό προσωπικό του ΔΕΔΔΗΕ. Στις περιπτώσεις που ο Μετρητής 2 έχει ενταχθεί ή πρόκειται να ενταχθεί στην τηλεμέτρηση είναι δυνατή η εγκατάσταση της

μετρητικής διάταξης παραγωγής σε απόσταση από το μετρητή του ΔΕΔΔΗΕ, υπό την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η προσβασιμότητα στο χώρο για το τεχνικό προσωπικό του ΔΕΔΔΗΕ, όποτε απαιτείται. Σημειώνεται ότι, ακόμα και αν ο Μετρητής 2 δεν έχει ενταχθεί στην τηλεμέτρηση ούτε έχει προγραμματιστεί η ένταξή του σε αυτή, ο ΔΕΔΔΗΕ δύναται κατά την κρίση του να απαιτεί την ένταξη των δύο μετρητών του αυτοπαραγωγού στην τηλεμέτρηση, οπότε και ο αυτοπαραγωγός είναι υπεύθυνος για την προμήθεια και εγκατάσταση του παρελκόμενου τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού.

Ο χώρος εγκατάστασης της μετρητικής διάταξης πρέπει να πληροί τις εξής απαιτήσεις:

1. Οι μετρητικές διατάξεις δεν θα πρέπει να τοποθετούνται σε χώρους υγρούς ή σε χώρους που θερμαίνονται υπερβολικά, ή σε διαδρόμους όπου υπάρχει κίνδυνος να προσκρούσουν επάνω τους μεταφερόμενα αντικείμενα.
2. Ο χώρος πρέπει να φωτίζεται και να αερίζεται καλά, να είναι εύκολα προσπελάσιμος τόσο για την λήψη των ενδείξεων, όσο και για την πραγματοποίηση διακοπής τροφοδοτήσεως της εγκατάστασης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης (πυρκαγιά κλπ).
3. Πρέπει να εξασφαλιστεί διάδρομος με πλάτος τουλάχιστον 1,20 m και ύψος 2,20 m (επιθυμητό ύψος 2,40 m). Όταν οι μετρητές τοποθετούνται σε εσοχή επιτρέπεται κατ' εξαίρεση πλάτος διαδρόμου 1 m.
4. Ο τοίχος στον οποίο εγκαθίσταται η μετρητική διάταξη πρέπει να είναι κατασκευασμένος από τούβλα, συμπαγής, πάχους τουλάχιστον 15 cm ή από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 10 cm. Το οπλισμένο σκυρόδεμα δεν πρέπει να είναι ανεξάρτητο τμήμα αλλά να είναι καλά συνδεδεμένο με το σκελετό του κτιρίου.
5. Η στήριξη της μετρητικής διάταξης δεν πρέπει να γίνεται σε ξυλοκατασκευή, ούτε σε τοίχο που ανήκει στο φρεάτιο του ανελκυστήρα.

Η ακριβής θέση της μετρητικής διάταξης προσδιορίζεται κατόπιν συνεννόησης με την αρμόδια τοπική μονάδα του ΔΕΔΔΗΕ. Ο αυτοπαραγωγός έχει την ευθύνη διαφύλαξης και τήρησης σε καλή κατάσταση των οργάνων μέτρησης και προστασίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Οι χώροι μετρητικών διατάξεων διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες, δηλαδή σε αυτές όπου υφίσταται συστάδα μετρητών ΔΕΔΔΗΕ (πχ πολυκατοικίες) και σε αυτές όπου υφίσταται μια μεμονωμένη παροχή (με έναν ή περισσότερους μετρητές, π.χ. κατασκευή από σκυρόδεμα με στυλίσκο).

- Μετρητής παραγωγής σε συστάδες (π.χ. σε πολυκατοικίες) Για τις συνήθεις περιπτώσεις συστάδων σε πολυκατοικίες, όπου στεγάζονται μετρητές καταναλωτών οικιακής χρήσεως, ο μετρητής παραγωγής θα εγκαθίσταται στο χώρο που βρίσκεται και η συστάδα. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξασφαλίζεται η είσοδος του προσωπικού του ΔΕΔΔΗΕ οποιαδήποτε ώρα της ημέρας.
- Μετρητής παραγωγής σε μεμονωμένες παροχές (π.χ. κατασκευή από σκυρόδεμα με στυλίσκο) Σε περιπτώσεις μεμονωμένων παροχών (μη τηλεμετρούμενων) ο μετρητής παραγωγής μαζί με το κιβώτιο διακλάδωσης και το μέσο απόζευξης θα τοποθετούνται ακριβώς δίπλα στον μετρητή ΔΕΔΔΗΕ (Μετρητής 2) σε υποδομή που θα κατασκευαστεί κατάλληλα από τον αυτοπαραγωγό [27].

Κεφάλαιο 4: Σχολιασμός – Παρατηρήσεις

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) και συγκεκριμένα τα φωτοβολταϊκά που είναι και πρωταγωνιστής της παρούσας εργασίας, αποτελούν μια πηγή ενέργειας κυρίως φιλική προς το περιβάλλον και δευτερευόντως στην οικονομία του ιδιώτη και μακροσκοπικά του κράτους.

Στο σενάριο του ενεργειακού συμψηφισμού που μελετήθηκε, δεδομένου του υψηλού ποσοστού ηλιοφάνειας στην χώρα μας και άρα της υψηλής απόδοσης των φωτοβολταϊκών, καταλήγουμε στην προτίμηση της εφαρμογής του ενεργειακού συμψηφισμού. Η απόσβεση του συστήματος γίνεται σε μικρότερο χρόνο λόγω της μείωσης τιμών εξοπλισμού και από την ημέρα της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού ο αυτοπαραγωγός δεν θα κληθεί ξανά να πληρώσει την ενέργεια που καταναλώνει. Να σημειωθεί πως είναι σημαντικά πιο κερδοφόρο για βιομηχανίες, ξενοδοχεία και εγκαταστάσεις οι οποίες καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας διότι η ζήτηση σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις είναι αρκετά αυξημένη. Ισχύει πως, όσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση τόσο μεγαλύτερη είναι η εξοικονόμηση.

Για τους καταναλωτές μικρού ενεργειακού φορτίου ο συμψηφισμός δεν θεωρείται ιδιαίτερα επικερδής, κυρίως λόγω του χρόνου απόσβεσης και των μικρών καταναλώσεων ρεύματος που κατέχουν. Έτσι, όσο πιο μικρή η κατανάλωση, τόσο μικρότερο και το φωτοβολταϊκό το οποίο θα εγκατασταθεί και τελικά καθιστά την περίοδο απόσβεσης μεγάλη. Η απόσβεση του κόστους απόκτησης του συστήματος γίνεται, κατά κανόνα, μέσα σε 8 χρόνια και για την περίοδο μέχρι τα 25 έτη ο συμψηφισμός με την ενέργεια που καταναλώνεται αποτελεί κέρδος για τον καταναλωτή, του οποίου οι καταναλώσεις είναι αυξημένες.

Σε κάθε περίπτωση όμως, το ενεργειακό αποτύπωμα όσων χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών τους, μειώνεται δραματικά, και επιφέρει οφέλη σε όλα τα επίπεδα.

Βιβλιογραφία

1. IEA. *Global Energy Report*. 2020; Available from: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>.
2. ΟΗΕ, *Σύνοψη των Στοιχείων για την Κλιματική Αλλαγή*. 2014.
3. Ε.Ε., *Ανάλυση της Κλιματικής Πολιτικής για το 2020: Πρόσδος προς τους στόχους του 2030 και των μακροπρόθεσμων στόχων της ΕΕ για το 2050*". 2020.
4. IEA (2019), G.E.C.S.R., IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>, License: CC BY 4.0.
5. Pantelias, A.V.G., *The EU Emissions Trading System in Crisis-Ridden Greece: Climate under Neoliberalism*. SAGE journals, 2020.
6. Μαρίνος, Π., *ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΥΜΨΗΦΙΣΜΟΣ*, in *ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*. 2020, ΕΛΜΕΠΑ.
7. Antonia V. Herzog, T.E.L., Daniel M. Kammen, *RENEWABLE ENERGY SOURCES*. 2001: EOLSS.
8. IRENA, *Renewable Power Generation Costs in 2018*. 2019.
9. *Utility-Scale Wind and Solar Build in the United States: An Empirical Assessment of Transmission Needs, Cost, and CO2 Emissions*. 2019: Lawrence Berkeley National Laboratory.
10. Sage, E.; Available from: <https://www.energysage.com/solar/>.
11. Energy, U.S.D.o. *The History of Solar*. Available from: https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf.
12. Instruments, I.S. *Photovoltaic Cells - Generating Electricity*. Available from: <https://www.imagesco.com/articles/photovoltaic/photovoltaic-pg4.html>.
13. Φραγκιαδάης, Ι.Ε., *Φωτοβολταϊκά Συστήματα*. 4η ΈΚΔΟΣΗ ed. 2019: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ.
14. EnergySage. *Net Metering Explained*. Available from: <https://www.energysage.com/solar/101/net-metering-explained/>.
15. ; Available from: <https://www.amna.gr/home/article/476030/Energeiakos-symphesimos-energias-l-epomeni-mera-gia-tin-agera-energias-tis-Elladas>.
16. ΕΛΣΤΑΤ, *Παραγωγή Ενέργειας κατά Πηγή και Κατανάλωση Ενέργειας ανά Τομέα*. 2021.
17. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Υ.Π.Κ., *Ενεργειακή Στρατηγική της Ελλάδας προς το 2030*. 2021.
18. ΠΕΑΚΩ. Available from: www.peako.gr.
19. Ενέργειας, Υ.Π.κ.; Available from: www.ypeka.gr.
20. ΟΠΕΚΕΠΕ. Available from: <https://www.opekepe.gr/el/proboli-drason/energiaki-oikonomia-kai-anaptyxi/energiaki-anaptyxi.html>.
21. ΔΑΠΕΕΠ. Available from: www.dapeep.gr.
22. ΡΑΕ. Available from: www.rae.gr.
23. TRINA-SOLAR. Available from: https://www.trinasolar.com/en-gb/VertexNgclid=Cj0KCQjwocShBhCOARIsAFVYq0jBBbKLejggY_aRFFFIImCEbPT0vHKBXd2WQQy6J840a2UJ2zHF53t0aAmzfEALw_wcB
24. SUNGROW. Available from: <https://en.sungrowpower.com/>
25. ΜΕΤΑΛΟΥΜΙΝ. Available from: <https://metaloumin.gr/photovoltaik-mount-systems/>.
26. ΔΕΔΔΗΕ. Available from: www.deddie.gr.

27. ΔΕΔΔΗΕ, *Τεχνικό Εγχειρίδιο για την εγκατάσταση της μετρητικής διάταξης παραγωγής στις εσωτερικές εγκαταστάσεις αυτοπαραγωγών με ενεργειακό συμψηφισμό (net metering).*

Uncategorized References

1. EU, *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM.*