

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΠΜΣ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΝΟΣ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
(NET METERING) ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΠΑΝΕΛ ΣΕ ΚΤΙΡΙΟ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΙΑΠΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΜ:7517022

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΝΤΑΦΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Περίληψη

Η συγκεκριμένη έρευνα μελετάει και αναλύει το περιεχόμενο και τα αποτελέσματα μιας σύγχρονης τεχνολογίας ενεργειακής παραγωγής, αυτήν των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η έρευνα ξεκινάει εισάγοντας τον αναγνώστη στο περιεχόμενο και των φωτοβολταϊκών συστημάτων, αναφέροντας την ιστορική αναδρομή της τεχνολογίας, τους διαφορετικούς τύπους που υπάρχουν σήμερα και τις εφαρμογές των συστημάτων αυτών. Στην συνέχεια, αναλύεται τόσο το σημερινό νομικό πλαίσιο των συστημάτων, καθώς και οι σημαντικότεροι παράμετροι οι οποίοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στην βελτιστοποίηση των συστημάτων αυτών. Επιπλέον, η έρευνα υποστηρίζεται από μια ανάλυση περίπτωσης εφαρμογής φωτοβολταϊκών συστημάτων σε συγκεκριμένο κτίριο. Χρήσιμα συμπεράσματα αναφέρονται στο τέλος της έρευνας.

Abstract

This research studies and analyzes the content and results of a modern energy production technology, that of photovoltaic systems. The research begins by introducing the reader to the content and photovoltaic systems, reporting on the historical background of the technology, the different types that exist today, and the applications of these systems. Then, we analyze both the current legal framework of the systems and the most important parameters that play a key role in optimizing these systems. In addition, the research is supported by a case analysis of photovoltaic systems in a particular building. Useful conclusions are listed at the end of the survey.

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	4
2.	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	6
2.1.	Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	6
2.1.1.	Ιστορική Αναδρομή.....	6
2.1.2.	Φωτοβολταϊκή Ενέργεια.....	7
2.1.3.	Δημιουργία Φωτορεύματος.....	12
2.1.4.	Διαφορετικοί Τύποι.....	15
2.1.5.	Εφαρμογές.....	19
2.1.6.	Υλικά και Σχέδια Κατασκευής.....	28
2.2.	Εφαρμογή σε Κτίρια.....	32
2.2.1.	Νομικά Πλαίσια.....	34
2.2.2.	Εφαρμογή στις Προσόψεις Κτιρίων.....	39
2.3.	Μελέτη και Βελτιστοποίηση Παραμέτρων.....	40
2.3.1.	Ενεργειακή Βελτιστοποίηση.....	40
2.3.2.	Οικονομική Βελτιστοποίηση.....	45
2.4.	Η Αυτοπαραγωγή με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net-metering).....	48
2.5.	Εφαρμογή Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων από Αυτοπαραγωγούς με Ενεργειακό Συμψηφισμό.....	51
2.6.	Απαιτήσεις για τη Σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος με το Δίκτυο.....	52
3.	Μεθοδολογία.....	54
4.	Ανάλυση Περίπτωσης.....	55
5.	Συμπεράσματα.....	62
6.	Βιβλιογραφία.....	64

1. Εισαγωγή

Σήμερα, οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν την κρίση της εξάντλησης της ενέργειας. Οι μη ανανεώσιμοι πόροι είναι όλο και λιγότεροι και το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας συνοδεύεται από ρύπανση. Με την επιδείνωση του περιβάλλοντος διαβίωσης και την αύξηση της ζήτησης της ενέργειας, οι άνθρωποι πρέπει να βρουν και να χρησιμοποιήσουν κάποια νέα ενέργεια, όπως αιολική, παλιρροϊκή, ηλιακή και ούτω καθεξής με την πιο δημοφιλή νέα ενέργεια να είναι η ηλιακή ενέργεια. Υπάρχουν πολλοί τρόποι χρήσης της ηλιακής ενέργειας, και αυτή η εργασία σχετίζεται με τον τρόπο χρήσης της ηλιακής ακτινοβολίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η εργασία αυτή θα εισαγάγει την αρχή της ηλιακής φωτοβολταϊκής, τη σύνθεση και λειτουργία του ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος, τη συντήρηση του ηλιακού φωτοβολταϊκού συστήματος και το υπόβαθρο της χρήσης ηλιακής ενέργειας στον κόσμο.

Η ηλιακή ενέργεια γενικά αναφέρεται στην ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Η κύρια μορφή χρήσης της ηλιακής ενέργειας είναι η φωτοθερμική μετατροπή της ηλιακής ενέργειας, η φωτοβολταϊκή και η φωτοχημική μετατροπή. Σε γενικές γραμμές, η ηλιακή ενέργεια είναι οι πόροι πολλών ενεργειών, για παράδειγμα, η αιολική ενέργεια, η χημική ενέργεια, η δυναμική ενέργεια του νερού και άλλες μορφές που μετατρέπονται όλα από την ηλιακή ενέργεια. Ορισμένες κύριες μέθοδοι χρήσης ηλιακής ενέργειας είναι οι ηλιακές κυψέλες, η μετατροπή της φωτοηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια στην ηλεκτρική ενέργεια, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, η χρήση ηλιακής θερμότητας για τη θέρμανση του νερού και η χρήση της παραγωγής ζεστού νερού. Η ηλιακή ενέργεια είναι αρκετά καθαρή, δεν προκαλεί ρύπανση το ποσοστό χρήσης είναι υψηλό, και δεν υπάρχει περιορισμός αυτής της υπόθεσης, η οποία καθορίζει όλα τα πλεονεκτήματα του αναντικατάστατου ρόλου της στον κύκλο εργασιών της ενέργειας. Παράλληλα με την κοινωνική πρόοδο και την κοινωνική ανάπτυξη, η ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας είναι όλο και πιο επιτακτική και η παραγωγή ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας ως νέα ανανεώσιμη ενέργεια χρειάζεται όλο και περισσότερες επενδύσεις στην έρευνα και την εφαρμογή.

Από τη δεκαετία του 1980, η ηλιακή φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας είναι μία από τις ταχύτερα αναπτυσσόμενες τεχνολογικές βιομηχανίες. Ο λογαριασμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου το 80% της παγκόσμιας φωτοβολταϊκής δυναμικότητας στην Ιαπωνία, την ΕΕ και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Με την επιδείνωση του περιβάλλοντος διαβίωσης και την εξάντληση της ενέργειας, οι άνθρωποι έπρεπε να αναπτύξουν νέες πηγές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή, εάν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με λογικό τρόπο. Η ανθρώπινη κοινωνία θα επιτύχει πρόοδο σε άλματα και δεν θα επιβαρύνει το περιβάλλον με τη χρήση της.

Η ενέργεια αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο της ανθρώπινης ζωής για την πρόοδο στις αστικές και οικονομικές δραστηριότητες. Ωστόσο, το σημερινό ενεργειακό σύστημα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ορυκτά καύσιμα που προκαλούν ανησυχίες σχετικά με τους φυσικούς πόρους και τα περιβαλλοντικά ζητήματα. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προτείνει μια βιώσιμη προσέγγιση για πολλές χώρες που επιθυμούν να ελέγξουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) και να διαφοροποιήσουν το ενεργειακό μίγμα τους στο τέλος της εποχής του φθηνού πετρελαίου.

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά (PV) συστήματα που μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια είναι εφικτά στις περισσότερες περιοχές του κόσμου. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι μια ιδανική πηγή ενέργειας για την αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τους άφθονους άμεσους ηλιακούς πόρους και σημαντικές δυνατότητες για την απάλυνση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, η αποκεντρωμένη διακοπτόμενη πηγή ενέργειας φωτοβολταϊκών δεν είναι ακόμη οικονομικά βιώσιμη σε σύγκριση με άλλους ενεργειακούς πόρους, προκαλώντας πολλή συζήτηση σχετικά με την ολοκλήρωση του ενεργειακού συστήματος, τη διαχείριση του δικτύου, τη δημιουργία ζήτησης και τις χρήσεις. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξή του βασίζεται κυρίως στην υποστήριξη του κοινού.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν επιδείξει ταχεία ανάπτυξη όσον αφορά τη σωρευτική εγκατεστημένη ισχύ του κόσμου, αυξάνοντας από 1,2 GW το 2000 σε 100 GW το 2012. Η Ευρώπη έχει αναλάβει ηγετικό ρόλο σε αυτή την πρόοδο, αντιπροσωπεύοντας περισσότερες από τις μισές παγκόσμιες εγκαταστάσεις από το 2007. Από τα μέσα της δεκαετίας του 2000 η αύξηση της ζήτησης σύμφωνα με τις πολιτικές ενισχύσεις στην Ευρώπη έχει προσελκύσει τους κινέζους στην αγορά

παραγωγής φωτοβολταϊκών. Η κινεζική παραγωγή αυξήθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα και περισσότερα από το 50% των παγκόσμιων ηλιακών συλλεκτών παρήχθησαν στην Κίνα το 2011. Οι τιμές των ηλιακών φωτοβολταϊκών μονάδων μειώθηκαν από περίπου 3,7 / Wp το 2000 σε λιγότερο από \$ 1 / Wp το 2012.

Τον τελευταίο καιρό, όμως, η παγκόσμια ύφεση έχει προκαλέσει μείωση της ευρωπαϊκής ζήτησης και ως εκ τούτου η αγορά έχει επιβραδυνθεί. Επιπλέον, τα αναδρομικά μέτρα απειλούν συνεχώς τη σταθερότητα και τη βιωσιμότητα της υφιστάμενης αγοράς φωτοβολταϊκών σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες. Δυστυχώς, η ταχεία επέκταση της αγοράς της Κίνας με βάση τη μαζική παραγωγή έχει προκαλέσει απροσδόκητα αποτελέσματα με υπερπροσφορά Φ / Β υλικών και εξοπλισμού σε μια παγκόσμια αγορά. Ως εκ τούτου, η αγορά των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων αποσταθεροποιήθηκε από τα υπερβολικά αποθέματα και τα αυξημένα επιχειρηματικά ελλείμματα στον τομέα των φωτοβολταϊκών, σε συνδυασμό με την ευρωπαϊκή οικονομική κρίση. Πολλές επιχειρήσεις με αυτού του είδους στον κόσμο έχουν έκτοτε περάσει σε πτώχευση.

Ένα πράγμα που πρέπει να παρατηρηθεί είναι ότι η εξάντληση της ενέργειας και η περιβαλλοντική ρύπανση είναι επικείμενη. Η ανθρωπότητα πρέπει να λάβει μια απόφαση. Θα πρέπει να μειώσει την εξάρτηση από τα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα και να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προς όφελος του μέλλοντος της ανθρωπότητας.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα

2.1.1. Ιστορική Αναδρομή

Η νέα ενεργειακή τεχνολογία είναι ένας από τους πέντε τομείς της παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης με την πιο καθοριστική δύναμη στον 21ο αιώνα. Η ηλιακή ενέργεια είναι μια καθαρή, αποτελεσματική και αιώνια νέα ενέργεια. Στη νέα πραγματικότητα, οι κυβερνήσεις θα χρησιμοποιήσουν τους πόρους της ηλιακής ενέργειας ως εθνική στρατηγική αειφόρου ανάπτυξης. Η παραγωγή φωτοβολταϊκής

ενέργειας είναι ασφαλής και αξιόπιστη, δεν έχει θόρυβο, δεν προκαλεί ρύπανση, είναι λιγότερο περιορισμένη, έχει χαμηλό ποσοστό αποτυχίας, έχει εύκολη συντήρηση κλπ. Στο τεράστιο και ψυχρό δυτικό τμήμα της Κίνας, κάτω από τις συνθήκες του ποικίλου και διάσπαρτου εδάφους, έχει πολλά αποτελέσματα. Σε αυτές τις περιοχές, οι ρεαλιστικές συνθήκες είναι σχετικά φτωχές και η οικονομική κατάσταση δεν είναι επίσης καλή. Μπορεί να διευκολυνθεί η εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας ηλιακών φωτοβολταϊκών σταθμών σε αυτές τις ποικίλες εκτάσεις και μπορεί να παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια στους ανθρώπους που ζουν εκεί για την καθημερινότητά τους. Η φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας αποτελεί μία από τις κυριότερες μορφές χρήσης της ηλιακής ενέργειας. Η ερευνητική εργασία σε εργαστήριο νέων ηλιακών κυττάρων έχει ευδοκιμήσει σε όλο τον κόσμο. Τα τελευταία χρόνια, η Κίνα έχει αποκτήσει ταχεία ανάπτυξη της ηλιακής φωτοβολταϊκής γενιάς. Ο λογαριασμός των ηλιακών κυψελών πυριτίου έφθασε το 27% του κόσμου το 2007, με την παραγωγικότητα να είναι το νούμερο ένα στον κόσμο (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Η τεχνολογία της ηλιακής φωτοκολλητικής αναπτύσσεται γρήγορα. Η απόδοση των ηλιακών κυψελίδων αυξάνεται διαρκώς. Η απόδοση των ηλιακών κυψελών μονοκρυσταλλικού πυριτίου έφθασε το 24,7% το 2007, αλλά στη δεκαετία του 1950 η αποδοτικότητα ήταν μόλις 6%. Πρόκειται για τεράστια πρόοδο και η αποδοτικότητα των ηλιακών κυττάρων των επιχειρήσεων έχει φτάσει το 16-22%. Η αποτελεσματικότητα των ηλιακών κυψελών της πολυσιλικόλιον ανέρχεται στο 15-18%. Ταυτόχρονα με τη συνεχή ανάπτυξη του πυριτίου κρυσταλλίνης, το άμορφο πυρίτιο, το CdTe, το CuInGaSe και άλλες τεχνολογίες ηλιακών κυψελών λεπτού υμενίου είχαν ταχεία ανάπτυξη και έχουν ένα ορισμένο μερίδιο (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

2.1.2. Φωτοβολταϊκή Ενέργεια

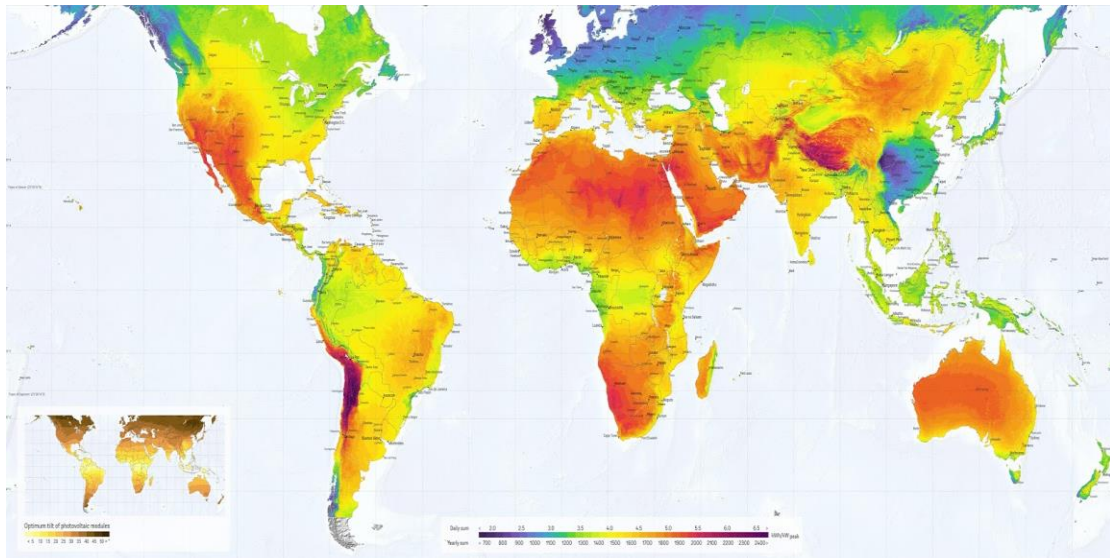
Η Γη λαμβάνει μια απίστευτη προσφορά ηλιακής ενέργειας. Ο ήλιος, ένας μέσος αστέρας, είναι ένας αντιδραστήρας σύντηξης που έχει καεί πάνω από 4 δισεκατομμύρια χρόνια. Παρέχει αρκετή ενέργεια σε ένα λεπτό για να τροφοδοτήσει τις ενεργειακές ανάγκες του κόσμου για ένα χρόνο. Σε μια μέρα, παρέχει περισσότερη ενέργεια από ό,τι θα καταναλώσει ο σημερινός μας πληθυσμός σε 27 χρόνια. Στην πραγματικότητα,

"Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που χτυπά τη γη σε μια περίοδο τριών ημερών είναι ισοδύναμη με την ενέργεια που αποθηκεύεται σε όλες τις πηγές ενέργειας από ορυκτές πηγές". Η ηλιακή ενέργεια είναι ένας ελεύθερος, ανεξάντλητος πόρος, όμως η αξιοποίησή του είναι μια σχετικά νέα ιδέα. Θεωρώντας ότι τα πρώτα πρακτικά ηλιακά κύτταρα έγιναν πριν από 30 χρόνια, έχουμε προχωρήσει πολύ. Η παράταση των ηλιακών επαγγελματικών εταιρειών που σχεδιάζουν μοναδικά και συγκεκριμένα συστήματα ηλιακής ενέργειας για μεμονωμένα σπίτια σημαίνει ότι δεν υπάρχει πια δικαιολογία να μην λαμβάνει κάποιος υπόψη την ηλιακή ενέργεια για το σπίτι του. Τα μεγαλύτερα άλματα στην αποδοτικότητα ήρθαν με την εμφάνιση του τρανζίστορ και της συνοδευτικής τεχνολογίας ημιαγωγών. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα της φωτοβολταϊκής ηλιακής ενέργειας που την καθιστά μία από τις πιο ελπιδοφόρες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στον κόσμο, χωρίς κινητά εξαρτήματα που θα μπορούσαν να υποβαθμιστούν και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση ενώ δεν έχουν εποπτεία και έχουν διάρκεια ζωής 20-30 χρόνια με χαμηλό κόστος λειτουργίας. Είναι επίσης ιδιαίτερα μοναδικά γιατί δεν απαιτείται εγκατάσταση μεγάλης κλίμακας. Η ηλιακή ενέργεια είναι η πιο επιθυμητή ενέργεια σήμερα στις αναπτυσσόμενες χώρες διότι ο ήλιος χτυπά στη γη, κάνοντας την ηλιακή ενέργεια την προφανή επιλογή ενέργειας. Οι κυβερνήσεις βρίσκουν τον αρθρωτό και αποκεντρωμένο χαρακτήρα τους ιδανικό για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών των χιλιάδων απομακρυσμένων χωριών στις χώρες τους. Είναι πολύ πιο πρακτικό από την επέκταση των δαπανηρών γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου οι άνθρωποι δεν έχουν τα χρήματα για να πληρώσουν για τη συμβατική ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχουν μόνο δύο κύρια μειονεκτήματα στη χρήση της ηλιακής ενέργειας: ποσότητα ηλιακού φωτός και κόστος εξοπλισμού. Το ποσό του ηλιακού φωτός που λαμβάνει μια τοποθεσία ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τη γεωγραφική θέση, την ώρα της ημέρας, την εποχή και τα σύννεφα (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

Το ηλιακό φως μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρισμό είτε απευθείας χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά (PV) πάνελ, είτε έμμεσα χρησιμοποιώντας ηλιακούς συλλέκτες και μετατρέποντας την θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, στην κατασκευή ολοκληρωμένων συστημάτων, τα φωτοβολταϊκά είναι η μόνη βιώσιμη επιλογή για την παραγωγή ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα μπορούν να χωριστούν σε ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά (BIPV) συστήματα και στην κατασκευή προσαρμοσμένων φωτοβολταϊκών συστημάτων (BAPV). Η διαφορά είναι ότι τα

συστήματα BIPV ενσωματώνονται απευθείας στα στοιχεία στέγης ή πρόσοψης του κτιρίου, ενώ τα συστήματα BAPV είναι τοποθετημένα πάνω στις δομικές κατασκευές. Και οι δύο τύποι συστημάτων λειτουργούν ομοίως και επομένως συζητούνται μαζί σε αυτή την εργασία και αναφέρονται ως BIPV. Τα συστήματα BIPV αντιστοιχούσαν περίπου στο 1% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος φωτοβολταϊκών μονάδων το 2013. Το μερίδιο των φωτοβολταϊκών συστημάτων εκτός δικτύου ήταν επίσης χαμηλό, το οποίο ήταν άλλο 1% του συνόλου. Το υπόλοιπο της εγκατεστημένης ισχύος (~ 98%) εγκαθίσταται σε μεγάλες μονάδες παραγωγής φωτοβολταϊκών σε δίκτυο (Patlitzianas et al., 2015).

Εδώ είναι μια εικόνα της περιοχής διανομής της ενέργειας του κόσμου:



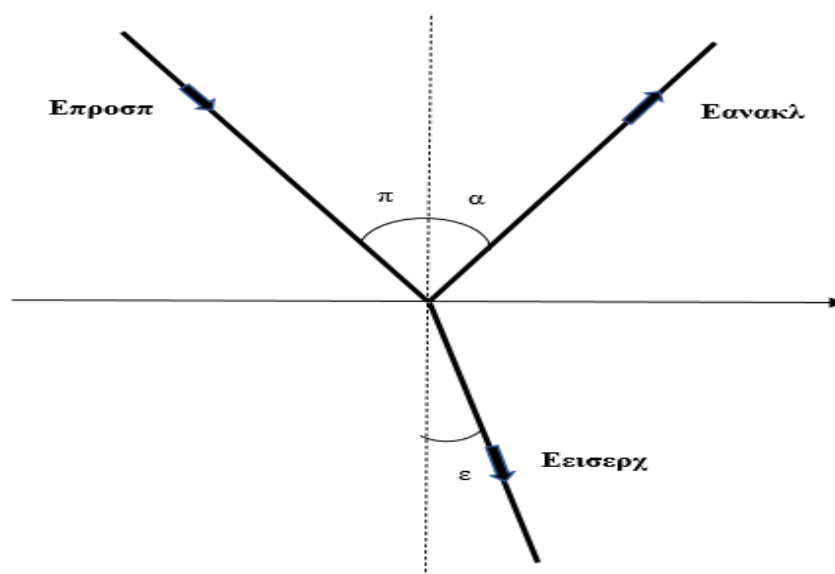
Εικόνα 1: Διανομή ενέργειας ανά τον κόσμο. (πηγή: Patlitzianas et al)

Πρέπει επίσης να γνωρίζουμε την περιοχή διανομής της ενέργειας στον κόσμο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, υπάρχουν κάποια χρώματα στην εικόνα. Οι κόκκινες περιοχές έχουν αρκετό πόρο ηλιακής ενέργειας, αλλά σε αυτές τις περιοχές με ανοιχτόχρωμο χρώμα, η ηλιακή ενέργεια δεν είναι καλή για τα ηλιακά φωτοβολταϊκά. Η τιμή της ακτινοβολούμενης ισχύος που εκπέμπεται στο διάστημα από τον ήλιο είναι $3,8 * 10^{23}$ kW και μόνο ένα από τα 2 δισεκατομμύρια κιλοβάτ αυτής της ενέργειας μπορεί να φτάσει στην ατμόσφαιρα της Γης. Εν τω μεταξύ, το 30% της ισχύος που φτάνει στην ατμόσφαιρα θα αντανακλάται και το 23% θα απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Μόνο το 47% μπορεί να φτάσει στην επιφάνεια της Γης, η ισχύς είναι $8,0 * 10^{13}$ kW. Σημαίνει ότι η ισχύς από τον ήλιο σε 1 δευτερόλεπτο είναι ισοδύναμη με την καύση πέντε εκατομμυρίων τόνων άνθρακα. Η κατανάλωση ενέργειας από τη συνολική

παγκόσμια ανθρώπινη ετήσια έκθεση είναι περίπου 40 λεπτά ηλιακής φωτεινής έκθεσης στη γήινη επιφάνεια.

Οι καλύτερες περιοχές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της διάρκειας της ηλιοφάνειας στον κόσμο περιλαμβάνουν τη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή, το Μεξικό και τις νοτιοδυτικές Ηνωμένες Πολιτείες, τη Νότια Ευρώπη, την Αυστραλία, τη Νότια Αφρική, τη Νότια Αμερική, την Ανατολική και Δυτική Ακτή και τις δυτικές περιοχές της Κίνας (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

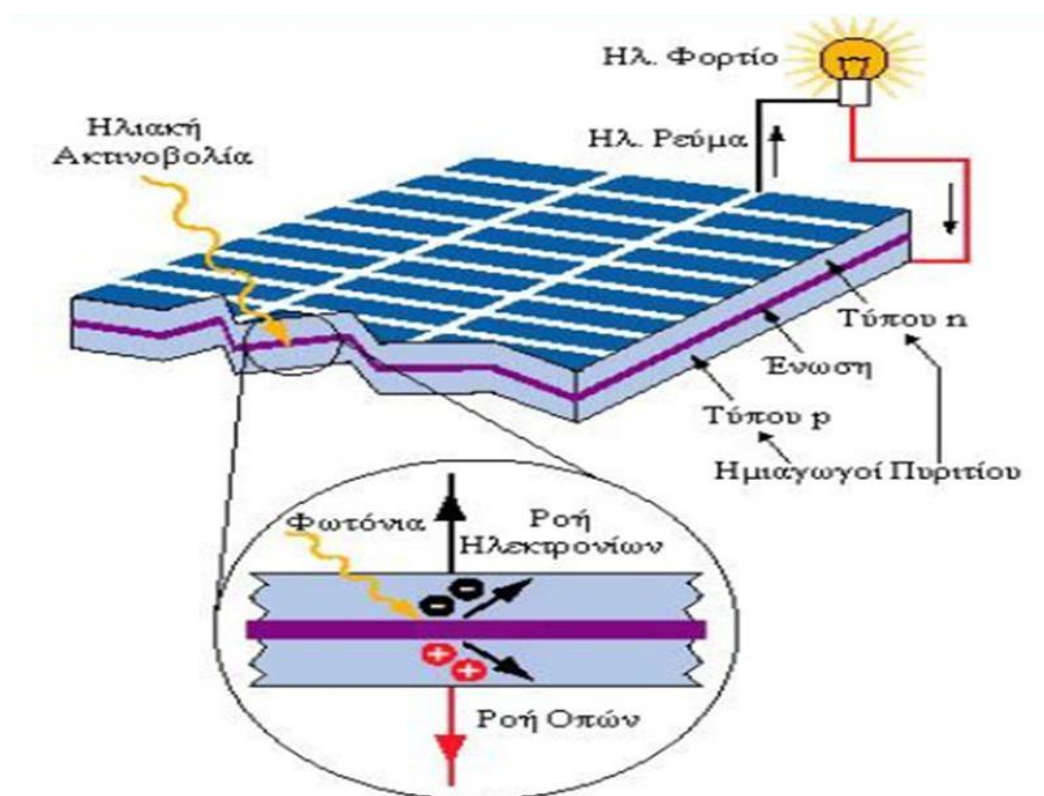
Η φωτοβολταϊκή παραγωγή ενέργειας είναι μια τεχνολογία με τη χρήση φωτοβολταϊκού αποτελέσματος της διεπαφής ημιαγωγού και την αλλαγή της φωτεινής ενέργειας απευθείας στην ηλεκτρική ενέργεια. Τα ηλιακά στοιχεία αποτελούν το σημαντικότερο στοιχείο κλειδί αυτής της τεχνολογίας. Μετά από μια σειρά από ηλιακά κύτταρα η ενθυλακωμένη προστασία, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μεγάλο τμήμα ηλιακών στοιχείων κυψέλης, σε συνδυασμό με τον ελεγκτή ισχύος και άλλα συστατικά για να σχηματίσουν μια συσκευή φωτοβολταϊκού συστήματος.



Εικόνα 2: Απεικόνιση προσπίπτουσας ακτίνας

Αν το φως λάμπει στα ηλιακά κύτταρα και απορροφάται από τη διεπαφή με κάποιο ημιαγωγό, το φωτόνιο που έχει αρκετή ενέργεια μπορεί να διεγείρει το ηλεκτρόνιο από το ομοιοπολικό μεταξύ του τύπου P και του πυριτίου Ntype για να παράγει οπές ηλεκτρονίων. Πριν από το σύμπλεγμα ηλεκτρονίων και οπών ηλεκτρονίων που είναι κοντά στο στρώμα διεπαφής του ημιαγωγού, θα διαχωριστούν το ένα από το άλλο από το ηλεκτρικό πεδίο του διαστημικού φορτίου. Το ηλεκτρόνιο θα μετακινηθεί στην

περιοχή N που είναι με θετική ηλεκτρική ενέργεια και η οπή ηλεκτρονίων θα μετακινηθεί στην περιοχή που είναι με αρνητικό ηλεκτρισμό. Με το διαχωρισμό φορτίου του στρώματος διασύνδεσης ημιαγωγού, θα παράγει μια τάση μεταξύ της περιοχής P και της περιοχής N. Για κρυσταλλικά ηλιακά κύτταρα πυριτίου, μια τυπική τιμή τάσης ανοικτού κυκλώματος είναι 0.5 ~ 0.6V. Όσο περισσότερη οπή ηλεκτρονίων παράγεται στη διεπαφή ημιαγωγού, το ηλεκτρικό ρεύμα θα είναι μεγαλύτερο. Όσο περισσότερη ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τη διεπαφή ημιαγωγού και όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των ηλιακών κυψελών, το ηλεκτρικό ρεύμα θα είναι μεγαλύτερο όταν λειτουργεί το σύστημα (Patlitzianas et al., 2015).



Εικόνα 3: Αναπαράσταση φωτοβολταϊκού φαινομένου(πηγη:ΔΕΗ 2017)

Η ηλιακή ενέργεια είναι ένας τύπος ακτινοβολούμενης ενέργειας. Μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας μετατροπείς ενέργειας. Ο μετατροπέας είναι ένα ηλιακό στοιχείο. Θα παράγει νέα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών όταν το φως λάμψει στον κόμβο P-N του ημιαγωγού, υπό τη λειτουργία του ηλεκτρικού πεδίου στον κόμβο P-N, η οπή ηλεκτρονίων θα ρέει στη ζώνη P από τη ζώνη N και τα ηλεκτρόνια θα ρέουν στη ζώνη N από την ζώνη P και παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα αφού

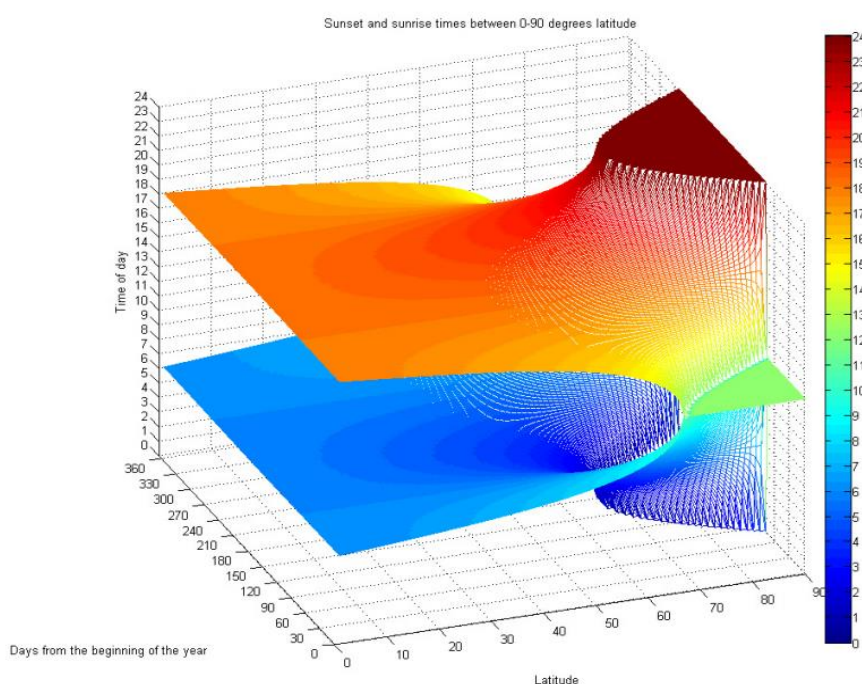
συνδεθεί με το κύκλωμα. Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών φωτοβολταϊκών, τύπου φωτός-θερμότητας-ηλεκτρικής ενέργειας και άμεσης φωτεινής-ηλεκτρικής ενέργειας (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

2.1.3. Δημιουργία Φωτορεύματος

Τα ηλιακά κύτταρα ονομάζονται συνήθως μετά από το ημιαγωγικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται. Αυτά τα υλικά πρέπει να έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά για να απορροφούν το ηλιακό φως. Ορισμένα κελιά έχουν σχεδιαστεί για να χειρίζονται το φως του ήλιου που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, ενώ άλλα έχουν βελτιστοποιηθεί για χρήση στο διάστημα. Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να κατασκευαστούν από μία μόνο στρώση υλικού απορρόφησης φωτός (μονή σύνδεση) ή να χρησιμοποιούν πολλαπλές φυσικές διαμορφώσεις (πολλαπλές διασταυρώσεις) για να επωφεληθούν από διάφορους μηχανισμούς απορρόφησης και διαχωρισμού φορτίου. Τα ηλιακά κύτταρα μπορούν να ταξινομηθούν σε κύτταρα πρώτης, δεύτερης και τρίτης γενιάς. Τα κύτταρα της πρώτης γενιάς που ονομάζονται επίσης συμβατικά, παραδοσιακά ή με βάση πλακίδια κατασκευάζονται από κρυσταλλικό πυρίτιο. Η εμπορικά επικρατούσα τεχνολογία φωτοβολταϊκών περιλαμβάνει υλικά όπως το πολυκρυσταλλικό και το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Τα κύτταρα δεύτερης γενιάς είναι ηλιακά κύτταρα λεπτής μεμβράνης, τα οποία περιλαμβάνουν στοιχεία άμορφου πυριτίου, CdTe και CIGS και είναι εμπορικά σημαντικά σε φωτοβολταϊκούς σταθμούς κοινής ωφέλειας, ενσωματωμένες φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις ή σε μικρά αυτόνομα συστήματα ισχύος. Η τρίτη γενιά ηλιακών κυψελών περιλαμβάνει μια σειρά τεχνολογιών λεπτού υμενίου που συχνά περιγράφονται ως αναδυόμενες φωτοβολταϊκές τεχνολογίες και οι περισσότερες από αυτές δεν έχουν ακόμη εφαρμοστεί εμπορικά ενώ βρίσκονται ακόμη στη φάση έρευνας ή ανάπτυξης. Πολλοί χρησιμοποιούν οργανικά υλικά, συχνά οργανομεταλλικές ενώσεις καθώς και ανόργανες ουσίες. Παρά το γεγονός ότι η αποτελεσματικότητά τους ήταν χαμηλή και η σταθερότητα του απορροφητικού υλικού ήταν συχνά πολύ σύντομη για εμπορικές εφαρμογές, υπάρχει μεγάλη έρευνα που επενδύεται σε αυτές τις τεχνολογίες, καθώς υπόσχονται να επιτύχουν το στόχο της παραγωγής χαμηλού κόστους, υψηλής απόδοσης ηλιακά κύτταρα (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

Τα πάνελ "πρώτης γενιάς" περιλαμβάνουν ηλιακά κύτταρα πυριτίου. Είναι κατασκευασμένα από ένα μόνο κρύσταλλο πυριτίου (μονοκρυσταλλικά) ή κομμένα από ένα μπλοκ πυριτίου που αποτελείται από πολλούς κρυστάλλους (πολυκρυσταλλικούς). Τα ηλιακά κύτταρα λεπτής μεμβράνης "δεύτερης γενιάς" είναι λιγότερο δαπανηρά για την παραγωγή από τα παραδοσιακά ηλιακά κύτταρα πυριτίου, καθώς απαιτούν μειωμένη ποσότητα υλικών για κατασκευή. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα λεπτής μεμβράνης είναι, όπως υπονοεί και το όνομα, μια φυσικά λεπτή τεχνολογία που έχει εφαρμοστεί στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις. Είναι μόνο ελαφρώς λιγότερο αποδοτικοί από άλλους τύπους, αλλά χρειάζονται περισσότερη επιφάνεια για να παράγουν την ίδια ποσότητα ενέργειας.

Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι τεράστια, περίπου 10000 φορές μεγαλύτερη από την τρέχουσα παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Η συνολική παγκόσμια ζήτηση ενέργειας θα μπορούσε να εκπληρωθεί αν το 0,4% της συνολικής έκτασης της γης καλύπτεται από φωτοβολταϊκά κύτταρα που λειτουργούν με απόδοση μετατροπής 10%. Η διαθέσιμη ηλιοφάνεια ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, την ώρα της ημέρας και τον καιρό. Ειδικά στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, οι εποχιακές μεταβολές στα ποσά των παγετώνων είναι μεγάλες (Gan Peck and ZhiDong, 2015).



Εικόνα 4: Διαθέσιμη ηλιοφάνεια ανά ώρες της ημέρας

Η ηλιοφάνεια και η ανατολή κατά τη διάρκεια του έτους στα γεωγραφικά πλάτη 0-90° N. Η ανώτερη καμπύλη (Κόκκινο πορτοκαλί) αντιπροσωπεύει το χρόνο ηλιοβασιλέματος και η κατώτερη καμπύλη (μπλε) αντιπροσωπεύει το χρόνο ανατολής. Ο Ήλιος βρίσκεται ανάμεσα σε αυτές τις δύο καμπύλες. Η επίπεδη πράσινη περιοχή αντιπροσωπεύει την πολική νύχτα όταν ο ήλιος δεν ανεβαίνει καθόλου ο ορίζοντας και η κόκκινη επίπεδη περιοχή αντιπροσωπεύει την ώρα του ηλιόλουστου ηλίου, όταν ο ήλιος είναι πάνω από τον ορίζοντα όλο το εικοσιτετράωρο. Κοντά στον ισημερινό οι ηλιακοί πόροι είναι σχεδόν σταθεροί σχεδόν όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ στις πολικές περιοχές υπάρχει άφθονη ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και σχεδόν καθόλου το χειμώνα, καθώς ο ήλιος παραμένει κάτω από τον ορίζοντα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Επιπλέον, το χειμώνα οι ηλιακές αποδόσεις συχνά μειώνονται επειδή το χιόνι καλύπτει τα ηλιακά πάνελ, ειδικά εάν τα πάνελ έχουν κλίση (Patlitzianas et al., 2015).

Η ηλιακή φωτοβολταϊκή είναι ήδη σήμερα μια χαμηλού κόστους τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια θα είναι σύντομα η φθηνότερη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλές περιοχές του κόσμου. Ανάλογα με την ετήσια ηλιοφάνεια, το κόστος ενέργειας από 3,5-4,4 € / kWh αναμένεται το 2025, φθάνοντας τα 1,7-3,5 € / kWh μέχρι το 2050. Η ισχύς που παράγεται από την ηλιακή φωτοβολταϊκή, γνωστή εδώ και πολύ καιρό ως μία από τις πιο ακριβές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι σήμερα ανταγωνιστική από πλευράς κόστους τόσο με την αιολική ενέργεια όσο και με την ενέργεια που παράγεται από τα ορυκτά καύσιμα στον κόσμο. Μια συμφωνία αγοράς ενέργειας για ένα φωτοβολταϊκό πάρκο 200 MW στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (Ντουμπάι) υπογράφηκε πρόσφατα για 4,4 € / kWh (5,84 \$ ct / kWh). Τα έργα που βρίσκονται υπό κατασκευή στη Βραζιλία, την Ουρουγουάη και άλλες χώρες αναφέρθηκε ότι παράγουν με κόστος κάτω από 6,2 € / kWh.

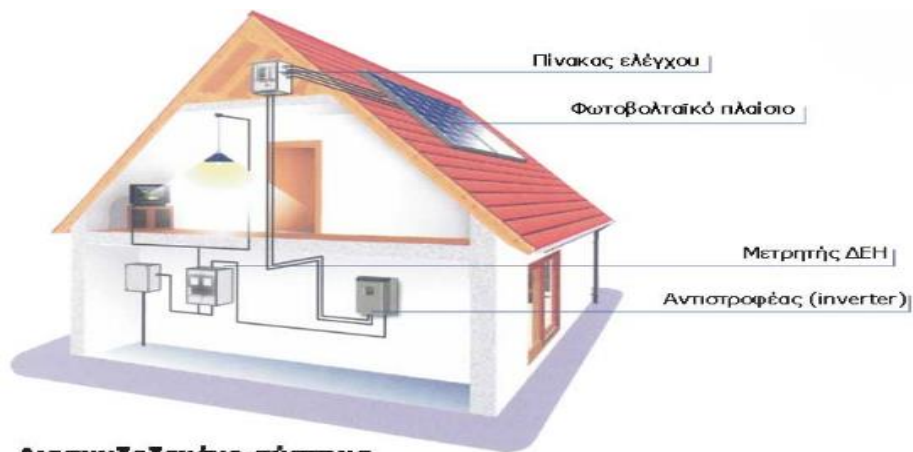
Η ηλιακή ενέργεια είναι ευρέως διαθέσιμη σε ολόκληρο τον κόσμο και μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από εισαγωγές ενέργειας. Η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια δεν περιλαμβάνει εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά τη λειτουργία και δεν εκπέμπει άλλους ρύπους (όπως οξείδια θείου και αζώτου). Επιπλέον, δεν καταναλώνει καθόλου ή λίγο νερό. Η φωτοβολταϊκή βιομηχανία παρουσίασε μια αλλαγή στη θάλασσα σε μόλις πέντε χρόνια, με σημαντική αύξηση των παραγωγικών δυνατοτήτων. Οι τιμές αγοράς μειώθηκαν δραστικά κατά πέντε

μονάδες για μονάδες, και σχεδόν τρεις για τα συστήματα. Ο παγκόσμιος συντελεστής ετήσιας νέας χωρητικότητας, η οποία ήταν 7 GW το 2009, ήταν 5 φορές υψηλότερος το 2013 (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

2.1.4. Διαφορετικοί Τύποι

Τα συστήματα φωτοβολταϊκής ενέργειας ταξινομούνται γενικά σύμφωνα με τις λειτουργικές και επιχειρησιακές απαιτήσεις τους, τις συνιστώσες των εξαρτημάτων τους και τον τρόπο με τον οποίο ο εξοπλισμός συνδέεται με άλλες πηγές ενέργειας και ηλεκτρικά φορτία. Οι δύο κύριες ταξινομήσεις είναι δικτυωμένα ή αλληλεπιδραστικά συστήματα και αυτόνομα συστήματα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν παροχή συνεχούς ρεύματος ή και εναλλασσόμενου ρεύματος, να λειτουργούν διασυνδεδεμένα ή ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο και μπορούν να συνδέονται με άλλες πηγές ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

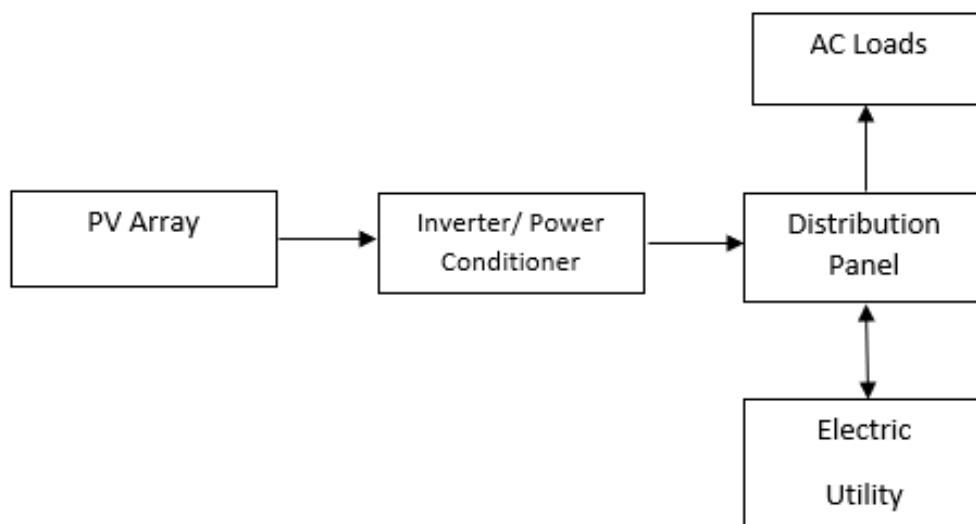
Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο ή με βοηθητικές εφαρμογές είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν παράλληλα και να διασυνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το κύριο συστατικό των φωτοβολταϊκών συστημάτων που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο είναι ο μετατροπέας ή η μονάδα κλιματισμού (PCU). Η PCU μετατρέπει την ισχύ συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια σε ισχύ εναλλασσόμενου ρεύματος σύμφωνα με τις απαιτήσεις ποιότητας και τάσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας και διακόπτει αυτόματα την τροφοδοσία του δικτύου όταν δεν ενεργοποιείται το ηλεκτρικό δίκτυο. Διεξάγεται μια αμφίδρομη διεπαφή μεταξύ των κυκλωμάτων εξόδου AC φωτοβολταϊκού συστήματος και του ηλεκτρικού δικτύου κοινής ωφέλειας, συνήθως σε έναν πίνακα διανομής επί τόπου ή στην είσοδο υπηρεσίας. (Gan Peck and ZhiDong, 2015).



Διασυνδεδεμένο σύστημα
(ανταλλάσσει ενέργεια με το δίκτυο της ΔΕΗ)

Εικόνα 5: Διασυνδεδεμένο σύστημα κατοικίας (Πηγή: Όμιλος Εταιριών AVMap 2015)

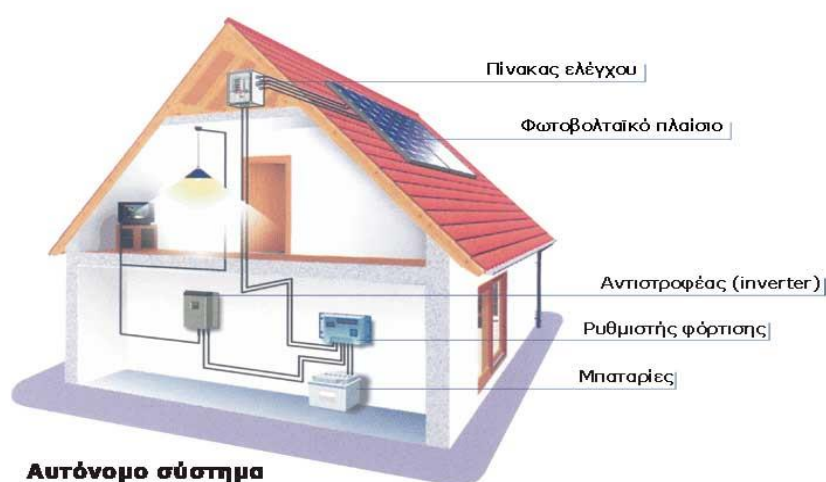
Αυτό επιτρέπει στην τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα είτε να παρέχει ηλεκτρικά φορτία επί τόπου είτε να τροφοδοτεί το δίκτυο όταν η έξοδος του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση φορτίου στο χώρο. Στη νύχτα και σε άλλες περιόδους όπου τα ηλεκτρικά φορτία είναι μεγαλύτερα από την έξοδο του φωτοβολταϊκού συστήματος, η ισορροπία ισχύος που απαιτείται από τα φορτία λαμβάνεται από την ηλεκτρική συσκευή. Αυτό το χαρακτηριστικό ασφαλείας απαιτείται σε όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδεδεμένα στο δίκτυο και εξασφαλίζει ότι η PV στο σύστημα δεν θα συνεχίσει να λειτουργεί και θα επιστρέψει στο δίκτυο παροχής όταν το δίκτυο είναι εκτός λειτουργίας για επισκευή (Gan Peck and ZhiDong, 2015).



Εικόνα 6: Διάγραμμα φωτοβολταϊκού συστήματος που συνδέεται με το δίκτυο.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα Stand-Alone

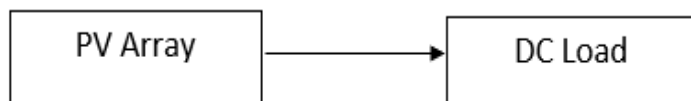
Τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν σχεδιαστεί ώστε να λειτουργούν ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό δίκτυο και είναι γενικά σχεδιασμένα και διαστασιολογημένα για την παροχή ορισμένων ηλεκτρικών φορτίων συνεχούς ή και εναλλασσόμενου ρεύματος. Αυτοί οι τύποι συστημάτων μπορεί να τροφοδοτούνται μόνο από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια ή μπορεί να χρησιμοποιούν αιολική ενέργεια, μια γεννήτρια κινητήρα ή μια ισχύ κοινής ωφέλειας ως βοηθητική πηγή ενέργειας σε αυτό που ονομάζεται φωτοβολταϊκό σύστημα. Ο απλούστερος τύπος αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ένα σύστημα άμεσης σύνδεσης, όπου η έξοδος DC μιας φωτοβολταϊκής μονάδας ή συστοιχίας συνδέεται άμεσα με ένα φορτίο DC.



Εικόνα 7: Αυτόνομο σύστημα φωτοβολταϊκών κατοικίας (Πηγή: Όμιλος Εταιριών AVMap 2015)

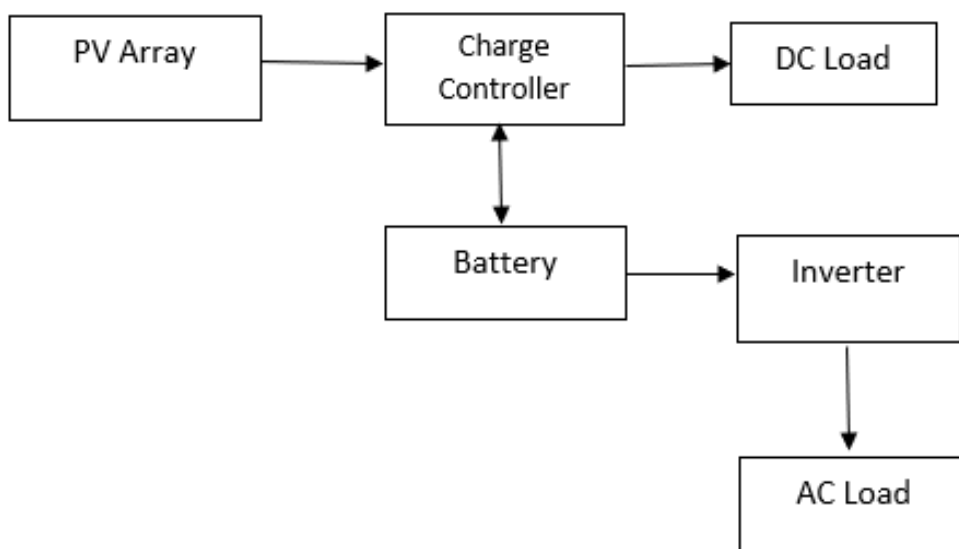
Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικού ρεύματος (μπαταρίες) σε συστήματα με απευθείας σύνδεση, το φορτίο λειτουργεί μόνο κατά τις ώρες που υπάρχει ο ήλιος, καθιστώντας αυτά τα σχέδια κατάλληλα για κοινές εφαρμογές, όπως ανεμιστήρες εξαερισμού, αντλίες νερού και αντλίες μικρής κυκλοφορίας για συστήματα θέρμανσης με ηλιακό θερμοσίφωνα. Η αντιστοίχιση της σύνθετης αντίστασης του ηλεκτρικού φορτίου με τη μέγιστη ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι ένα κρίσιμο μέρος του σχεδιασμού ενός καλώς αποδοτικού συστήματος άμεσης σύνδεσης. Για ορισμένα φορτία, όπως οι αντλίες νερού θετικής μετατόπισης, χρησιμοποιείται ένας τύπος ηλεκτρονικού μετατροπέα συνεχούς ρεύματος DC-DC, ο οποίος ονομάζεται συσκευή παρακολούθησης μέγιστων

σημείων ισχύος (MPPT), μεταξύ της συστοιχίας και του φορτίου για καλύτερη αξιοποίηση της διαθέσιμης μέγιστης ισχύος εξόδου συστοιχίας (Patlitzianas et al., 2015).

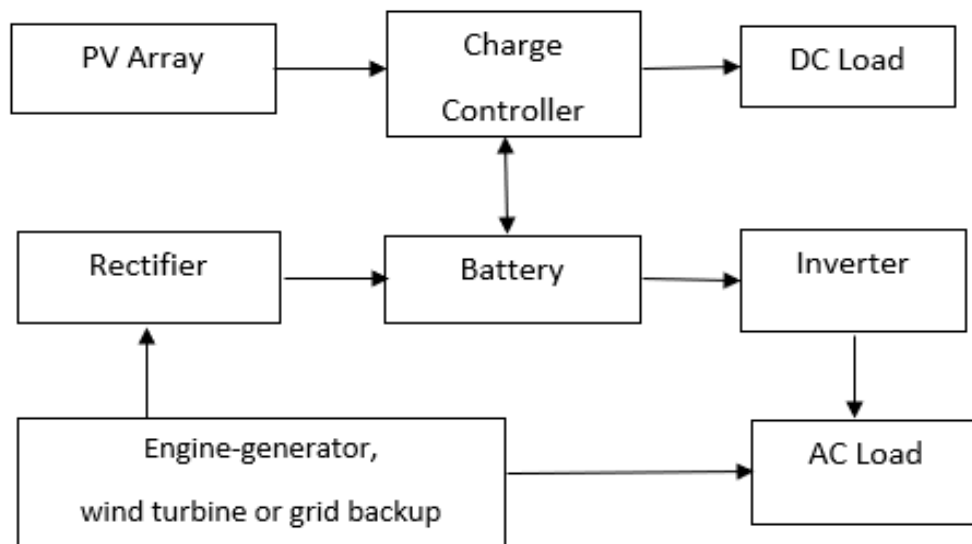


Εικόνα 8: Φωτοβολταϊκό σύστημα με απευθείας σύνδεση.

Σε πολλά αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται για αποθήκευση ενέργειας. Το σχήμα 9 δείχνει ένα διάγραμμα ενός τυπικού αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος που τροφοδοτεί φορτία DC και AC. Το σχήμα 10 δείχνει πώς μπορεί να διαμορφωθεί ένα τυπικό υβριδικό σύστημα PV (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).



Εικόνα 9: Διάγραμμα αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος με τροφοδοσία μπαταρίας φορτία DC και AC.



Εικόνα 10: Διαμόρφωση υβριδικού συστήματος

2.1.5. Εφαρμογές

Πλεονεκτήματα

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ παράγουν ενέργεια χρησιμοποιώντας καθαρή ενεργειακή πηγή ηλιακού φωτός και δεν αφήνει κανένα απόβλητο στο περιβάλλον. Μπορεί να λειτουργήσουν πολλά χρόνια χωρίς να παρουσιάζουν προβλήματα μετά την εγκατάσταση. Το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν έχει πάρα πολλά κινούμενα μέρη, λόγω του ότι το σύστημα δεν χρειάζεται συνεχή συντήρηση. Επίσης, λόγω του ίδιου λόγου, είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες, όπως υγρασία, άνεμος, χιόνι, αστραπές, βροχές, χαλάζι. Επίσης, παράγεται ενέργεια, όπου υπάρχει ανάγκη για ενέργεια. Επίσης, δεν υπάρχει κόστος μεταφοράς ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ένα σύστημα δομοστοιχείων και μπορεί να διευρυνθεί εύκολα ανάλογα με τις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες.

Μειονεκτήματα

Η υπερθέρμανση μειώνει την ισχύ παραγωγής των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Σύμφωνα με μερικές έρευνες, διαπιστώθηκε ότι η απόδοση 1% μειώνει κάθε αύξηση κατά 10 °C. Ωστόσο, η υπερθέρμανση μπορεί να μειωθεί με την αερισμό της πίσω επιφάνειας του συστήματος και με την επιλογή της σωστής κλίσης. Η ρύπανση της επιφάνειας μπορεί να είναι αιτία των λιγότερων αποδόσεων. Ορισμένες ερευνητικές μελέτες δείχνουν ότι η απόδοση της φωτοβολταϊκής ενέργειας μειώνεται κατά 3,5% όταν η επιφάνεια λερωθεί. Για το λόγο αυτό η

επιφάνεια του συστήματος πρέπει να καθαρίζεται κατά διαστήματα. Σε μία τέτοια περίπτωση που αφορά αυτόν τον παράγοντα τα κάθετα πάνελ επηρεάζονται πιο δύσκολα. Το κόστος της πρώτης εγκατάστασης είναι εκτεταμένο. Για το λόγο αυτό η πρώτη εντύπωση του συστήματος δεν δείχνει να είναι οικονομική. Απαιτείται εκτεταμένος χώρος εγκατάστασης για τη μεγάλη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν δεν υπάρχει ηλιακό φως, για παράδειγμα τη νύχτα, δεν υπάρχει παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 11: φωτοβολταϊκό πάρκο σε απομακρυσμένη περιοχή

Η ηλιακή ενέργεια που είναι ένας συνδυασμός φωτός και θερμότητας ο οποίος παράγεται από τον ήλιο. Αυτή η ενέργεια κινείται από τον ήλιο και φτάνει στη γη, όπου ο άνθρωπος συλλέγει μέσα από τους ηλιακούς συλλέκτες και την μετατρέπει σε οποιαδήποτε επιθυμητή μορφή ενέργειας. Σύμφωνα με την παραδοχή, αυτή η ανανεώσιμη πηγή ενέργειας είναι αρκετά ισχυρή ώστε να αντικαταστήσει την ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας που παίρνουμε από 650 βαρέλια πετρελαίου ετησίως. Μερικές από τις εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας αναφέρονται παρακάτω (Gan Peck and ZhiDong, 2015):

Ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί: Σε συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας, μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται για να βράσουν νερό και να σχηματίσουν ρεύμα, έτσι ώστε οι στρόβιλοι να μπορούν να περιστρέφονται και να χρησιμοποιούν νερό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Με την εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας η θερμότητα του ήλιου μπορεί να βράσει αυτό το νερό για να δημιουργήσει ατμό και να περιστρέψει τους στρόβιλους. Για τη μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρικούς ηλιακούς συλλέκτες, οι φωτοηλεκτρικές τεχνολογίες και οι θερμοηλεκτρικές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται τέτοιοι σταθμοί. (Sidawi et al., 2011).

Σπίτια: Η χρήση ηλιακής ενέργειας αυξάνεται και στα σπίτια. Οι οικιακές συσκευές μπορούν εύκολα να χρησιμοποιήσουν ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μέσω ηλιακής ενέργειας. Εκτός από αυτήν την ηλιακή ενέργεια λειτουργεί ηλιακός θερμοσίφωνας για την παροχή ζεστού νερού στα σπίτια. Μέσω φωτοβολταϊκών κυψελών εγκατεστημένων στην οροφή του σπιτιού, η ενέργεια συλλαμβάνεται και αποθηκεύεται σε μπαταρίες για χρήση όλη τη διάρκεια της ημέρας σε σπίτια για διαφορετικούς σκοπούς. Με αυτόν τον τρόπο οι δαπάνες για την ενέργεια μειώνονται από τους οικιακούς χρήστες (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Εμπορική χρήση: Στις στέγες διαφορετικών κτιρίων μπορούμε να βρούμε γυάλινα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή οποιοδήποτε άλλο είδος ηλιακού πλαισίου. Τελευταία σε μεγάλα και μη καταστήματα εμπορικού χαρακτήρα οι προσόψεις φωτοβολταϊκών αρχίζουν να εφαρμόζονται ακόμα και περισσότερο. Οι πίνακες αυτοί χρησιμοποιούνται εκεί για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικά γραφεία ή σε άλλα μέρη του κτιρίου με αξιόπιστο τρόπο. Αυτά τα πάνελ συλλέγουν ηλιακή ενέργεια από τον ήλιο, μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια και επιτρέπουν στα γραφεία να χρησιμοποιούν τη δική τους ηλεκτρική ενέργεια για διαφορετικούς σκοπούς (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Σύστημα εξαερισμού: Σε πολλές περιπτώσεις η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για σκοπούς αερισμού. Βοηθά στην λειτουργία ανεμιστήρων μπάνιου, ανεμιστήρων δαπέδου και ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια. Οι ανεμιστήρες τρέχουν σχεδόν κάθε φορά σε ένα κτίριο για τον έλεγχο της υγρασίας, καθώς και σε νοικοκυριά και χώρους εστίασης φαγητού για να μεταφέρουν την θερμότητα από την κουζίνα. Μπορεί να προσθέσει βαρύ ποσό στους λογαριασμούς κοινής ωφέλειας, για να μειώσει αυτούς τους λογαριασμούς η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για σκοπούς εξαερισμού (Sidawi et al., 2011).

Αντλία ισχύος: Η ηλιακή ενέργεια δεν βοηθά μόνο στη βελτίωση του συστήματος εξαερισμού στα σπίτια σας αλλά με αυτό μπορεί επίσης να βοηθήσει στην κυκλοφορία του νερού σε οποιοδήποτε κτίριο. Μπορείτε να συνδέσετε την αντλία ισχύος με την ηλιακή μονάδα τροφοδοσίας, αλλά πρέπει να την τρέχετε σε ρεύμα συνεχούς ρεύματος έτσι ώστε το νερό να κυκλοφορεί σε όλα τα σπίτια (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Πισίνες: Οι πισίνες είναι μεγάλη χαρά για παιδιά και ενήλικες σε όλες τις εποχές. Αλλά κατά τη διάρκεια του χειμώνα είναι δύσκολο να κρατήσει το νερό ζεστό σε αυτές τις

πισίνες με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να βοηθήσει πολλούς και σε αυτό το θέμα. Μπορείτε να προσθέσετε μια ηλιακή «κουβέρτα» στην πισίνα που θα κρατήσει το νερό ζεστό με ενέργεια που παράγεται από το φως του ήλιου (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Ηλιακοί φωτισμοί: Αυτά τα φώτα είναι επίσης γνωστά ως φωτιστικά ημέρας και λειτουργούν με τη βοήθεια ηλιακής ενέργειας. Αυτά τα φώτα αποθηκεύουν τη φυσική ενέργεια του ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας και στη συνέχεια μετατρέπουν αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια για να ανάβουν τη νύχτα. Η χρήση αυτού του συστήματος μειώνει το φορτίο από τις τοπικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Ηλιακό αυτοκίνητο: Είναι ένα ηλεκτρικό όχημα που επαναφορτίζεται από ηλιακή ενέργεια ή ηλιακό φως. Χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες σε αυτό το αυτοκίνητο που απορροφούν το φως και στη συνέχεια μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες που χρησιμοποιούνται με το αυτοκίνητο, έτσι ώστε κατά τη διάρκεια της νύχτας μπορούμε επίσης να οδηγήσουμε αυτά τα οχήματα. Είναι μία από τις τεχνολογίες που υπόσχονται πολλά για το μέλλον καθώς συνδράμει στην κατακόρυφη μείωση της ρύπανσης. (Sidawi et al., 2011).

Απομακρυσμένες εφαρμογές: Τα απομακρυσμένα κτίρια επωφελούνται από την ηλιακή ενέργεια σε μεγάλη κλίμακα. Τα απομακρυσμένα σχολεία, οι κοινόχρηστοι χώροι και οι κλινικές μπορούν να εγκαταστήσουν ηλιακούς συλλέκτες και μπαταρίες που παράγουν και χρησιμοποιούν ηλεκτρική ενέργεια (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Μια ενιαία φωτοβολταϊκή μονάδα τυπικά δημιουργεί μια τάση μεταξύ 12-48 Volt DC και η ισχύς της μπορεί να φτάσει μέχρι και μερικές εκατοντάδες watts. Οι ενότητες που συνδέονται σε σειρά αυξάνουν την τάση της συστοιχίας και οι παράλληλες μονάδες αυξάνουν το ρεύμα εξόδου του συστήματος. Εξαρτάται από την εφαρμογή και χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του συστήματος για να επιλεγθεί ποια είναι η καλύτερη τοπολογία σύνδεσης. Οι μεγάλες φωτοβολταϊκές συστοιχίες αποτελούνται από χορδές μιας σειράς συνδεδεμένων μονάδων και αυτές οι χορδές συνδέονται παράλληλα. Οι χορδές μπορούν να χωριστούν σε υποστοιχίες, με δίοδο παράκαμψης τοποθετημένο μεταξύ των υποστοιχιών για να βελτιωθεί η αντοχή σε ελαττωματικά ανοιχτά κυκλώματα, όπως το τόξο. Επιπροσθέτως, μια ομάδα πάνελ μπορεί να διευθετηθεί ως πολλαπλοί κλάδοι, κάθε ένας από τους οποίους αποτελείται από πολλές παράλληλες

χορδές. Οι κλάδοι διαχωρίζονται με αποκλεισμό διόδων, οι οποίες εμποδίζουν τον ελαττωματικό κλάδο να φορτώνει τους άλλους κλάδους (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Στα συστήματα BIPV οι φωτοβολταϊκές μονάδες μπορούν να εγκατασταθούν στην πρόσοψη ή στην οροφή του κτιρίου. Το πλεονέκτημα της εγκατάστασης των προσόψεων είναι ότι τα δομικά στοιχεία είναι λιγότερο επιρρεπή για να λερωθούν ή να καλύπτονται από το χιόνι, καθώς τα σωματίδια είναι πιθανότερο να ολισθαίνουν από την κάθετη επιφάνεια γυαλιού παρά από μια λιγότερο κεκλιμένη. Ωστόσο, η τοποθέτηση σε στέγες χρησιμοποιείται συχνότερα, καθώς η γωνία κλίσης των πλαισίων μπορεί να επιλεγεί πιο ελεύθερα από ό, τι στις εγκαταστάσεις πρόσοψης. Τα πάνελ μπορούν να εγκατασταθούν απευθείας πάνω από τα υλικά στέγης ή σε ράφια που επιτρέπουν την ελεύθερη επιλογή της γωνίας κλίσης. Εάν τα πάνελ τοποθετούνται απευθείας επάνω από τα υλικά στέγης, πρέπει να αφήνεται ένας χώρος αέρα μεταξύ των πλαισίων και της επιφάνειας του κτιρίου για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση των πλαισίων. Σε ορισμένες εγκαταστάσεις οι φωτοβολταϊκές μονάδες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αντικατάσταση συμβατικών κεραμιδιών πρόσοψης ή οροφής. Είναι επίσης δυνατή η κατασκευή διάφανων φωτοβολταϊκών μονάδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντικατάσταση υλικών παραθύρων. Αυτό το φωτοβολταϊκό πάνελ μειώνει τη μετάδοση του φωτός κατά 70-80% σε σύγκριση με το γυαλί. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές σκίασης (Kyriakopoulos and Chalíkias, 2013).

Οι μηχανικοί, ηλεκτρικοί και πυροσβεστικοί παράγοντες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτίρια. Η πυρασφάλεια πρέπει να εξετάζεται από δύο διαφορετικές απόψεις: πυρκαγιές που προκαλούνται από εξωτερικές πηγές και πυρκαγιές που προκαλούνται από τα εξαρτήματα φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η μηχανική ασφάλεια περιλαμβάνει προστασία από τις καιρικές συνθήκες, καθώς τα πάνελ είναι σχετικά ελαφριά και η επίπεδη επιφάνεια τους μπορεί να συγκεντρώσει φορτίο ανέμου. Οι κανονισμοί σχετικά με την ηλεκτρική προστασία από πλευράς συνεχούς ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ποικίλλουν ανάλογα με τη χώρα. Για παράδειγμα, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες και οι αντιστροφείς είναι κοινές, ενώ η γείωση είναι υποχρεωτική στις ΗΠΑ. Εκτός από τη γείωση των αγωγών, και το μεταλλικό πλαίσιο των φωτοβολταϊκών μονάδων μπορεί να γειωθεί για προστασία από μη ασφαλείς τάσεις,

σε περίπτωση σφάλματος γείωσης. Εκτός από τη γείωση, χρησιμοποιούνται για την βελτίωση της ηλεκτρικής ασφάλειας των φωτοβολταϊκών συστημάτων, μπλοκάρισμα διόδων, διακόπτες κυκλώματος και ασφάλειες. Οι διάδοι αποκλεισμού εμποδίζουν τις μεγάλες ροές ρεύματος από τα κυκλώματα βραχυκυκλώματος προς τη γείωση, ενώ οι ασφάλειες και οι διακόπτες κυκλώματος χρησιμοποιούνται για την προστασία του συστήματος σε περίπτωση αποτυχίας των διόδων φραγής. Εάν η συνεχής ισχύς των συρμάτων που χρησιμοποιούνται στην πλευρά DC της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι μικρότερη από το ρεύμα βραχυκύκλωσης 1.25 της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, πρέπει να χρησιμοποιηθούν συσκευές προστασίας από υπερφόρτωση (Ruhul and Sahar, 2014).



Εικόνα 12: Συστήματα tracker σε φωτοβολταϊκό πάρκο

Σύμφωνα με τους κατασκευαστές των φωτοβολταϊκών συστημάτων, ο κύκλος ζωής τους είναι 30 χρόνια. Ωστόσο, όπως αποδεικνύεται η λειτουργία των φωτοβολταϊκών πλαισίων για 30 χρόνια δεν είναι εφικτή. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε διάφορα σφάλματα που παρατηρούνται στην λειτουργία των φωτοβολταϊκών πλαισίων, τα οποία όχι μόνο μειώνουν τον χρόνο ζωής, αλλά μειώνουν και την απόδοση των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Τα σφάλματα μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες. Η μια κατηγορία αφορά την ηλιακή κυψέλη, και η άλλη σχετίζεται με το περίβλημα της ηλιακής κυψέλης. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε σφάλματα που σχετίζονται με την ηλιακή κυψέλη και μπορεί να προκληθούν από μερικώς ή ολικώς κατεστραμμένες ηλιακές κυψέλες. Τα σφάλματα που σχετίζονται με το περίβλημα της ηλιακής κυψέλης μπορεί να οφείλονται στην αστοχία υλικού (υλικά κακής ποιότητας) των δομικών

στοιχείων του φωτοβολταϊκού πλαισίου. Ιδιαίτερα, η υγρασία μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των ηλιακών κυψελών και των συνδέσεων τους. Η κακή ποιότητα ή η καταστροφή της μόνωσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου μπορεί να προκαλέσει διαρροή ρεύματος, το οποίο με τη σειρά του να οδηγήσει σε βραχυκύκλωμα (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).

Οι τάσεις σε μεγαλύτερες φωτοβολταϊκές συστοιχίες μπορεί να είναι υψηλές και η τάση να ανάβει όταν ανάβουν οι μονάδες. Συνεπώς, η αποσύνδεση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας από το φορτίο ή το μετατροπέα δεν καθιστά τον πίνακα ασφαλή από ηλεκτροπληξία. Εάν υπάρχει ανοικτό κύκλωμα, μπορεί να προκύψει τόξο ανάμεσα στους ανοικτούς αγωγούς, υποθέτοντας ότι η τάση είναι αρκετά μεγάλη μεταξύ των ανοιχτών άκρων του αγωγού και προκαλεί κίνδυνο πυρκαγιάς. Μια κοινή πηγή τέτοιου τόξου είναι οι χαλαρές ή ελαττωματικές συνδέσεις. Το τόξο μπορεί να μειωθεί εισάγοντας πλεονασματικές συνδέσεις που εμποδίζουν το ανοικτό κύκλωμα. Τον τελευταίο καιρό έχει εισαχθεί επίσης ξεχωριστός εξοπλισμός διακοπής κυκλώματος βλάβης τόξου (AFCI). Το AFCI ανιχνεύει βλάβες τόξου και αποσυνδέει την τροφοδοσία πριν το τόξο ξεκινήσει μια πυρκαγιά (Patlitzianas et al., 2015).

Η κατανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να οδηγήσει νησιωτικά συστήματα σε περιστατικά σφάλματος δικτύου. Το νησιωτικό σύστημα σημαίνει μια κατάσταση όπου ένα μέρος του ηλεκτρικού δικτύου διαχωρίζεται από το υπόλοιπο δίκτυο, αλλά το τοπικό τμήμα του δικτύου παραμένει λειτουργικό, καθώς υπάρχει αρκετή παραγωγή ενέργειας στην περιοχή για να το εφοδιάζει με την κατανάλωση ενέργειας. Αυτό μπορεί να είναι επωφελές από την άποψη της τοπικής αξιοπιστίας της τροφοδοσίας, αλλά μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα από την άποψη της ηλεκτρικής ασφάλειας. Το συνεργείο συντήρησης που διορθώνει το σφάλμα δικτύου μπορεί να μην έχει επίγνωση ότι οι γραμμές εξακολουθούν να ενεργοποιούνται. Επιπρόσθετα, τα υπέρμετρα ρεύματα μπορούν να ρέουν μέσω του διακόπτη και των μετατροπέων αν το δίκτυο επανασυνδεθεί κατά τη διάρκεια της νησιωτικής κατάστασης. Η απομόνωση μπορεί να ανιχνευθεί με τους μετατροπείς της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, παρακολουθώντας την μεταβολή της συχνότητας, της ποσότητας των αρμονικών ή της σύνθετης αντίστασης του δικτύου. Η απομόνωση μπορεί επίσης να εντοπιστεί από την πλευρά του δικτύου διανομής. Όταν οι μετατροπείς εντοπίσουν μια νησιωτική κατάσταση, αποσυνδέουν το φωτοβολταϊκό σύστημα από το δίκτυο. Απαιτείται επίσης ένας μηχανικός διακόπτης για τον

διαχωρισμό του δικτύου και του φωτοβολταϊκού συστήματος. Επιπλέον, η πλευρά συνεχούς ρεύματος του φωτοβολταϊκού συστήματος πρέπει επίσης να διαχωριστεί από το μετατροπέα με διακόπτη (Kyriakopoulos and Chalikias, 2013).



Εικόνα 13: Πλαίσια σε ταράτσα κτιρίου

Τα συστήματα BIPV / T έχουν σχεδιαστεί για να αντικαταστήσουν εξ' ολοκλήρου ή εν μέρει τα παραδοσιακά κατασκευαστικά στοιχεία, εξασφαλίζοντας έτσι ένα δια λειτουργικό ρόλο. Οι εφαρμογές πρόσοψης περιλαμβάνουν συνήθως έναν κατακόρυφο τοίχο με κουρτίνα, κεκλιμένο τοίχωμα παραπετασμάτων και βαθμωτό τοίχωμα κουρτινών. Οι εφαρμογές στέγης συνήθως περιλαμβάνουν κεκλιμένες οροφές και οθόνες φεγγίτη. Το έργο IEA 41 αναφέρει μια αρκετά σύνθετη προσέγγιση για λύσεις για την ενσωμάτωση της φωτοβολταϊκής ως διαφορετικού συστατικού περιβλήματος κτιρίου (κεκλιμένη στέγη, επίπεδη οροφή, φεγγίτης, επένδυση προσόψεων, υαλοπίνακες, εξωτερική συσκευή). Η ίδια δημοσίευση αναφέρει δύο διαφορετικές προσεγγίσεις και ορισμούς της ενσωμάτωσης των φωτοβολταϊκών: Συστήματα με ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά που κατασκευάζουν BAPV, όπου οι φωτοβολταϊκές μονάδες θεωρούνται συνήθως ως τεχνικές συσκευές που προστίθενται στο κτίριο, και ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα που κατασκευάζουν BIPV, όπου ενσωματώνονται φωτοβολταϊκά στοιχεία το περίβλημα του κτιρίου ως εποικοδομητικά συστήματα και μπορεί να αποτελούν μέρος της πρόσοψης, της οροφής ή και των δύο ταυτόχρονα. Η εφαρμογή αυτού του είδους του συστήματος εξαρτάται από τις

απαιτήσεις (θέρμανση χώρου, θέρμανση οικιακής χρήσης) ή και στρατηγικές για την ενίσχυση της αποδοτικότητας των μονάδων (ψύξη, εξαερισμός). Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που σχετίζεται με διαφορετικές εφαρμογές είναι το υγρό που κυκλοφορεί κάτω από την φωτοβολταϊκή μονάδα, το οποίο μπορεί να είναι νερό ή αέρας. Η επιλογή της τεχνικής εξαρτάται από την τοποθεσία και την εφαρμογή, η οποία υπαγορεύει τη χρήση των κατάλληλων κριτηρίων σχεδιασμού. Ωστόσο, για το BIPV, το υγρό που χρησιμοποιείται συνήθως για την ψύξη, τον εξαερισμό της κοιλότητας υπό των φωτοβολταϊκών, καθώς και για τη θέρμανση χώρου (ανάκτηση θερμότητας) είναι ο αέρας (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Πρόσοψη

Οι περισσότερες φωτοβολταϊκές προσόψεις είναι χτισμένες ως πρόσοψη κουρτινών μπροστά από θερμικά μονωμένα κτίρια, με αγωγούς αέρα μεταξύ τους. Αυτό συνεπάγεται πρόσθετο κόστος για τη δομή στήριξης και την εγκατάσταση, ενώ η απόσβεση θερμότητας από τα ηλιακά στοιχεία συχνά δεν είναι η βέλτιστη. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, οι συγγραφείς όπως ο Krauter (1999) et al., πραγματοποίησε μια από τις πρώτες εργαστηριακές μελέτες με την ενσωμάτωση ενός θερμικού μονωτικού στρώματος στην πρόσοψη της ΦΒ, καθώς και πρόσθετη ψύξη με ενεργό αερισμό ή ροή νερού. Σε σχέση με το νερό ως εργαζόμενο ρευστό, ο Chow (2006-2009) δημοσίευσε διάφορα έργα σχετικά με την εφαρμογή φωτοβολταϊκών πλαισίων σε προσόψεις κτιρίων με ανάκτηση θερμότητας που μπορούν να χρησιμεύσουν ως σύστημα προθέρμανσης νερού. Ο Chow (2010) δημοσίευσε μια πολύ χρήσιμη ανασκόπηση της φωτοβολταϊκής θερμικής υβριδικής ηλιακής τεχνολογίας. Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό / σύστημα θέρμανσης με σύστημα θέρμανσης με τοίχο πραγματοποιήθηκε από τον Ji et al. (2003-2006) (Patlitzianas et al., 2015).

Στέγη

Μετά την πρόσοψη, η οροφή είναι η επόμενη πιο μελετημένη θέση σχετικά με την εφαρμογή των συστημάτων BIPV / T. Τα συστήματα είναι αρκετά παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιούνται για τις προσόψεις. Ωστόσο, το γεγονός ότι η οροφή είναι μια

κεκλιμένη επιφάνεια βελτιώνει σημαντικά την απόδοση της Φ / B καθώς και την απορρόφηση της ενέργειας από το σύστημα. Η γωνία κλίσης της οροφής καθορίζει διαφορετικά χαρακτηριστικά ροής στην κοιλότητα του αέρα. Οι Wang (2006) χρησιμοποίησαν τέσσερις διαφορετικές στέγες με συστήματα BIPV / T με βάση τον αέρα για να εκτιμήσουν την επίδραση του BIPV στα φορτία θέρμανσης και ψύξης ενός κτιρίου, δηλαδή αεριζόμενο κενό αέρος, μη αεριζόμενο κενό αέρα, στέγη. Ο Anderson (2009) δημοσίευσε μια μελέτη σχετικά με την απόδοση ενός BIPV / T με βάση το ψυκτικό μέσο που εφαρμόζεται σε οροφή. Μια συγκριτική μελέτη τεσσάρων διαφορετικών διαμορφώσεων και η αξιολόγηση του κόστους κύκλου ζωής ενός αεριζόμενου συστήματος BIPV / T που εφαρμόστηκε σε κεκλιμένη στέγη παρουσιάστηκε από τους Agrawal και Tiwari (2010). Ο Corbin και ο Zhai (2010) εκμεταλλεύτηκαν ένα προηγούμενο πειραματικό έργο για να διερευνήσουν τον συλλέκτη BIPV / T που είναι τοποθετημένος στην οροφή προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση της ανάκτησης θερμότητας στην αποδοτικότητα των κυψελών και η αποτελεσματικότητα της συσκευής ως ηλιακού θερμοσίφωνα (Ruhul and Sahar, 2014).

2.1.6. Υλικά και Σχέδια Κατασκευής

Εκτός από τα φωτοβολταϊκά κύτταρα απαιτούνται διάφορα εξαρτήματα του συστήματος, ανάλογα με τον τύπο του συστήματος. Ένα σύστημα BIPV αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία, μπλοκάρισμα διόδων, διακόπτες κυκλώματος, καλωδίωση, συσκευές παρακολούθησης μέγιστης ισχύος (MPPT) και μετατροπείς.

Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα φωτοβολταϊκά συστήματα συνδέονται με το δίκτυο και δεδομένου ότι η πλειονότητα των ηλεκτρικών δικτύων βασίζεται στην τεχνολογία εναλλασσόμενου ρεύματος, η ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών μονάδων πρέπει να μετατραπεί από συνεχές σε εναλλασσόμενο με μετατροπέα. Εάν ο μετατροπέας είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο δημόσιου δικτύου, τότε το σήμα εξόδου εναλλασσόμενου ρεύματος του μετατροπέα πρέπει να συγχρονιστεί με το ίδιο επίπεδο φάσης και τάσης με το σήμα δικτύου. Οι μετατροπείς μπορούν να χωριστούν σε συγκεντρωτικούς, string και microinverters. Σε κεντρικούς μετατροπείς, όλη η ισχύς της συστοιχίας PV τροφοδοτείται σε έναν μόνο μετατροπέα που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Με τους

μετατροπείς στοιχειοσειρών η παραγωγή χωρίζεται σε πολλούς μετατροπείς, για παράδειγμα έναν μετατροπέα για κάθε μια από τις τρεις φάσεις του δικτύου AC. Στους μικρό-μετατροπείς κάθε φωτοβολταϊκή μονάδα έχει ενσωματωμένο έναν αντιστροφέα. Η επιλογή μεταξύ τύπων μετατροπέων εξαρτάται από το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά του συστήματος. Ο χρόνος ζωής ενός μετατροπέα είναι συνήθως περίπου 1-16 χρόνια , και η εγγύησή τους είναι συχνά μικρότερη, τυπικά μόνο 3-5 χρόνια και σε μερικές περιπτώσεις 10 χρόνια . Οι φωτοβολταϊκές μονάδες διαθέτουν επιχειρησιακή εγγύηση 20-30 ετών. Συνεπώς, οι μετατροπείς πρέπει να αντικατασταθούν νωρίτερα από τις μονάδες. Οι μετατροπείς παρουσιάζουν σήμερα περίπου το 8-12% του συνολικού κόστους ζωής των φωτοβολταϊκών συστημάτων (Ruhul and Sahar, 2014).



Εικόνα 14: Διακρίνονται με τη σειρά τριών ειδών πάνελ: Μονοκρυσταλλικό, Πολυκρυσταλλικό, Λεπτού υμενίου.

Το φως είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται σε διακριτά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Τα ηλιακά κύτταρα, γνωστά και ως φωτοβολταϊκά κύτταρα, είναι κατασκευασμένα από ημιαγώγιμο υλικό που παράγει ηλεκτρισμό μετατρέποντας την ενέργεια των φωτονίων στην κίνηση των ηλεκτρονίων. Τα κύτταρα παράγουν ηλεκτρισμό συνεχούς ρεύματος. Η αρχή λειτουργίας και τα χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών κυττάρων καλύπτονται στη βιβλιογραφία. Υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες ηλιακών κυψελών και οι νέες τεχνολογίες έχουν εισαχθεί τα τελευταία χρόνια. Τα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου είναι τα παλαιότερα και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται από τις φωτοβολταϊκές τεχνολογίες. Οι τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης (TF) χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως, ενώ τα ηλιακά κύτταρα ευαισθητοποιημένα σε βαφές, τα ηλιακά κύτταρα perovskite και τα ηλιακά κύτταρα της κβαντικής κουκκίδας (QD) παρουσιάζουν πιο πρόσφατες τεχνολογίες που μόλις αναδύονται σε εμπορικές εφαρμογές. Τα ηλιακά κύτταρα πολλαπλών

διασταυρώσεων παρέχουν την καλύτερη απόδοση μετατροπής των σημερινών τεχνολογιών, αλλά χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές εφαρμογές λόγω της υψηλής τιμής τους (Ruhul and Sahar, 2014).

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι ηλιακών κυψελών κρυσταλλικού πυριτίου: μονοκρυσταλλική (sc-Si) και πολυκρυσταλλική (mc-Si). Τα κύτταρα sc-Si είναι κατασκευασμένα από ομοιόμορφες ράβδους πυριτίου, ενώ τα κύτταρα mc-Si είναι κατασκευασμένα από λιωμένες ράβδους πυριτίου. Τα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου είναι άκαμπτα και επικαλυμμένα με γυαλί. Η απόδοση μετατροπής των κυττάρων sc-Si είναι γενικά υψηλότερη από τα κύτταρα mc-Si. Για τα εμπορικά προϊόντα οι απόδοσης είναι σήμερα περίπου 16-22% για το sc-Si και 14-18% για το mc-Si. Για τα ερευνητικά κύτταρα η αποτελεσματικότητα είναι υψηλότερη, περίπου 25% για sc-Si και 20% mc-Si προς το παρόν. Η αποτελεσματικότητα των κρυσταλλικών κυττάρων πυριτίου μειώνεται με τη θερμοκρασία. Το πλεονέκτημα των κυττάρων mc-Si είναι ότι είναι φθηνότερα για να κατασκευαστούν από τα κύτταρα sc-Si. Τα κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου είναι τα πιο αποτελεσματικά από τις σημερινές εμπορικές τεχνολογίες ηλιακών κυττάρων, αλλά απαιτούν σχετικά μεγάλη ποσότητα πρώτων υλών σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες. Αυτό αυξάνει το κόστος τους (Patlitzianas et al., 2015).

Τα ηλιακά κύτταρα λεπτής μεμβράνης (TF) κατασκευάζονται με την εναπόθεση λεπτού στρώματος ενεργού υλικού στην κορυφή του υλικού υποστρώματος. Οι αποδόσεις των ηλιακών κυψελών TF είναι χαμηλότερες από τις κυψέλες κρυσταλλικού πυριτίου, αλλά απαιτούν λιγότερα υλικά. Το υπόστρωμα μπορεί να είναι κατασκευασμένο από γυαλί ή εύκαμπτο χάλυβα ή πλαστικά υλικά, τα οποία μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας τεχνικές roll-to-roll που μειώνουν το χρόνο παραγωγής και το κόστος. Τα δραστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα σημερινά εμπορικά ηλιακά κύτταρα TF είναι το άμορφο πυρίτιο (a-Si), το τελλουρίδιο του καδμίου (CdTe) και το σελινίδιο του χαλκού-indiumgallium (CIGS). Οι αντίστοιχες αποτελεσματικότητες για τα εμπορικά κύτταρα σήμερα είναι περίπου 7-9% για το a-Si, 10-11% για το CdTe και 7-12% για το CIGS. Οι καλύτερες ερευνητικές αποτελεσματικότητες των κυττάρων είναι πιο κοντά σε εκείνες του κρυσταλλικού πυριτίου: 13,4% για το a-Si, 20,4% για το CdTe και 20,8 για το CIGS. Οι εύκαμπτες μονάδες TF μπορούν να ενσωματωθούν σε δομικό υλικό, όπως παραθυρόφυλλα παραθύρων ή προσόψεις οροφής. Λόγω της λεπτότητας των κυψελών TF, η θερμότητα

μπορεί να εκτελεστεί ευκολότερα μακριά από την ηλιακή μονάδα από ό, τι στην περίπτωση παχύτερων ηλιακών κυψελών κρυσταλλικού πυριτίου.

Υπάρχουν πολλές αναδυόμενες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών, οι περισσότερες από τις οποίες βασίζονται σε υλικά βαφής. Σύμφωνα με το υλικό βαφής οι τεχνολογίες ηλιακών κυττάρων (DSSC) που είναι ευαίσθητες στις βαφές μπορούν να χωριστούν σε πλήρως οργανικά κύτταρα και υβριδικά ευαίσθητα στην βαφή ηλιακά κύτταρα που περιέχουν επίσης ανόργανα υλικά. Η αρχή λειτουργίας των DSSC μοιάζει με ένα ηλεκτροχημικό κύτταρο περισσότερο από τη σύνδεση p-n των ηλιακών κυψελών με βάση το πυρίτιο. Επί του παρόντος, η υψηλότερη απόδοση εργαστηρίου DSSC είναι 12,3% για γυάλινο υπόστρωμα και 8,6% με εύκαμπτο υπόστρωμα από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι τεχνολογίες DSSC εξακολουθούν να απαιτούν περαιτέρω έρευνα υλικών και σταθερότητας πριν από τη διάθεση στην αγορά μεγάλης κλίμακας, αλλά η ευελιξία και το χαμηλό κόστος των κυττάρων υπόσχονται νέα είδη φωτοβολταϊκών προϊόντων στο μέλλον. Τα DSSC από ανοξείδωτο χάλυβα θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε χαλύβδινους σκελετούς ή χαλύβδινες προσόψεις και τα πλαστικά DSSC θα μπορούσαν να ενσωματωθούν, για παράδειγμα, στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Το κύριο πλεονέκτημα των DSSC έναντι των συμβατικών ηλιακών κυψελών είναι ότι μπορούν να κατασκευαστούν με φθηνές τεχνικές και υλικά.

Μια πολλά υποσχόμενη νέα τεχνολογία είναι υλικά perovskite. Ο όρος perovskite σημαίνει οποιοδήποτε υλικό που μοιάζει με την κρυσταλλική δομή του οξειδίου του τιτανίου του ασβεστίου (CaTiO_3). Στις εφαρμογές των ηλιακών κυψελών υπάρχουν πολλές διαφορετικές δομές περοβσκίτη που έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά. Ο Perovskite μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό βαφής και να εφαρμοστεί για παράδειγμα σε λεπτές μεταλλικές μεμβράνες. Η δομή του υλικού έχει χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές ηλιακών κυψελών μόνο από το 2009 και μετά, αλλά η υψηλότερη επιτευχθείσα απόδοση είναι ήδη κοντά στην αποτελεσματικότητα των καλύτερων τεχνολογιών λεπτών ταινιών, με το ρεκόρ να είναι 17,9% προς το παρόν. Το κύριο εμπόδιο των κυττάρων του perovskite ήταν η υψηλή τιμή των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς οι συσκευές με τις καλύτερες επιδόσεις χρησιμοποίησαν ένα ακριβό πολυμερές (spiro-OMeTAD), το οποίο είναι 10 φορές ακριβότερο από χρυσό ή πλατίνα. Ωστόσο, αναπτύσσονται νέα φθηνότερα υλικά για τη μείωση του κόστους παραγωγής (Patlitzianas et al., 2015).

Τα ηλιακά κύτταρα πολλαπλών συνδέσεων περιέχουν διάφορα στρώματα διαφορετικών υλικών ημιαγωγών που εναποτίθενται πάνω από το ίδιο υπόστρωμα. Κάθε στρώμα ημιαγωγού απορροφά μια διαφορετική ζώνη μήκους κύματος, αυξάνοντας έτσι τη συνολική απόδοση του κυττάρου. Η τρέχουσα απόδοση των ηλιακών κυψελών πολλαπλών συνδέσεων είναι 44,4%. Η κατασκευή ηλιακών κυψελών πολλαπλών διασταυρώσεων είναι ακριβότερη από άλλους τύπους κυψελών και αυτή τη στιγμή δεν είναι εφικτή επιλογή για εφαρμογές BIPV.

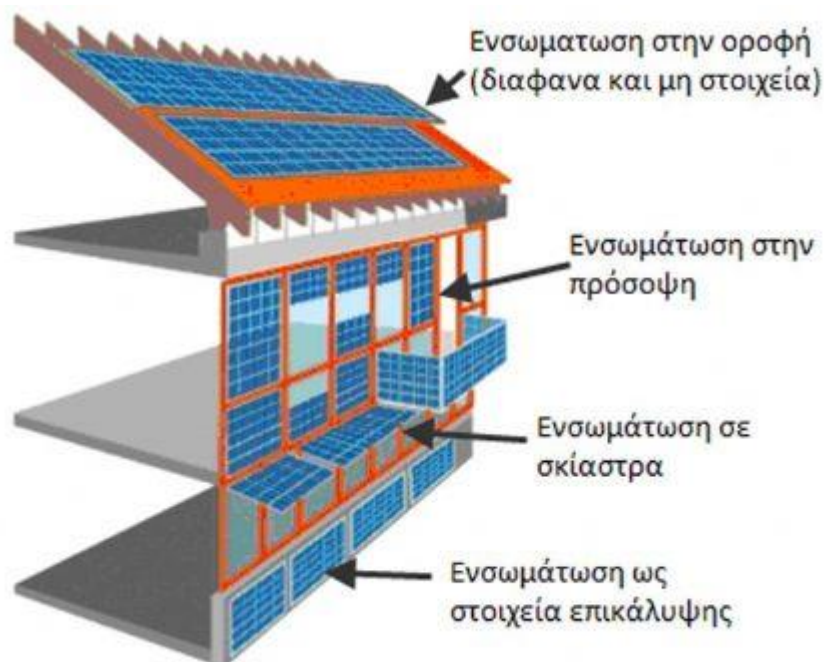
Η αποτελεσματικότητα των κυψελών αυξάνεται συνεχώς και συγχρόνως μειώνεται η τιμή των φωτοβολταϊκών μονάδων. Στο τέλος του 2013, οι φθηνότερες ενότητες κοστίζουν περίπου 0,44 € / W. Με τις τιμές του 2013, η τιμή της ηλεκτρικής φωτοβολταϊκής εγκατάστασης στην οροφή ήταν χαμηλότερη από τις τιμές λιανικής στην Αυστραλία, τη Βραζιλία, τη Δανία, τη Γερμανία και την Ιταλία. Τα τελευταία 30 χρόνια η τιμή των φωτοβολταϊκών μειώθηκε κατά 21% κάθε φορά που η εγκατεστημένη ισχύς διπλασιάστηκε λόγω της οικονομίας κλίμακας της παραγωγικής ικανότητας και των νέων τεχνολογιών που καταναλώνουν λιγότερα υλικά (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Οι κατασκευαστές υπόσχονται συνήθως τουλάχιστον 25 χρόνια ζωής για φωτοβολταϊκές μονάδες και οι πρόσφατες βελτιώσεις στην τεχνολογία επεξεργασίας έχουν αυξήσει ακόμη περισσότερο το προσδόκιμο ζωής. Για παράδειγμα, ο σλοβένιος παραγωγός φωτοβολταϊκών συστημάτων BISOL υπόσχεται 40 χρόνια λειτουργικού χρόνου ζωής για τις νέες φωτοβολταϊκές μονάδες τους. Στο τέλος της ονομαστικής διάρκειας ζωής, η έξοδος του πίνακα πρέπει να είναι τουλάχιστον 80% της συνολικής ισχύος.

2.2. Εφαρμογή σε Κτίρια

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε οικόπεδα, στέγες (επίπεδες ή κεκλιμένες) ή προσόψεις κτιρίων. Παρέχονται σε διάφορα μεγέθη και μπορούν, για παράδειγμα να υποκαταστήσουν τμήμα μιας κεραμοσκεπής ή τα υαλοστάσια σε μια πρόσοψη ή να χρησιμοποιηθούν σαν φωταγωγοί (skylights). Παρέχονται σε διάφορα χρώματα και σε διάφορα πάχη διαφάνειας για ειδικές αρχιτεκτονικές εφαρμογές. Διατίθενται, επίσης, διαφανή φωτοβολταϊκά, για προσόψεις εμπορικών κτιρίων, με

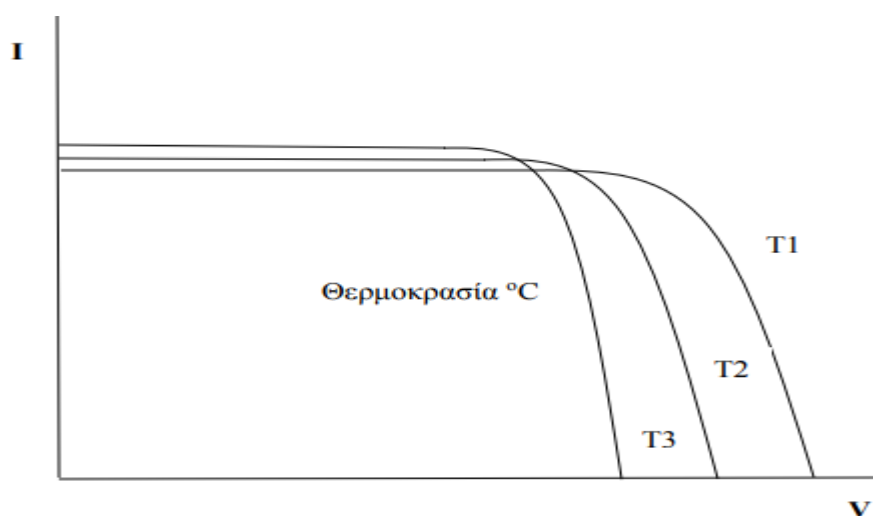
θερμομονωτικές ιδιότητες αντίστοιχες με αυτές των υαλοστασίων χαμηλής εκπεμπιμότητας που επιτυγχάνουν πέραν της ηλεκτροπαραγωγής και εξοικονόμηση ενέργειας 15 - 30 % σε σχέση με κτίριο με συμβατικά υαλοστάσια. Ήδη παράγονται και φωτοβολταϊκά κεραμίδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των κανονικών κεραμιδιών. Όποιος επιθυμεί να τοποθετήσει ένα σύστημα θα πρέπει αρχικά να απευθυνθεί σε μία εταιρεία εγκατάστασης φωτοβολταϊκών, η οποία θα του προμηθεύσει τον εξοπλισμό, αλλά και θα βοηθήσει σε όλα τα επόμενα βήματα (Δ.Ε.Η., τράπεζες). Προτιμάται η συνεργασία με οργανωμένες εταιρείες που εξειδικεύονται στην εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα λειτουργεί για πολλά χρόνια κι έτσι γίνεται φανερό ότι ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να επιλέξει μια εταιρεία με την οποία να μπορεί να επενδύσει στην αρμονική συνεργασία.



Εικόνα 15: Πιθανά σημεία ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών πάνελ (Πηγή: ΤΕΕ Δυτικής Κρήτης 2014)

Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πλαισίων στο περίβλημα του κτιρίου είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για βιώσιμη κατασκευή. Μπορούν να αντικαταστήσουν συμβατικά στοιχεία κατασκευής και να παράγουν ταυτόχρονα ενέργεια και θερμότητα. Όταν η ηλεκτρική ενέργεια και η χρήσιμη θερμότητα παράγονται από ένα ενσωματωμένο φωτοβολταϊκό (BIPV) σύστημα, ορίζεται ως BIPV / thermal ή BIPV / T. Σε αυτά τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα (BIPV), οι φωτοβολταϊκές μονάδες εγκαθίστανται ως λειτουργικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου. Επειδή οι

αυξημένες θερμοκρασίες είναι επιβλαβείς για την απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων, μπορεί να κυκλοφορήσει ένα ψυκτικό υγρό για την απομάκρυνση της θερμικής ενέργειας από τα συστήματα BIPV. Κανονικά το υγρό είναι νερό ή αέρας. Αυτά τα συστήματα έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Πρώτον, η πολλαπλότητα των λειτουργιών που προσφέρουν μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος. Δεύτερον, η ηλεκτρική απόδοση των φωτοβολταϊκών μονάδων μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά. Τέλος, ο τρόπος λειτουργίας με τα φορτία μειώνει τις απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Ruhul and Sahar, 2014).



Εικόνα 16: Γραφική παράσταση θερμοκρασίας φωτοβολταϊκού

2.2.1. Νομικά Πλαίσια

Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) είναι ο κορυφαίος παγκόσμιος οργανισμός που αναπτύσσει και δημοσιεύει διεθνή πρότυπα για τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα, συστήματα και υπηρεσίες, συλλογικά γνωστά ως ηλεκτροτεχνολογία. Η αρμόδια επιτροπή για τα φωτοβολταϊκά στο πλαίσιο του IEC είναι η τεχνική επιτροπή TC82: Ηλιακά φωτοβολταϊκά συστήματα ενέργειας. Τα αποτελέσματα των εργασιών της IEC δημοσιεύονται ως πρότυπα IEC (Patlitzianas et al., 2015).

Διάφοροι ευρωπαϊκοί κανόνες ασχολούνται με την ομολογία των φωτοβολταϊκών μονάδων. Τρία πρότυπα πρέπει να εξεταστούν εδώ:

- IEC 61215: "Φωτοβολταϊκές μονάδες κρυσταλλικού πυριτίου (Φ / Β) - Προδιαγραφές σχεδιασμού και έγκριση τύπου" αναφέρονται στις φωτοβολταϊκές μονάδες κρυσταλλικού πυριτίου που δεν υπόκεινται σε έντονο ηλιακό φως.

- IEC 61646: "Επίγεια φωτοβολταϊκά (PV) υποστρώματα - Προσδιορισμός σχεδιασμού και έγκριση τύπου" ορίζει την πιστοποίηση της σύλληψης και την αναγνώριση που σχετίζεται με το PV και υλοποιούνται με τη χρήση λεπτών στρωμάτων. Αυτό το πρότυπο πρέπει να εφαρμόζεται σε συσκευές επίπεδης πλάκας που δεν αντιμετωπίζονται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61215.

- IEC 61730 / EN 61730 "Προδιαγραφές ασφάλειας φωτοβολταϊκών (φωτοβολταϊκών στοιχείων)" έχει εκδοθεί για περαιτέρω εξετάσεις σχετικά με την ασφάλεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, κίνδυνο πυρκαγιάς, μηχανική και δομική ασφάλεια. Σημαντικό πεδίο εφαρμογής αυτού του προτύπου είναι η παροχή των θεμελιωδών κατευθυντήριων γραμμών για την πιστοποίηση της κατασκευής φωτοβολταϊκών πλαισίων που παρουσιάζονται για την έγκριση ασφαλείας που λαμβάνεται μέσω των δοκιμών που ορίζονται στο πρότυπο IEC 61215. (Ruhul and Sahar, 2014)

Τα διεθνή πρότυπα IEC 61215 και IEC 61646 περιλαμβάνουν την εξέταση όλων των παραμέτρων που είναι υπεύθυνες για τη γήρανση των φωτοβολταϊκών μονάδων και περιγράφουν τις διάφορες δοκιμές πιστοποίησης με βάση το τεχνητό φορτίο των υλικών. Μια νέα έκδοση του IEC 61215, η οποία ενσωματώνει και τα δύο πρότυπα, βρίσκεται στην πραγματικότητα υπό ανάπτυξη.

Το διεθνές πρότυπο EN 61730 πραγματοποιείται προκειμένου να τηρηθεί η ίδια σειρά δοκιμών που έχουν ήδη καθοριστεί για τους IEC 61215 και IEC 61646. Έτσι, η ίδια διαδικασία δειγματοληψίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των επιδόσεων και των συνθηκών ασφαλείας των φωτοβολταϊκών μονάδων. Ο βασικός στόχος αυτού του προτύπου είναι ο καθορισμός των θεμελιωδών αναγκών για διαφορετικές κατηγορίες εφαρμογών φωτοβολταϊκών μονάδων, αλλά δεν είναι σε θέση να καλύψει όλους τους εθνικούς και περιφερειακούς κατασκευαστικούς κώδικες.

Για να αποκτηθεί μια κατάλληλη πιστοποίηση του προϊόντος (για TÜV ή CERTISOLIS), είναι σημαντικό να πληρούνται οι απαιτήσεις των προτύπων EN 61215/61646 (προσόντων) και EN61730 (ασφάλειας). Αυτό το σημείο αναπτύσσεται περαιτέρω στο παραδοτέο.

Αυτά τα τρία υφιστάμενα πρότυπα προέρχονται από το IEC και καλύπτουν μόνο τις φωτοβολταϊκές μονάδες και τη μέτρηση της απόδοσής τους. Ο κύκλος ζωής των φωτοβολταϊκών στοιχείων θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σύλληψή τους και κυρίως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες θα λειτουργήσουν αυτά τα στοιχεία. Για την υλοποίηση στο κτίριο, οι μονάδες BIPV πρέπει επίσης να ακολουθήσουν κάποιες απαιτήσεις κτιρίου (Gan Peck and ZhiDong, 2015).

Από τις αρχές του 2016, το EN 50583 ("Φωτοβολταϊκά σε κτίρια") καθορίζει τις απαιτήσεις για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο περίβλημα του κτιρίου. Το πρώτο μέρος αυτού του προτύπου ισχύει για τις φωτοβολταϊκές μονάδες και το δεύτερο αφορά τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι ενσωματωμένα σε κτίρια με τις φωτοβολταϊκές μονάδες που χρησιμοποιούνται ως δομικά προϊόντα.

Το EN 50583 επικεντρώνεται στις ιδιότητες των φωτοβολταϊκών μονάδων και των συστημάτων που σχετίζονται με τις βασικές απαιτήσεις δόμησης όπως ορίζονται στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό Προϊόντων Κατασκευών CPR 89/106 / EEC και τις ισχύουσες ηλεκτροτεχνικές απαιτήσεις όπως αυτές ορίζονται στην Οδηγία 2006/95 / EC για Χαμηλή Τάση / ή πρότυπα CENELEC.

Για ορισμένες ειδικές εφαρμογές για προϊόντα PVSITES BIPV, εθνικά πρότυπα ή κανονισμοί για οικοδομικές εργασίες ενδέχεται να ισχύουν σε μεμονωμένες χώρες, οι οποίες δεν αναφέρονται ρητά στο πρότυπο EN 50583.

Όσον αφορά τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, το πλαίσιο των νόμων, των κανόνων, των οδηγιών και των διατάξεων είναι αρκετά πολύπλοκο και εξαρτάται από τη χώρα. Μπορεί να μοιραστεί ουσιαστικά σε δύο κύριες διαφορετικές κατευθύνσεις που ενδιαφέρουν την ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας:

- Νόμοι / διατάξεις / πρότυπα σχετικά με τη σύνδεση μεταξύ της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης και του ηλεκτρικού δημόσιου δικτύου.
- Οι συνθήκες ασφαλείας που χαρακτηρίζουν την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και τη χρήση τους.

Για παράδειγμα, στη Γαλλία, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων καθορίζονται σαφώς από ένα πρότυπο, γνωστό από τους ηλεκτρολόγους: τον κανόνα NF C 15 100. Το πρότυπο αυτό καθορίζει τις προϋποθέσεις που πρέπει απαραίτητα να πληρούνται για την ηλεκτρική εγκατάσταση στη Γαλλία και

είναι αναγκαίο να ανανεωθούν προκειμένου να εξεταστούν όλες οι καινοτομίες και όλες οι ανάγκες. Το παρόν πρότυπο ορίζει επίσης ότι οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις είναι ενσωματωμένες και επεξεργασμένες στον οδηγό UTE C15-712 και UTE C 15 400.

Αρκετά εθνικά ή περιφερειακά πρότυπα φωτοβολταϊκών που αναπτύχθηκαν με την πάροδο των ετών δεν έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα IEC ή διαφέρουν ελαφρώς από τα υπάρχοντα πρότυπα IEC. Αυτά τα πρότυπα μπορεί να είναι πολύ πολύτιμα, δεδομένης της γενικής έλλειψης προτύπων. Τα εθνικά και περιφερειακά πρότυπα έχουν περιορισμούς σε μια παγκόσμια οικονομία. Μια γενική εναρμόνιση στα μέλη της ΕΕ είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη προϊόντων BIPV στην ευρωπαϊκή αγορά.

Σε κλίμακα προϊόντων, υπάρχουν αρκετά πρότυπα από το IEC και είναι απαραίτητα για την απόκτηση κατάλληλης πιστοποίησης. Τα BIPV ως ηλεκτρικά εξαρτήματα και προϊόντα δομικών κατασκευών υπόκεινται στις ισχύουσες ηλεκτρικές απαιτήσεις που ορίζονται στην Οδηγία περί χαμηλής τάσης 2006/95 / ΕΚ και στις απαιτήσεις κατασκευαστικών έργων που ορίζονται στον Κανονισμό CPR 305/2011 για τα Ευρωπαϊκά Προϊόντα Κατασκευής. Τα BIPV είναι φωτοβολταϊκά στοιχεία που αντικαθιστούν την εμφάνιση και τη λειτουργία ενός πρωτογενούς δομικού υλικού. Ανάλογα με το συγκεκριμένο πλαίσιο, το σύστημα BIPV πρέπει να ικανοποιεί βασικές απαιτήσεις για κατασκευαστικά στοιχεία, όπως μηχανική αντίσταση και σταθερότητα, ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς, υγιεινή και υγεία των ανθρώπων, ασφάλεια και προσβασιμότητα κατά τη χρήση, προστασία από τον θόρυβο, βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων (Patlitzianas et al., 2015).

Στον τομέα των παραδοσιακών προϊόντων, η διαδικασία αξιολόγησης συνδέεται με την ικανοποίηση των εναρμονισμένων προτύπων. Αυτό το εναρμονισμένο πρότυπο καθορίζει τη διαδικασία πιστοποίησης, τις δοκιμές, την ταξινόμηση για να πιστοποιεί τις επιδόσεις των προϊόντων και την αντοχή τους. Ορισμένοι υαλοπίνακες που περιέχουν BIPV μπορούν να έχουν πρόσβαση στην πιστοποίηση εάν συμμορφώνονται με εναρμονισμένα πρότυπα προϊόντων που ισχύουν για το γυαλί στην κατασκευή. Για να αποκτηθεί σήμανση CE για ένα συγκεκριμένο προϊόν BIPV, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια ευρωπαϊκή τεχνική συμφωνία (ETA) ή να εκπονηθεί ένα εναρμονισμένο πρότυπο. Για το σκοπό αυτό, οι απαιτήσεις δοκιμών που δεν καθορίζονται στα ισχύοντα πρότυπα BIPV πρέπει να εξηγούνται ώστε να καλύπτουν

όλα τα χαρακτηριστικά επιδόσεων που απαιτούνται από τους κανονισμούς σε οποιοδήποτε κράτος μέλος. Για τις μονάδες BIPV η σήμανση CE διευκολύνει την πρόσβαση στην αγορά και επιτρέπει την ελεύθερη κυκλοφορία των προϊόντων στην Ευρώπη. Επιτρέπει επίσης στον κατασκευαστή να αποδείξει ότι το προϊόν του συμμορφώνεται με τη νομοθεσία της ΕΕ και τις απαιτήσεις της ΕΕ για την ασφάλεια, την υγεία ή το περιβάλλον. Άλλες διαδικασίες πιστοποίησης ή εθνικές συμφωνίες, όπως η ATEC (Τεχνική Αξιολόγηση), μπορούν επίσης να επιτρέψουν την εμπορία προϊόντων PVSITE στη χώρα χρήσης.

Άλλα εμπόδια μπορούν να εμφανιστούν, σε κλίμακα κτιρίων. Το προϊόν, με τις συγκεκριμένες λειτουργίες του και τις εφαρμογές του, πρέπει να σέβεται τις τεχνικές και αισθητικές απαιτήσεις και να είναι οικονομικά αποδοτικό ώστε να είναι ανταγωνιστικό με τα άλλα υπάρχοντα προϊόντα στην αγορά.

Ως δομικό στοιχείο, η BIPV πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΚ), όπως η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση. Αυτές οι οδηγίες προωθούν τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυρίως στις νέες κατασκευές, προκειμένου να αποκτήσουν σχεδόν το 2050 το «κτίριο σχεδόν μηδενικής ενέργειας» (NZEB) και σχεδόν το ουδέτερο απόθεμα άνθρακα μέχρι το 2050. Ακόμα και αν δεν είναι σαφές ότι οι BIPV, όπως η AC της Μαδρίτης στην Ισπανία ή η Μεγάλη Λυών στη Γαλλία, επιβάλλουν τη χρήση των ΑΠΕ σε νέα κτίρια. (Gan Peck and ZhiDong, 2015)

Τέλος, η δυσκολία τυποποίησης για το BIPV είναι ότι πρέπει να εξεταστούν τα δύο χαρακτηριστικά των μονάδων BIPV (χρώμα, σχήμα, μέγεθος ...) και να οικοδομήσουν την ολοκλήρωση με συγκεκριμένη εφαρμογή, υλοποίηση και αρχιτεκτονικό αποτέλεσμα. Προκειμένου να προχωρήσουμε στην τυποποίηση, τα προϊόντα PVSITES πρέπει να εκ βιομηχανοποιηθούν, πράγμα που θα έρχεται σε αντίθεση με μια καλή αρχιτεκτονική ολοκλήρωση. Κάθε κατασκευαστικό έργο μπορεί να έχει ιδιαιτερότητες και τα προϊόντα BIPV χρειάζονται κάποια ευελιξία για να λάβουν υπόψη αυτές τις ιδιαιτερότητες. Η πλήρης ενσωμάτωση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας απαιτεί πολύπλοκη και στενή αλληλοσύνδεση όλων των εμπλεκόμενων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που είναι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη προϊόντων, προϊόντων, μάρκετινγκ, προγραμματιστές, προγραμματιστές, αρχιτέκτονες και

εγκαταστάτες. Μια τέτοια ολιστική προσέγγιση απαιτεί πλήθος κτιρίων να πληρούν τους ηλεκτροτεχνικούς κώδικες για να παρέχουν πρόσβαση στο ηλεκτρικό δίκτυο.

2.2.2. Εφαρμογή στις Προσόψεις Κτιρίων

Η φωτοβολταϊκή πρόσοψη είναι ένα σύστημα που αποτελείται από δύο διαφανείς στρώσεις που χωρίζονται από μια αεριζόμενη κοιλότητα, η οποία μπορεί να είναι φυσική, υποστηριζόμενη από ανεμιστήρα ή μηχανές. Η πρόσθετη στρώση μπορεί να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση, την ποιότητα του εξαερισμού και τη μόνωση των κτιρίων και επίσης μπορεί να μειώσει τη ζήτηση ψύξης το καλοκαίρι και τη ζήτηση θέρμανσης το χειμώνα. Η πρόσοψη διπλού στρώματος μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος όπως η επίδραση της πίεσης του ανέμου, η θερμότητα, η ψυχρότητα, το φως, ο θόρυβος κλπ. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ πρέπει να ενσωματωθούν στην εξωτερική πρόσοψη για να επιτευχθεί η υψηλότερη απόδοση.



Εικόνα 17: Πρόσοψη σε σχολικό κτίριο (Πηγή: Mobidec 2019)

Η πρόσοψη διπλού στρώματος που εγκαθίσταται στην πρόσοψη γενικά, μπορεί να εγκατασταθεί ενιαίο σύστημα. Η εξωτερική στρώση μπορεί να καλύπτεται με μονάδες ή με διπλά τζάμια. Όταν η φωτοβολταϊκή μονάδα θα ενσωματωθεί στο τοίχωμα του κτιρίου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η μονάδα με διπλά τζάμια, η οποία είναι

εξοπλισμένη με χαμηλής εκπομπής, ηλιακό έλεγχο ή επιχρίσματα υψηλής απόδοσης. Εκτός από την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μονάδων στην περιοχή της πρόσοψης του κτιρίου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα αδιαφανές ή ημιδιαφανές ηλιακό έλασμα. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες μπορούν επίσης να παρεμποδίσουν το ηλιακό φως να εισέλθει στο κτίριο και να προστατεύσει το εσωτερικό περιβάλλον. Ενώ οι φωτοβολταϊκές μονάδες προστατεύουν το κτίριο από το ηλιακό φως, θερμαίνονται και η απόδοση των μονάδων αυξάνεται. Εξαιτίας αυτού του λόγου ο αέρας μέσα στην κοιλότητα της διπλής πρόσοψης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτική εγκατάσταση ορισμένα μέρη του κτιρίου.



Εικόνα 18: Πρόσοψη διατηρητέου κτιρίου (Πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών φωτοβολταϊκών 2019)

2.3. Μελέτη και Βελτιστοποίηση Παραμέτρων

2.3.1. Ενεργειακή Βελτιστοποίηση

Η διαχείριση ζήτησης της ενέργειας διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην αξιοπιστία και τη διάφορες προσεγγίσεις βελτιστοποίησης που βοηθούν στην επίλυση των αναγκών που έχουν οι χρήστες των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Η βελτιστοποίηση περιλαμβάνει την ενσωμάτωση της αποθηκευμένης ενέργειας με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και την παραγόμενη ενέργεια, προκειμένου να μειωθεί η συμβατική ενέργεια. Ο ρόλος της βελτιστοποίησης είναι να γίνει το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας όσο το δυνατόν ευνοϊκότερο. Διάφοροι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης έχουν χρησιμοποιηθεί στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλά γνωστά προβλήματα βελτιστοποίησης

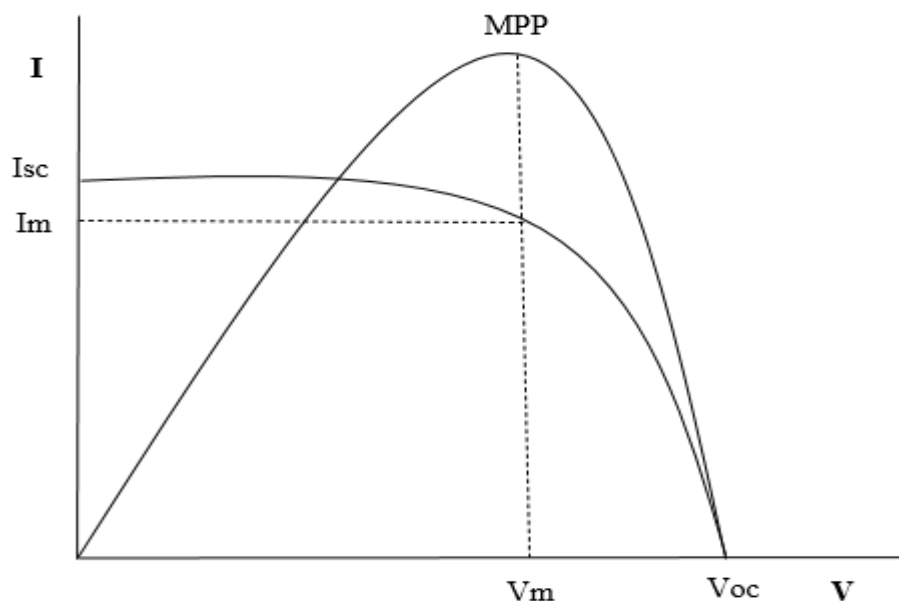
περιλαμβάνουν διαμόρφωση τροφοδοσίας, πρόβλημα ελέγχου τάσης και πρόβλημα δέσμευσης μονάδας. Η βελτιστοποίηση του δικτύου βασίζεται σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και της αμφίδρομης επικοινωνίας. Σε γενικές γραμμές, η βελτιστοποίηση υλοποιείται από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της τελικής χρήσης. Επίσης, η βελτιστοποίηση βελτιώνει την απασχόληση των σημερινών υποδομών και εξαλείφει τα έξοδα σε νέες εγκαταστάσεις παραγωγής, μεταφοράς και διανομής. Επιπλέον, μπορεί να μειωθεί το συνολικό κόστος μεταφοράς ενέργειας στους τελικούς χρήστες, καθιστώντας έτσι την τέλεια ισορροπία μεταξύ αξιοπιστίας, διαθεσιμότητας, αποτελεσματικότητας και κόστους. Στις παρακάτω γραμμές, θα αναλυθούν ορισμένες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ενεργειακή βελτιστοποίηση.

Μέθοδοι MPPT

Η παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας προσφέρει τα οφέλη της καθαρής, μη ρυπογόνου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, της παραγωγής ενέργειας κοντά στον καταναλωτή με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης και της ιδιαίτερα εκτεταμένης διάρκειας ζωής. Πρόσφατα, η παραγωγή φωτοβολταϊκής ενέργειας είναι ένα από τα καλύτερα αναπτυσσόμενα πεδία για τους μηχανικούς. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μεγιστοποίησης της εξόδου ισχύος μιας συστοιχίας φωτοβολταϊκών συστοιχιών. Η MPPT μέθοδος ελέγχου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης προτάθηκε και εκτίμησε τη διαδικασία για κάθε δύο διεργασίες διαταραχή στην αναζήτηση για τη μέγιστη ισχύ εξόδου της συστοιχίας φωτοβολταϊκού δικτύου. Η μέθοδος εκτίμησης-διαταραχής-διαταράξεως (EPP) βελτιώνει σημαντικά την ακρίβεια παρακολούθησης και την ταχύτητα του ελέγχου MPPT. Εισάγετε την άσκηση των τεχνικών BFO και ABFO για να αναπτύξετε ένα καλά οργανωμένο μοντέλο πρόβλεψης για την πρόβλεψη διαφόρων παραμέτρων εισόδου για τη λήψη μέγιστης ισχύος. Μια μέθοδος βελτιστοποίησης σωματιδίων σμήνης (PSO) του MPPT για φωτοβολταϊκά συστήματα προτάθηκε και συζητήθηκε η επίδραση διαφόρων συνθηκών ακτινοβολίας με μερική σκίαση. Διαπίστωσαν ότι η ισχύς εξόδου του φωτοβολταϊκού συστήματος αυξήθηκε με τη μέθοδο PSO. Η τεχνική τεχνητού νευρικού δικτύου (ANN) προτάθηκε για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα για να επιτύχει μέγιστη παρακολούθηση σημείου ισχύος (MPPT) και διαπίστωσε ότι ο νέος αλγόριθμος MPPT μπορεί να ψάξει το MPP γρήγορα και ακριβώς με βάση την τάση και το ρεύμα ανατροφοδότησης με

διαφορετική ηλιακή ακτινοβολία και θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι FLC και MPPT βασίστηκαν σε μια προσέγγιση ελέγχου τάσης του μετατροπέα ισχύος με ένα διακριτό ελεγκτή PI και εξάλειψη της διακύμανσης της ισχύος εξόδου του φωτοβολταϊκού συστήματος για την επίτευξη του MPPT. Ένας νέος ευεργετικός αλγόριθμος αναζήτησης που βασίζεται στον πληθυσμό προτάθηκε και συνέκρινε SOA με πρόσφατα αναφερθέντες αλγόριθμους βελτιστοποίησης όπως βελτιστοποίηση αναζήτησης βακτηριδίων (BFO) και γενετικός αλγόριθμος (GA). Διαπίστωσαν ότι το SOA είναι πιο αποτελεσματικό από το BFO ή το GA στην εύρεση της βέλτιστης παροδικής απόδοσης. Έχει προταθεί η νοημοσύνη του σμήνους με τον αλγόριθμο PO και αναλύονται ταλαντώσεις στην ισχύ εξόδου, την τάση και το ρεύμα του φωτοβολταϊκού συστήματος. Για την παρακολούθηση του MPPT του φωτοβολταϊκού συστήματος για την επίτευξη μέγιστης αποδοτικότητας του συστήματος και την επίτευξη μέγιστης ισχύος της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε σύγκριση με το παραδοσιακό P & O προτείνεται η μέθοδος διαταραχής και παρατήρησης (P & O). Μια μέθοδος ασαφούς λογικής για το MPPT ενός φωτοβολταϊκού συστήματος υπό συνθήκες μεταβλητής θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας προτάθηκε και ελήφθη ότι η απόδοση της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης αυξάνεται. Συγκρίνει 62 διαφορετικές τεχνικές του MPPT και έδωσε πληροφορίες για την επιλογή σωστού αλγόριθμου για την επιθυμητή έξοδο. Το μοντέλο φωτοβολταϊκής συσχέτισης με βάση το MATLAB αναπτύχθηκε και μελέτησε την επίδραση διαφόρων συνθηκών θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας στην απόδοση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Ένας νέος αλγόριθμος MPPT που χρησιμοποιεί νευροακουστικό σύστημα παρουσιάστηκε για να πάρει τη μέγιστη ισχύ σε όλους τους ακροδέκτες του μετατροπέα. Οι μέθοδοι MPPT που βασίζονται σε MATLAB / Simulink συζητήθηκαν από την άποψη της δυναμικής απόκρισης του φωτοβολταϊκού συστήματος σε μεταβολές της θερμοκρασίας και της ακτινοβολίας, εφικτή απόδοση και εκτιμήσεις εφαρμογής. Η τεχνική FLC παρέχει καλύτερο και πιο αξιόπιστο έλεγχο για το φωτοβολταϊκό δίκτυο με ποικίλες καιρικές συνθήκες. Η αποδοτικότητα του συστήματος MPPT του φωτοβολταϊκού συστήματος αυξήθηκε κατά 2% χρησιμοποιώντας τη μέθοδο P & O. Για να πάρουμε το MPPT κάτω από διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας μόνο όταν παραλείψαν όλες τις μη γραμμικότητες στις χαρακτηριστικές καμπύλες I-V. Ένας νέος αλγόριθμος ΒΔΤ για τον σχεδιασμό ελέγχου MPPT προτάθηκε σε φωτοβολταϊκό σύστημα βασισμένο σε ελεγκτή PI ελεγχόμενης επαναφοράς μοτέρ (SRM) και ο ανεπτυγμένος ελεγκτής PI χρησιμοποιήθηκε για την

επίτευξη MPPT παρακολουθώντας την τάση και το ρεύμα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας. Η απόδοση του ανεπτυγμένου αλγόριθμου ΒΔΤ συγκρίθηκε με τη βελτιστοποίηση σωματιδίων σμήνους (PSO) για διάφορες διαταραχές για να επιβεβαιωθεί η αντοχή του. Παρόλα αυτά, η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος εξακολουθεί να θεωρείται πιο δαπανηρή. Η μείωση του κόστους και η MPPT του φωτοβολταϊκού συστήματος υπόκεινται σε εκτεταμένη έρευνα (Sidawi et al., 2011).



Εικόνα 19:Χαρακτηριστικές καμπύλες I-V , P-V , σημείο μέγιστης απόδοσης.

Όλος ο ελεγκτής MPPT εργάζεται προς την κατεύθυνση της ρύθμισης ενός βέλτιστου κύκλου λειτουργίας του μετατροπέα ώθησης έτσι ώστε η τάση που παράγεται από τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια να μπορεί να ενισχυθεί στην επιθυμία. Οι παρακάτω μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την λήψη του MPPT της φωτοβολταϊκής γεννήτριας (Patlitzianas et al., 2015).

Μέθοδος Βελτιστοποίησης Particle swarm

Η μέθοδος βελτιστοποίησης σμήνους σωματιδίων (PSO) είναι μια τεχνική στοχαστικής βελτιστοποίησης βασισμένη στον πληθυσμό. Το σύστημα προετοιμάζεται με έναν πληθυσμό τυχαίων λύσεων και αναζητά βέλτιστες γενιές ισχύος. Το PSO έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε πολλούς τομείς: βελτιστοποίηση λειτουργίας, τεχνητή εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων, έλεγχος ασαφούς συστήματος και άλλες περιοχές στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί το GA (Sidawi et al., 2011).

Μέθοδος Διαταραχής και Παρατήρησης (P&O)

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως για το MPPT είναι η P & O. Ο αλγόριθμος μεθόδου P & O ασκεί απλή ρύθμιση ανάδρασης και μικροσκοπικές μετρημένες παραμέτρους. Σε αυτή τη μέθοδο, η τάση της μονάδας δίδεται περιοδικά σε διαταραχή και η ισχύς εξόδου συγκρίνεται με εκείνη του προηγούμενου κύκλου διαταραχής. Αυτή η διαταραχή προκαλεί μεταβολές στην ισχύ εξόδου της ηλιακής μονάδας. Αν η ισχύς αυξάνεται λόγω της διατάραξης, τότε η διαταραχή συνεχίζεται στην ίδια κατεύθυνση. Μετά τη λήψη της μέγιστης ισχύος, το MPP είναι μηδέν και στην επόμενη στιγμή μειώνεται και κατά συνέπεια η διαταραχή αντιστρέφεται. Όταν φτάσει η σταθερή κατάσταση ο αλγόριθμος ταλαντεύεται γύρω από το MPP (Patlitzianas et al., 2015).

Μέθοδος Βελτιστοποίησης Bacterial Foraging

Η μέθοδος Bacterial Foraging Optimization Algorithm (BFOA) είναι νέα στην οικογένεια αλγορίθμων βελτιστοποίησης που εμπνέονται από τη φύση. Ένα βακτήριο κινείται με μικρά βήματα, ενώ ψάχνει για θρεπτικά συστατικά, ονομάζεται χημειοταξία και η βασική ιδέα του BFOA μιμείται τη χημειοτακτική κίνηση εικονικών βακτηρίων στην περιοχή παρατήρησης. Κατά τη διάρκεια της αναζήτησης των πραγματικών βακτηριδίων, η μετακίνηση επιτυγχάνεται με ένα σύνολο τραβηγμένων μαστίγιων. Η Flagella βοηθά ένα βακτήριο να πέσει ή να κολυμπήσει, δύο βασικές λειτουργίες που πραγματοποιούνται από ένα βακτήριο κατά τη στιγμή της ιχθυοτροφίας. Όταν περιστρέφουν το μαστίγιο κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού, κάθε μαστίγιο τραβάει το κελί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανεξάρτητη μετακίνηση των μαστίγιων και τελικά το βακτήριο πέφτει με μικρότερο αριθμό περιστροφών ενώ σε ένα επιβλαβές μέρος πέφτει συχνά για να βρει μια βαθμίδα θρεπτικών συστατικών (Liridon et al., 2015).

Η μετακίνηση των μαστίγιων στην κατεύθυνση προς τα αριστερά (Swim) βοηθά το βακτήριο να κολυμπήσει με πολύ γρήγορο ρυθμό. Συνήθως, τα βακτήρια κινούνται για μεγαλύτερη απόσταση σε μια φιλική κατάσταση. Αυτή η εμπειρία ενθάρρυνε την εισαγωγή ενός γεγονότος αναπαραγωγής στο BFOA (Patlitzianas et al., 2015).

Βάσει της μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας που παρουσιάζουν τα κτίρια, αλλά και του ποσοστού συμμετοχής τους στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καθίσταται φανερή η ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Για το λόγο αυτό θεσπίστηκαν πρότυπα και κανονισμοί στη χώρα μας, όπως κυριότερο τον Κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Οι κανονισμοί αυτοί καθόρισαν όρια και έθεσαν νέα πρότυπα για τον συνολικό σχεδιασμό των κτιρίων και των επί μέρους συστημάτων που τα απαρτίζουν, ενώ άλλαξαν τον τρόπο αντιμετώπισης του κτιριακού κελύφους. Έτσι, η μέχρι πρότινος τακτική, το κέλυφος των κτιρίων να σχεδιάζεται από τους αρχιτέκτονες μηχανικούς με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνεται στην ικανοποίηση πολλών παραγόντων ,κατασκευαστικών και αισθητικών, διαμορφώθηκε εκ νέου για τη βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του. Η στροφή που παρατηρήθηκε στο σχεδιασμό των κτιρίων, με την εστίαση της προσοχής και στο κέλυφός τους, έλαβε χώρα μετά την συνειδητοποίηση του αδιαμφισβήτητου πλέον γεγονότος, ότι για τα περισσότερα κτίρια το κέλυφός τους διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο στην ενέργεια που καταναλώνεται για τον κλιματισμό τους. Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο εξασφαλίζεται εν μέρει με τον κατάλληλο σχεδιασμό του κτιρίου και τη χρήση ενεργειακά αποδοτικών δομικών στοιχείων και συστημάτων, και εν μέρει μέσω της υψηλής αποδοτικότητας των εγκατεστημένων ενεργειακών συστημάτων, η οποία προϋποθέτει την άριστη ποιότητα του σχετικού εξοπλισμού και της εγκατάστασής του καθώς και των σχετικών τεχνικών μελετών που τον προδιαγράφουν.

2.3.2. Οικονομική Βελτιστοποίηση

Ο υπολογισμός των οικονομικών στοιχείων μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι το κλειδί για την κατανόηση του κατά πόσο μια επένδυση είναι εφικτή και εύλογη. Εκτός από μια μελέτη για να εκτιμηθεί κατά πόσο η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος είναι πρακτική και ρεαλιστική, απαιτείται οικονομική ανάλυση για να καθοριστεί εάν η οικονομική επένδυση σε αυτό το σύστημα είναι επίσης οικονομικά υγιής. Γενικά, τα φωτοβολταϊκά συστήματα χαρακτηρίζονται από μεγάλες αρχικές επενδύσεις κεφαλαίου από τον χρήστη ενέργειας που απαιτούν προσεκτική οικονομική

ανάλυση και προγραμματισμό. Το κόστος κεφαλαίου ενός φωτοβολταϊκού συστήματος μειώνεται κάθε χρόνο, επειδή μειώνεται όχι μόνο το κόστος του εξοπλισμού αλλά και οι εγκαταστάτες που επιτυγχάνουν ανώτερες μεθόδους εγκατάστασης και χαμηλότερο κόστος συντήρησης. Για παράδειγμα, παρόλο που οι τιμές των φωτοβολταϊκών μονάδων παρέμειναν σταθερές από το 2004 έως το 2008, το κόστος κεφαλαίου των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μειώθηκε λόγω των καλύτερων συστημάτων ραφιών και χαμηλότερων χρηματοδοτικών δαπανών. Ωστόσο, παρόλο που το κόστος κεφαλαίου των φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώθηκε σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία, παραμένει σημαντικό και αποτελεί τον κύριο επιβλαβή παράγοντα των επενδύσεων σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Από την άλλη πλευρά, το κόστος λειτουργίας και συντήρησης είναι συνήθως μικρό και συχνά αμελητέο σε σύγκριση με το κόστος αγοράς ενέργειας από πάροχο. (Fantidis, Bandekas, Potolias and Vordos, 2013)

Δεδομένου ότι το αρχικό κόστος κεφαλαίου των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων είναι υψηλό, μια σωστή οικονομική ανάλυση είναι ύψιστης σημασίας. Οι αυτόνομες εφαρμογές πρέπει να έχουν ακριβή μεγέθη και να εκτιμάται σωστά η παραγωγή των συστημάτων που συνδέονται με το δίκτυο, διαφορετικά θα υπήρχαν σημαντικές χρηματικές ποινές στον ιδιοκτήτη. Οι απλές οικονομικές αξιολογήσεις που βασίζονται μόνο στις παρούσες οικονομικές τιμές είναι ανεπαρκείς και οι προσεγγίσεις "κανόνας" είναι ανακριβείς και οικονομικά επικίνδυνες. Ωστόσο, η σωστή οικονομική αξιολόγηση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος δεν είναι πολύπλοκη. Τα ακόλουθα τμήματα περιγράφουν τις ζωτικές οικονομικές παραμέτρους που είναι σημαντικές για την οικονομική βελτιστοποίηση των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων, μια μέθοδο οικονομικής βελτιστοποίησης και παραδείγματα αξιολόγησης του συστήματος (Dusonchet and Telaretti, 2011).

Συμπεριλαμβανομένης μιας εγκατάστασης ενέργειας, το βέλτιστο μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος αυξάνεται σε σύγκριση με τα σενάρια χωρίς αποθήκευση. Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο επικερδής από την τροφοδοσία του πλεονασματικού φωτοβολταϊκού ηλεκτρισμού στο δίκτυο. Το μέγεθος του φωτοβολταϊκού συστήματος αυξάνεται επίσης με το μειωμένο επενδυτικό κόστος για τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Το επενδυτικό κόστος είναι υπερβολικά υψηλό για να επιτύχει κάθε ετήσια εξοικονόμηση κόστους ηλεκτρικής ενέργειας. Για μεγαλύτερες τιμές, το επενδυτικό κόστος πρέπει να μειωθεί περαιτέρω ή το μεταβλητό στοιχείο της

τιμής λιανικής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να αυξηθεί. Στην Ελλάδα, αντίθετα, με τη σημαντικά υψηλότερη μεταβλητή συνιστώσα της τιμής λιανικής της ηλεκτρικής ενέργειας, οι δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους της κατανάλωσης αυτογενώς παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικά υψηλότερες. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη επέκταση του μεγέθους του φωτοβολταϊκού συστήματος και της χωρητικότητας αποθήκευσης (Sidawi et al., 2011).

Ως εκ τούτου, η οικονομική βιωσιμότητα των κοινών φωτοβολταϊκών συστημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την απόλυτη τιμή του μεταβλητού στοιχείου της τιμής λιανικής ηλεκτρικής ενέργειας. Για την Ελλάδα, μια χώρα με υψηλή τιμή λιανικής ηλεκτρικής ενέργειας, η έννοια είναι σαφώς κερδοφόρα. Λόγω της περιορισμένης κερδοφορίας στην Αυστρία, της μη αποδοτικότητας σε περίπτωση αντιστοίχισης της παραγωγής φωτοβολταϊκών και των φορτίων για μεμονωμένα διαμερίσματα, καθώς και ενός μικρού δυναμικού εξοικονόμησης κόστους σε περίπτωση συγκέντρωσης φορτίων όλων των διαμερισμάτων, είναι σημαντικό να εφαρμοστούν επιχειρηματικά μοντέλα, με αποτέλεσμα μια κερδοφόρα κατάσταση τόσο για τους μισθωτές όσο και για τους ιδιοκτήτες ή τους κατοίκους εν γένει. Για την καλύτερη συνύπαρξη της κοινής φωτοβολταϊκής ιδέας με το ίδιο το ενεργειακό σύστημα, περαιτέρω αναπροσαρμογές του νομικού πλαισίου θα είναι αναπόφευκτες στο εγγύς μέλλον, προκειμένου να βελτιωθούν και να επεκταθούν τα βασικά επιχειρηματικά μοντέλα. Εκτός από τις νομοθετικές τροποποιήσεις, πρέπει να αναπτυχθούν λύσεις για τους ενοικιαστές που αρνούνται τη συμμετοχή στην κοινή φωτοβολταϊκή έννοια, όπως και οι κανονισμοί για την αντιμετώπιση των αλλαγών του μισθωτή (Liridon et al., 2015).

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η αυτοπαραγωγή φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας σε πολυκατοικίες, πρέπει να βρεθούν προμηθευτές ενέργειας που υποστηρίζουν κοινές ιδέες για την ηλεκτρική ενέργεια. Δύο βασικά επιχειρησιακά μοντέλα προσφέρονται: Ενεργοποίηση και σύναψη συμβάσεων. Στην περίπτωση του Enabling, ο ιδιοκτήτης του φωτοβολταϊκού συστήματος πωλεί το σύνολο της παραγόμενης φωτοβολταϊκής ηλεκτρικής ενέργειας στον προμηθευτή ενέργειας. Ο τελευταίος αγοράζει φωτοβολταϊκό ηλεκτρικό ρεύμα, σε περίπτωση που χρησιμοποιείται σε κοινό φωτοβολταϊκό σχεδιασμό, σε υψηλότερη τιμή από αυτήν που συνήθως πληρώνεται για τροφοδοσία από φωτοβολταϊκά συστήματα. Οι κάτοικοι που συμμετέχουν στην κοινή τεχνολογία φωτοβολταϊκών ηλεκτρικών ειδών αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια σε χαμηλότερη τιμή από αυτήν που συνήθως πληρώνει για την

ηλεκτρική ενέργεια που αγοράζεται από το δίκτυο. Για να καλύψουν το υπολειπόμενο φορτίο, τροφοδοτούνται με ενέργεια από το ηλεκτρικό δίκτυο. Το πλεονέκτημα αυτού του επιχειρηματικού μοντέλου είναι ο υψηλός βαθμός αντιστάθμισης για τους ιδιοκτήτες, αφού ο προμηθευτής ενέργειας αγοράζει ολόκληρη την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα, ανεξάρτητα από τον αριθμό των ενοικιαστών που συμμετέχουν στην κοινή φωτοβολταϊκή έννοια. Εκτός αυτού, αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο εγγυάται την κερδοφορία του ενοικιαστή. Στο επιχειρηματικό μοντέλο της σύναψης συμβάσεων, ο προμηθευτής ενέργειας καθιερώνει την κοινή ιδέα ηλεκτρισμού (κυρίως φωτοβολταϊκά σε συνδυασμό με την CHP), επιβαρύνοντας όλο το κόστος και προμηθεύει τους ενοικιαστές με ηλεκτρική ενέργεια σε ελκυστικές τιμές. Αυτό το επιχειρηματικό μοντέλο βασίζεται σε μακροχρόνιες συμβάσεις με τους ιδιοκτήτες, οι οποίοι μισθώνουν τον χώρο που απαιτείται για την εγκατάσταση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Sidawi et al., 2011).

2.4. Η Αυτοπαραγωγή με Ενεργειακό Συμψηφισμό (net-metering)

Ο συμψηφισμός παραγόμενης-καταναλισκόμενης ενέργειας (γνωστός με τον όρο net-metering) αποτελεί ένα από τα εργαλεία προώθησης της αυτοπαραγωγής και ιδιοκατανάλωσης με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και εφαρμόζεται σε διάφορες χώρες, κυρίως για εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών. 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. Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών σταθμών από αυτοπαραγωγούς θεσπίστηκε με την ΥΑ ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.24461 (ΦΕΚ 3583B/31.12.2014) η οποία καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε από την υπουργική απόφαση ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ.175067 (ΦΕΚ 1547B/5.5.2017) και αφορά στην εγκατάσταση σταθερών φωτοβολταϊκών σταθμών για την κάλυψη ιδίων αναγκών από καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού. Με το Ν.4414/2016 (ΦΕΚ 149A/9.8.2016) η αυτοπαραγωγή με ενεργειακό συμψηφισμό

επεκτάθηκε και σε άλλες τεχνολογίες και συγκεκριμένα στις μικρές ανεμογεννήτριες, σταθμούς βιομάζας/βιοαερίου/βιορευστών, μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς και σταθμούς συμπαραγωγής ηλεκτρισμού-θερμότητας (Σ.Η.Θ.Υ.Α.). Αυτός ο οδηγός επικεντρώνεται στα φωτοβολταϊκά, καθώς υπάρχει τώρα ένα έργο που λειτουργεί για αυτή την καινοτομία. Οι λεπτότητες των διαφορετικών προόδων θα επιλυθούν νωρίτερα και όχι αργότερα από τα σημαντικά όργανα Η ενεργειακή αντιστάθμιση είναι η αντιστάθμιση της ενέργειας που παράγεται από τον φωτοβολταϊκό σταθμό με την ενέργεια που καταναλώνεται στα εργοστάσια της γεννήτριας, η οποία ολοκληρώνεται σε μια τριετή προϋπόθεση. Στην ενεργειακή εκκαθάριση, η ενέργεια που δημιουργείται δεν χρειάζεται να συγχρονιστεί με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Αναφέρεται σε ένα φωτοβολταϊκό σταθμό που εισάγεται στον ισοδύναμο ή κοντινό χώρο ως γραφείο αξιοποίησης, το οποίο συνδέεται με το δίκτυο μέσω παρόμοιου εφοδιασμού. Ιδιαίτερα για τους αυτοαπασχολούμενους οι οποίοι είναι νόμιμα στοιχεία ανοικτού ή ιδιωτικού δικαίου που επιδιώκουν αλλαγές για λόγους γενικού ή κοντινού πεδίου όπως αυτοί που περιλαμβάνονται στο Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Επιχειρήσεων του 3/25 Ν. 3874/2010 (Α «151) των εκμεταλλεύσεων που χαρακτηρίζονται από τον νόμο 3874/2010 ή αγροτικές χρήσεις, όπως ορίζεται από τον νόμο 4414/2016, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και μικρών ανεμογεννητριών θα μπορούσε να επιτρέψει την αντιμετώπιση των δικών τους θεμάτων και την εφαρμογή της αντιστάθμισης εικονικής ενέργειας. Η αντιστάθμιση της εικονικής ενέργειας αντισταθμίζει την ενέργεια που παραδίδεται από τον φωτοβολταϊκό σταθμό με την ενέργεια που καταναλώνεται στον εαυτό του δημιουργώντας σταθμούς παραγωγής ενέργειας, ο ένας από τους οποίους είτε δεν βρίσκεται στον ισοδύναμο είτε συνεχόμενο χώρο ως φωτοβολταϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής ή είναι ισοδύναμος ή κοντά, αλλά δεν συνδέεται με την εγκατάσταση ηλεκτρικής εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού σταθμού (μη ηλεκτρικά συνδεδεμένη), με άλλα λόγια με τον φωτοβολταϊκό σταθμό και τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής παρέχονται διάφορες προμήθειες. Αναφέρεται σε έναν φωτοβολταϊκό σταθμό ο οποίος εισάγεται στην αντίστοιχη Περιφερειακή Μονάδα με τα γραφεία αξιοποίησης στα οποία έχει εξαντληθεί και τα οποία συνδέονται με το Διασυνδεδεμένο Δίκτυο.



Εικόνα 20: Διασυνδεδεμένο δίκτυο ενεργειακού συμψηφισμού (πηγή: Σύνδεσμος Εταιριών φωτοβολταϊκών 2018)

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, ο φωτοβολταϊκός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής θα εισαχθεί στην αντίστοιχη Περιφερειακή Μονάδα και σε ένα παρόμοιο ηλεκτρικό πλαίσιο με τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με τις οποίες εξέρχεται. Σε όλες τις περιπτώσεις αντιστάθμισης εικονικής ενέργειας, θα επιτρέπεται η αντιστάθμιση και η έγχυση ενέργειας που σχετίζονται μόνο με διατάξεις παρόμοιου επιπέδου τάσης. Η αυτογενής γεννήτρια θα πρέπει να παρουσιάσει ανακοίνωση στον Διαχειριστή του Δικτύου (DEDDIE SA) με τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης που σχετίζονται με την εικονική ενεργειακή εκκαθάριση. Η αυτογενής γεννήτρια μπορεί να αλλάξει τα πλεονεκτήματα αξιοποίησης που σχετίζονται με την αντιστάθμιση εικονικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της σύμβασης αντιστάθμισης εικονικής ενέργειας (SEES), με άλλα λόγια με επακόλουθες προκηρύξεις για να συμπεριλάβει ή να αφαιρέσει οφέλη από την αξιοποίηση. Τόσο η τροφοδοσία του φωτοβολταϊκού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και η σύγκριση της χρήσης εξισορρόπησης πρέπει να είναι για χάρη ενός παρόμοιου χαρακτηριστικού ή νόμιμου ατόμου και πρέπει υποχρεωτικά να τηρείται από παρόμοιο πάροχο. Οι αρχές της λιτότητας για την αξιοποίηση εικονικών δικτυωτών πλεγμάτων καθορίζονται στο έγγραφο RA APEIL / A / Φ1 / ec.175067 (ΦΕΚ 1547B / 5.5.2017). Σύμφωνα με αυτή την Υπουργική Απόφαση, η εκκαθάριση των ενεργειακών ισοζυγίων ολοκληρώνεται επί του παρόντος όπως το ρολόι (μέχρι την έκδοση της υπουργικής απόφασης σε ετήσια βάση). (Patlitzianas, et al., 2015)

2.5. Εφαρμογή Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων από Αυτοπαραγωγούς με Ενεργειακό Συμψηφισμό

A. Στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (επικράτεια και διασυνδεδεμένα νησιά)

α) Η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να φτάσει έως και 20 kW ή έως το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης ρεύματος του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής (σε kVA) αν το τελευταίο μέγεθος υπερβεί τα 20 kWp. Για μια συνηθισμένη κατανάλωση ενέργειας 35 kVA (πρότυπη τροφοδοσία Νο 3), η πλέον ακραία επιτρεπόμενη φωτοβολταϊκή ισχύς είναι 20 kWp, ενώ για μια συνολική κατανάλωση ισχύος 85 kVA (πρότυπη τροφοδοσία 5), η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς είναι 42,5 kWp. Καθώς το όριο δημιουργίας σε σχέση με τη μήτρα χαμηλής τάσης είναι 100 kWp, για μια κατανάλωση ισχύος 250 kVA (πρότυπη τροφοδοσία αριθ. 7), ο φωτοβολταϊκός σταθμός είναι περιορισμένος στα 100 kWp. Παρατηρείται ότι η μέγιστη επαρκής ισχύς των συστημάτων ηλικίας ενός σταδίου είναι 5 kWp, συνεπώς σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας ενός σταδίου η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος περιορίζεται σε 5 kWp. (Ruhul and Sahar, 2014)

β) Ειδικά για νόμιμα στοιχεία, ανεξάρτητα από το αν είναι ανοιχτά ή ιδιωτικά, επιδιώκοντας ανοικτούς ή άλλους ανοικτούς σκοπούς ίντριγκας, γενικού ή κοντινού πεδίου εφαρμογής, η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συνηθισμένης κατανάλωσης ενέργειας.

(γ) Για οποιαδήποτε κατάσταση η πιο ακραία ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εισαχθεί δεν πρέπει να ξεπερνά το πιο απομακρυσμένο σημείο των 500 kWp.

Διασυνδεδεμένο Σύστημα				
Επίπεδο τάσης	Τυποποιημένο μέγεθος παροχής	Συμφωνημένη Ισχύς (ΣΙ) παροχής (kVA)	Μέγιστη επιτρεπτή ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος αυτοπαραγωγής (kWp)	
			Φυσικά ή νομικά πρόσωπα	ΝΠΙΔ ή ΝΠΔΔ, κοινωφελούς ή άλλου δημοσίου συμφέροντος σκοπού
Χαμηλή τάση	03	8	5	5
	05	12	5	5
	1	15	15	15
	2	25	20	25
	3	35	20	35
	4	55	27,5	55
	5	85	42,5	85
	6	135	67,5	100
7	250	100	100	
Μέση τάση	-	-	50%*ΣΙ και μέχρι 500 kWp	100%*ΣΙ και μέχρι 500 kWp

Ειδικώς στην Πελοπόννησο (συμπεριλαμβανομένου του τμήματος κατάντη του ΚΥΤ Κουμουνδούρου προς Πελοπόννησο) και στο τμήμα της Εύβοιας νοτίως του Αλιβερίου, καθώς και στα νησιά Άνδρο και Τήνο, η μέγιστη ισχύς φωτοβολταϊκού συστήματος περιορίζεται επί του παρόντος στα 20 kWp.

Εικόνα 21: Πίνακας παροχής για σύνδεση στο δίκτυο(Πηγή: ΔΕΔΔΗΕ 2019)

Β. Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (aNd)

α) Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, το όριο των φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να φτάσει τα 10 kWp και ιδιαίτερα στην Κρήτη έως και 20 kWp ή έως το ήμισυ της συνολικής κατανάλωσης ισχύος kVA, αν δοθεί ότι το τελευταίο μέγεθος υπερβαίνει τα 10 kWp ή για την Κρήτη 20 kWp. (Liridon et al., 2015)

2.6. Απαιτήσεις για τη Σύνδεση του Φωτοβολταϊκού Συστήματος με το Δίκτυο

Ο φωτοβολταϊκός σταθμός συνδέεται με το Δίκτυο. Για την κατάσταση των αντισταθμίσεων ισχύος, για σύνδεση, ο Διαχειριστής Δικτύου (DEDDIE SA) χρησιμοποιεί την τροφοδοσία μέσω της οποίας τροφοδοτείται ο σταθμός παραγωγής

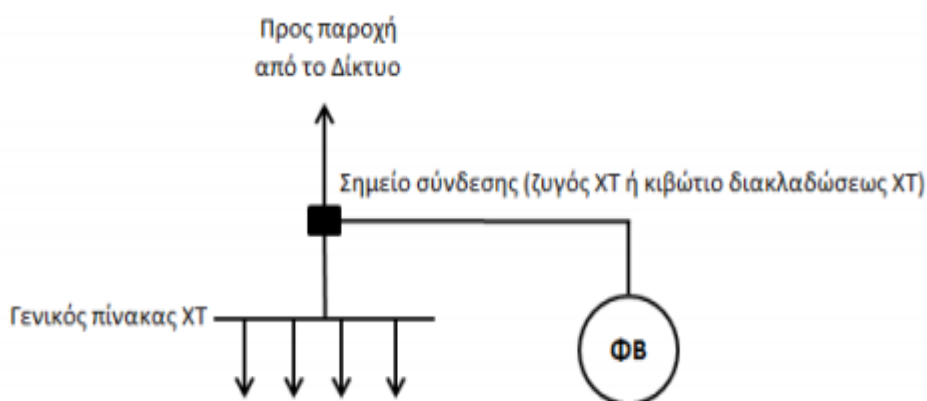
ηλεκτρικής ενέργειας όπου είναι εγκατεστημένος ο φωτοβολταϊκός σταθμός, όταν είναι πραγματικά εφικτό. Ο αυτογενής απαιτείται να εγγυηθεί ότι μπορεί να εισαχθεί ο απαιτούμενος αναμειγμένος μετρητής ενέργειας αντί για την τροφοδοσία ρεύματος, όπως ακριβώς και η εγκατάσταση ενός μετρητή δημιουργίας που θα είναι ένα κομμάτι του ενεργητικού του συστήματος. Η ένωση σχετίζεται με έναν τρέχοντα αριθμό προμήθειας καταναλωτή προς όφελος του κατασκευαστή. Εξηγείται ότι σε υπάρχοντα γραφεία ΧΤ ενός σταδίου, η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 5 kWp. Για υψηλότερη φωτοβολταϊκή ισχύ, είναι σημαντικό να δημιουργηθεί τροφοδοσία μεταβαλλόμενη σε τρία στάδια. Η χρήση ενεργειακών πλεγμάτων απαιτεί το χρονικό της προσέγγισης (ενέργειας που καταναλώνεται από το δίκτυο) και της ενεργειακής απόδοσης (ενέργεια 13/25 που εγχέεται στο πλαίσιο). Για το σκοπό αυτό, εάν ο τρέχων μετρητής του συστήματος κατανάλωσης δεν έχει από τώρα την εν λόγω χωρητικότητα, θα αντικατασταθεί από έναν άλλο μετρητή δύο μετρητών. Απαιτείται επίσης ένας επόμενος μετρητής για την ποσοτικοποίηση της ενέργειας που δημιουργείται από το φωτοβολταϊκό σύστημα. (Liridon et al., 2015)

Λόγω της αντιστάθμισης εικονικής ενέργειας:

Όταν υπάρχει ένα εξισορροπημένο γραφείο που βρίσκεται στο ισοδύναμο ή κοντινό χώρο ως γραφείο δημιουργίας και έχει επιλεγεί για να συνδεθεί με αυτό, ο Δίκτυο Διαχειριστής (DEDDIE SA) θα χρησιμοποιήσει την παροχή μέσω αυτής της σύνδεσης. η οποία προμηθεύει τη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπου εισάγεται ο φωτοβολταϊκός σταθμός, όπου είναι πραγματικά εφικτή, γενικά ο κατασκευαστής θα αποκτήσει το κόστος της κατάλληλης επέκτασης της τροφοδοσίας. Ο αυτογενής απαιτείται να εγγυηθεί ότι ο απαιτούμενος μετρητής εμφυτευμένου ηλεκτρισμού μπορεί να εισαχθεί αντί της τρέχουσας παροχής, όπως και η δημιουργία ενός μετρητή δημιουργίας που θα είναι ένα κομμάτι του εσωτερικού ηλεκτρικού του συστήματος. Αυτή η σύνδεση σχετίζεται με έναν τρέχοντα αριθμό προμήθειας καταναλωτή για χάρη του κατασκευαστή. Άλλα γραφεία κατανάλωσης προς την θάλασσα παραμένουν συνδεδεμένα μέσω υπάρχοντων γραφείων και χρημάτων. (Ruhul and Sahar, 2014)

Όταν δεν υπάρχει γραφείο κατανάλωσης στον ισοδύναμο ή παρακείμενο χώρο όπως το γραφείο παραγωγής ή όταν δεν υπάρχει ακόμα επιλογή για συσχέτιση με το γραφείο δημιουργίας και κατά συνέπεια υπάρχει κατανάλωση για παρόμοιες ανάγκες εγκατάστασης (π.χ. μετατροπείς, σύστημα ασφαλείας, νυχτερινό φωτισμό), για τη

σύνδεση, ο Διαχειριστής Δικτύου (DEDDIE SA) χρησιμοποιεί άλλη τροφοδοσία που τροφοδοτεί αποκλειστικά το γραφείο παραγωγής. Ο αυτογενής απαιτείται για να εξασφαλίσει ότι μπορεί να εισαχθεί ο απαιτούμενος μετρητής αντί για το νέο τροφοδοτικό. Η ένωση θα πρέπει να αναφέρεται σε έναν άλλο αριθμό κατανάλωσης για χάρη του κατασκευαστή. Το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν συσχετίζεται με τον γενικό πίνακα ΧΤ της εγκατάστασης αλλά σε ένα σημείο πριν από αυτό, οπότε ο πίνακας γενικής κατανάλωσης παρέχεται ταυτόχρονα από το δίκτυο και το φωτοβολταϊκό σύστημα.



Εικόνα 22: Φωτοβολταϊκό σύστημα και γενικός πίνακας

3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία θα αναλύσουμε μια μελέτη εγκατάστασης των τεχνολογιών φωτοβολταϊκών ηλιακών παραθύρων που θα επικεντρωθεί στα δομικά τους χαρακτηριστικά, τα λειτουργικά υλικά, την ανάπτυξη του συστήματος και την καταλληλότητα χρήσης, όπου τα χαρακτηριστικά απόδοσης της παραγωγής ενέργειας συνοψίζονται και συγκρίνονται με την αποδοτικότητα της εγκατάστασης.

Για να γίνει περισσότερο ακόμα κατανοητή η θεωρία η οποία έχει παρουσιάσει η έρευνα, θα προχωρήσει σε μια μελέτη περίπτωσης εφαρμογής ηλιακών παραθύρων σε γραφείο εταιρίας όπου μέσα σε αυτό λειτουργούν και μηχανήματα παραγωγής.

Αρχικά παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εγκατάστασης με φωτοβολταϊκά ηλιακών παραθύρων, και στην συνέχεια παρουσιάζονται λύσεις για την πιο αποδοτική λειτουργία τους.

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει ηλιακά παράθυρα πλαισιωμένα τοποθετημένα κάθετα κατά μήκος του κτιρίου, και περιλαμβάνει έναν ελεγκτή φόρτισης χωρίς σύστημα αποθήκευσης(βρισκόμαστε σε διασυνδεδεμένο) μιας και στην παρούσα εργασία αναλύουμε την χρήση φωτοβολταϊκών ηλιακών παραθύρων και το σύστημα net metering.

4. Ανάλυση Περίπτωσης

Για την ανάλυση της έρευνας, έχει επιλεγθεί η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών στην πρόσοψη ενός κτιρίου. Τα αριθμητικά δεδομένα είναι αποτελέσματα μελέτης ομίλου εταιριών. Καταρχάς, αξίζει να αναφερθεί πώς η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών σε εκείνο το σημείο, δηλαδή την πρόσοψη, αντί στην οροφή του κτιρίου, έχει ορισμένα πλεονεκτήματα. Επιπλέον, αξίζει να ειπωθεί πώς με αυτήν την τοποθέτηση στην πρόσοψη, εξοικονομείται χώρος στην κτιριακή εγκατάσταση, ο οποίος μπορεί να αξιοποιηθεί εναλλακτικά. Αυτή όμως η επιλογή, χαρακτηρίζεται επίσης από μειωμένη απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων, καθώς η τοποθέτηση τους, εξορισμού, στις προσόψεις κτιρίων, είναι κάθετη, δηλαδή όχι στην κατάλληλη θέση και γωνία για την εκμετάλλευση της ολότητας της ηλιακής ενέργειας. Συνεχίζοντας, σε ένα κτίριο σαν αυτό που μελετάται στις παρακάτω γραμμές, μια γυάλινη αεριζόμενη πρόσοψη, παρέχει ενέργεια στην μορφή της θερμότητας από τον ήλιο, έχοντας έτσι σαν αποτέλεσμα την μείωση των αναγκών του κτιρίου σε θέρμανση και σε υψηλών προδιαγραφών μονώσεις.

Η τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στις προσόψεις των κτιρίων πρέπει να λαμβάνει υπόψιν στην αρχιτεκτονική του κτιρίου, αναβαθμίζοντας ταυτόχρονα τη μονωτική ικανότητα του και ελαχιστοποιώντας τις ανάγκες για θέρμανση και ψύξη. Στα πλαίσια της Ελλάδας, αν και το μεγαλύτερο ποσοστό των κτιρίων είναι κατασκευασμένα από σκυρόδεμα, τις τελευταίες δεκαετίες έκαναν την εμφάνισή τους και μεταλλικές κατασκευές με γυάλινη πρόσοψη κυρίως για επαγγελματικούς χώρους

και εμπορικά κέντρα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να βρουν εφαρμογή σε τοίχο και πρόσοψη κτιρίων με ποικίλους τρόπους και προτιμήσεις που επιτρέπει η υποδομή της κάθε κτιριακής εγκατάστασης. Στην αναφορά που γίνεται στην παρακάτω μελέτη παράγοντες όπως κλίση, απόδοση και λοιπά χαρακτηριστικά έχουν υπολογιστεί από του μηχανικούς που έκαναν την εγκατάσταση.

Το κτίριο το οποίο μελετάται έχει τις εξής διαστάσεις:

10 μέτρα πλάτος

20 μέτρα μήκος

2 όροφοι συνολικού ύψους 5 μέτρων

Καθώς ο στόχος είναι να καλυφθεί το κτίριο με φωτοβολταϊκά παράθυρα, πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι διαστάσεις του κτιρίου και να βρεθεί η επιφάνεια η οποία πρέπει να καλυφθεί με τα ηλιακά παράθυρα. Η νέα τεχνολογία επιτρέπει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των παραθύρων με "ψεκασμό" επιχρίσματος στις γυάλινες επιφάνειες. Έτσι παράγεται καθαρή ηλεκτρική ενέργεια σε διάφανα γυάλινα παράθυρα, κάνοντας χρήση της ενέργειας του φυσικού ηλιακού φωτός και τεχνητών πηγών, όπως λαμπτήρες φθορισμού και φωτισμός LED, τα οποία εγκαθίστανται συνήθως σε γραφεία, σχολεία, και εμπορικά κτίρια. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται τόσο από φυσικές όσο και τεχνητές πηγές φωτός. Για να γίνει αυτό, πρέπει να υπολογισθούν οι επιφάνειες των πλευρών του κτιρίου, καθώς η ταράτσα δεν προσμετράται σε αυτήν την επιφάνεια. Επομένως, η επιφάνεια προς κάλυψη με τα φωτοβολταϊκά παράθυρα είναι η εξής 1 πλευρά του κτιρίου η οποία λαμβάνει την μεγαλύτερη ηλιακή ενέργεια όλο το χρόνο:

Επιφάνεια προς κάλυψη = $20 \times 5 = 100$ τετραγωνικά μέτρα (m²)

Σε γενικές γραμμές ένα τυπικό κρυσταλλικό (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό) φωτοβολταϊκό πάνελ καταλαμβάνει 0,7 - 0,8 τετραγωνικά μέτρα για κάθε 100Watt συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου από αλουμίνιο (aluminium frame). Συνεπώς θεωρούμε ότι 1 κιλοβάτ φωτοβολταϊκών πάνελ καταλαμβάνει επιφάνεια 7,5 τετραγωνικών μέτρων/kWp κατά μέσο όρο. Επομένως, 130 κρυσταλλικοί υαλοπίνακες θα τοποθετηθούν στην επιφάνεια που αναφέρθηκε.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πώς το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένοι οι παραπάνω υαλοπίνακες είναι κρυσταλλικές κυψέλες.

Καθώς έχει υπολογισθεί η επιφάνεια προς κάλυψη, επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του κόστους της κάλυψης, σύμφωνα πάντα με το μοντέλο και το κόστος του μοντέλου ηλιακού παραθύρου. Για αυτόν τον σκοπό, θεωρούμε ότι η τιμή ανά τετραγωνικό μέτρο εγκατάστασης φωτοβολταϊκού παραθύρου, περιλαμβανομένου των εξαρτημάτων συνδεσμολογίας και της τοποθέτησης τους, είναι 300 ευρώ/m².

Λαμβάνοντας υπόψιν την τιμολόγηση του κάθε τετραγωνικού μέτρου φωτοβολταϊκού στα 300 ευρώ, μας επιτρέπεται να υπολογίσουμε το συνολικό κόστος κάλυψης της εγκατάστασης που ορίστηκε προηγουμένως. Επομένως, παρακάτω υπολογίζεται το συνολικό κόστος που θα απαιτηθεί για την αγορά των φωτοβολταϊκών:

Συνολικό κόστος αγοράς φωτοβολταϊκών= Τετραγωνικά μέτρα επιφάνειας * κόστος φωτοβολταϊκού παραθύρου /m² = 97,5 * 300= 29.250 ευρώ.

Τώρα, για να μπορέσουμε να βρούμε το αν η συγκεκριμένη επιλογή είναι η πλέον συμφέρουσα, πρέπει να υπολογισθούν τα συνολικά έξοδα σε ενέργεια του γραφείου και ύστερα να γίνει η σύγκριση με το κόστος και την μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση κεφαλαίων από το γραφείο.

Όσον αφορά τα κόστη του γραφείου, αξίζει να αναφερθεί πώς κατά μέσο όρο, το γραφείο ξοδεύει κάθε μήνα **1900≈2.000** ευρώ στις ενεργειακές του ανάγκες. Επομένως αυτό το ποσό μεταφράζεται σε **22.800** ευρώ ετησίως. Το παραπάνω ποσό μεταφράζεται σε 10.300 KWH κατανάλωσης μηνιαίως και σε 123.000 KWH μέσα στον χρόνο. Ανά ημέρα, το γραφείο έχει ανάγκη από 343 περίπου KWH.

Αν ληφθεί υπόψιν, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του προϊόντος:

Όταν η θερμοκρασία ενός παραθύρου προσεγγίζει τους 45C, το γυαλί απορροφά το 97% του ηλιακού φωτός. Το σκούρο αποτέλεσμα βοηθά στην ψύξη του εσωτερικού του κτιρίου, μειώνοντας την ανάγκη για κλιματισμό αν και αυτό δεν είναι πάντα δεδομένο. Παράλληλα, οι ολοκληρωμένες φωτοβολταϊκές μονάδες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Υπό ιδανικές συνθήκες, ένα τετραγωνικό μέτρο αυτού του

γυαλιού θα μπορούσε να παράγει περίπου 80 Watt ισχύος. Σε ρεαλιστικές εφαρμογές, θα εκτιμούσαμε περίπου 30 έως 40 Watt ανά τετραγωνικό μέτρο την ημέρα.

Φυσικά, υπάρχει ένα αρνητικό στοιχείο. Με απορρόφηση του 97% του ηλιακού φωτός, το γυαλί αυξάνει την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό. Από την άλλη πλευρά, παράγει αρκετό ηλεκτρικό ρεύμα για να τροφοδοτήσει φωτισμό LED. Από μόνος του, αυτό θα ήταν ζημία. Το κέρδος, ωστόσο, μπορεί να βρεθεί στη μείωση της ισχύος που απαιτείται για την ψύξη των χώρων, η οποία είναι πιο έντονη από την ηλεκτρική ανάγκη για φωτισμό. (Δεδομένου ότι το υλικό ενεργοποιείται με θερμότητα, η επίδρασή του θα είναι πιο έντονη τους καλοκαιρινούς μήνες.) Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας ("Nega-Watts") είναι σχεδόν πάντοτε λιγότερο δαπανηρή από την παραγωγή ενέργειας.

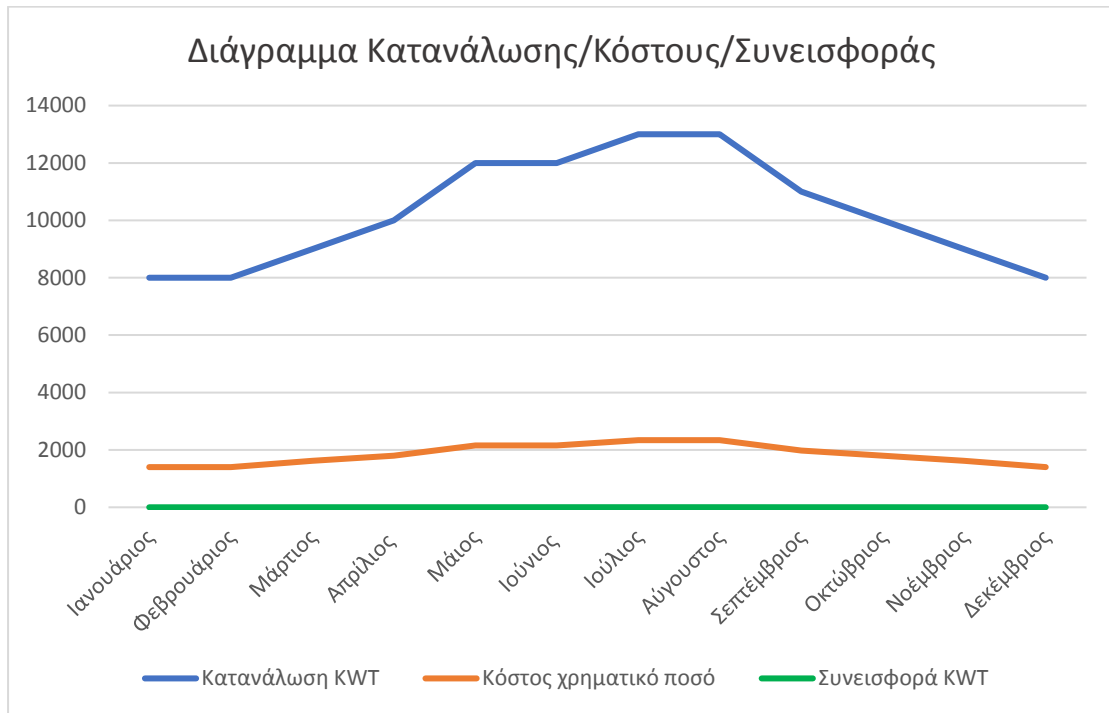
Λαμβάνοντας υπόψιν την μικρότερη δυνατή τιμή τα $97,5 \approx 100 m^2$ φωτοβολταϊκών παραθύρων του γραφείου και με δεδομένο το βαθμό απόδοσης της κάθετης προς το έδαφος κλίσης θα λέγαμε ότι μπορεί να παράγει το σύστημα $40 * 97,5 \approx 400 W$ την ημέρα. Τους καλοκαιρινούς μήνες η τιμή μπορεί και να διπλασιαστεί.

Εφόσον θα μειωθεί η κατανάλωση ρεύματος στο γραφείο τους καλοκαιρινούς μήνες, η διαφορά θα είναι πολύ μεγάλη, καθώς θα μειωθεί η ενεργειακή ανάγκη του γραφείου.

Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει την ενεργειακή κατανάλωση σε KWT του κτιρίου:

Μήνας	Κατανάλωση KWT	Κόστος Ενέργειας χρηματικό ποσό	Συνεισφορά Φωτοβολταϊκών KWT
Ιανουάριος	8000	1440	1
Φεβρουάριος	8000	1440	1
Μάρτιος	9000	1620	2
Απρίλιος	10000	1800	3
Μάιος	12000	2160	3
Ιούνιος	12000	2160	4
Ιούλιος	13000	2340	4
Αύγουστος	13000	2340	4
Σεπτέμβριος	11000	1980	3

Οκτώβριος	10000	1800	2
Νοέμβριος	9000	1620	1
Δεκέμβριος	8000	1440	1



Όπως θα παρατηρήσετε, μέσα στους καλοκαιρινούς μήνες η παραγωγή ενέργειας από το φωτοβολταϊκό σύστημα αυξάνεται κατακόρυφα σε σχέση με τους πιο κρύους μήνες.

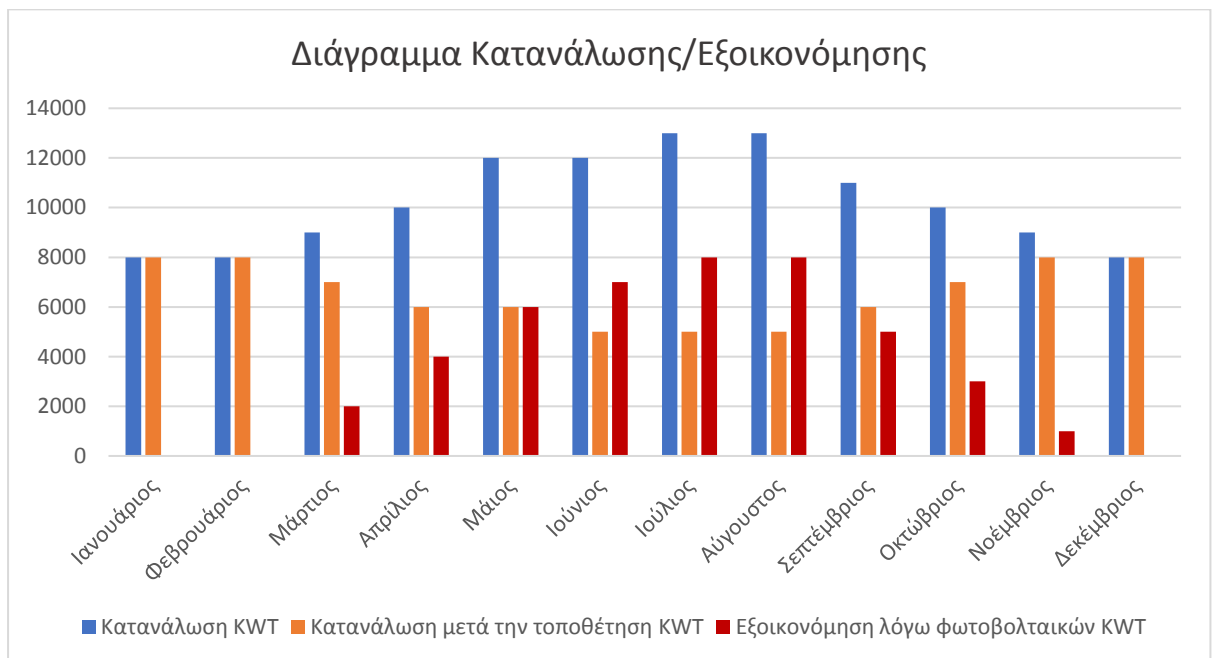
Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει τους αριθμοδείκτες της ενέργειας που απαιτούνταν πριν την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών όλους τους μήνες του χρόνου αλλά και την κατανάλωση ενέργειας συνολικά του κτιρίου. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να παρατηρηθεί πώς τόσο η ανάγκη σε ενέργεια όσο και η κατανάλωση ενέργειας μειώθηκε τους καλοκαιρινούς μήνες.

Μήνας	Κατανάλωση μετά τη τοποθέτηση ΚWT	Κόστος της ενέργειας μετά την τοποθέτηση σε χρηματικό ποσό
Ιανουάριος	8000	1440
Φεβρουάριος	8000	1440
Μάρτιος	7000	1260
Απρίλιος	6000	1080
Μάιος	6000	1080
Ιούνιος	5000	900
Ιούλιος	5000	900
Αύγουστος	5000	900
Σεπτέμβριος	6000	1080
Οκτώβριος	7000	1260
Νοέμβριος	8000	1440
Δεκέμβριος	8000	1440

Τέλος, όσον αφορά το οικονομικό και χρηματικό κομμάτι, κάνοντας τους κατάλληλους υπολογισμούς, εκτιμάται πώς τους καλοκαιρινούς μήνες η εξοικονόμηση χρημάτων από την ενέργεια θα είναι η μεγαλύτερη. Με τον παρακάτω ρυθμό, εκτιμάται πώς η απόσβεση των χρημάτων, δεδομένου του ότι οι τιμές θα παραμένουν σταθερές, θα έχει πραγματοποιηθεί σε ένα βάθος χρόνου βετίας.

Μήνας	Εξοικονόμηση λόγω Φωτοβολταϊκών ΚWT	Εξοικονόμηση χρημάτων ανά μήνα
Ιανουάριος	0	0
Φεβρουάριος	0	0
Μάρτιος	2000	360
Απρίλιος	4000	720
Μάιος	6000	1080

Ιούνιος	7000	1260
Ιούλιος	8000	1440
Αύγουστος	8000	1440
Σεπτέμβριος	5000	900
Οκτώβριος	3000	540
Νοέμβριος	1000	180
Δεκέμβριος	0	0



Το παραπάνω διάγραμμα αποτελεί μια αναπαράσταση του τελευταίου πίνακα με τα αριθμητικά στοιχεία πριν και μετά την τοποθέτηση όσον αφορά τις ανάγκες σε κατανάλωση ενέργειας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κατανάλωση ενέργειας για τις ανάγκες μείωσης της θερμοκρασίας των δωματίων τους καλοκαιρινούς μήνες μειωθήκανε κατακόρυφα.

5. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η βελτιστοποίηση του φαινομένου της χρήσης φωτοβολταϊκών παραθύρων έχει να κάνει κυρίως με την κλίση τους σε σχέση με την θέση που βρίσκεται το επιλεγμένο κτίριο και με τον καιρό που υπάρχει σε μια περιοχή. Όπως είναι λογικό, τα φωτοβολταϊκά έχουν μια προκαθορισμένη ικανότητα μετατροπής ηλιακής ενέργειας. Από αυτό το γεγονός συμπεραίνεται πώς το πλαίσιο μέσα στο οποίο θα χρησιμοποιηθούν, δηλαδή οι συνθήκες, όπως είναι το σημείο, η κλίση, ο καιρός και οι αυθαίρετες σκιάσεις στην περιοχή, θα καθορίσουν την ύπαρξη ή μη της βέλτιστης αξιοποίησης τους.

Η μηχανική αυτή τεχνολογία θα πρέπει κατά κάποιο τρόπο να συνδυαστεί με την αρχιτεκτονική μηχανική σε δομικό θέμα έτσι ώστε να έχουμε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα τόσο ενεργειακά όσο και κτιριακά με νέες πρωτότυπες ιδέες.

Παρά τη δηλωμένη πολυλειτουργικότητα των φωτοβολταϊκών που έχει ήδη εκφραστεί σε αρκετές μελέτες, η υιοθέτησή του αμφισβητείται παγκοσμίως από ορισμένα εμπόδια. Έχει υποστηριχθεί ότι οι στόχοι βιωσιμότητας του μέλλοντος μπορούν να επιτευχθούν μόνο εάν κοιτάξουμε πέρα από τις νέες τεχνολογίες και αντιμετωπίσουμε τους πολύπλοκους ανθρώπινους παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτησή τους και τη χρήση τους. Αρκετοί ερευνητές έχουν διερευνήσει αυτά τα εμπόδια και οι μελέτες τους δείχνουν ότι υπάρχουν διάφορες προοπτικές και ζητήματα ανησυχίας. Αυτά περιλαμβάνουν τις προκλήσεις στα διάφορα στάδια εφαρμογής, όπως το στάδιο σχεδιασμού και το στάδιο εγκατάστασης, και σε ορισμένες περιφερειακές περιπτώσεις, ο περιορισμός της εμπειρογνωμοσύνης, η έλλειψη προώθησης και τα οικονομικά ζητήματα. Υπάρχουν επίσης βασικά εμπόδια που είναι γενικά για την υιοθέτηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου και, σε ορισμένες περιπτώσεις, επηρεάζουν την ολοκλήρωση των άλλων τεχνολογιών ανανεώσιμης ενέργειας. Ορισμένα από αυτά τα γενικά ζητήματα από μια πιο ολιστική άποψη είναι η κοινωνικοτεχνική, η διαχείριση, η οικονομική και η πολιτική, καθώς και η γνώση και η πληροφόρηση. Άλλοι περιλαμβάνουν την ανεπαρκή παρουσίαση των βάσεων δεδομένων προϊόντων και έργων, την έλλειψη κατάλληλων επιχειρηματικών μοντέλων και την ανεπαρκή διάδοση των πληροφοριών σχετικά με τα φωτοβολταϊκά. Σε όλες σχεδόν τις μελέτες αυτές έχουν προταθεί στρατηγικές για την υπέρβαση αυτών των φραγμών. Αυτές οι

στρατηγικές είναι οδηγοί υπό διάφορες μορφές με τη δυνατότητα να προωθήσουν ή να διευκολύνουν την υλοποίηση του σχεδίου στο δομημένο περιβάλλον. Σε ορισμένες περιπτώσεις, προτείνονται λύσεις για την αντιμετώπιση ενός ή περισσότερων εμποδίων όταν εφαρμόζονται πλήρως.

Για τους ανθρώπους, τα ζώα και τα φυτά η ηλιακή ενέργεια είναι εξίσου σημαντική. Η ηλιακή ενέργεια επαινείται ως ανεξάντλητη πηγή καυσίμων που είναι ρύπανση και συχνά χωρίς θόρυβο. Η ηλιακή φωτοβολταϊκή τεχνολογία παρέχει μια τεχνολογικά εφικτή λύση για τις κοινωνίες τα τρέχοντα διλήμματα για την υγεία και το περιβάλλον που θέτει η εξάρτηση από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα. Η ηλιακή ενέργεια είναι ήδη οικονομικά βιώσιμη σε πολλές εφαρμογές και θα συνεχίσει να επεκτείνεται καθώς η παραγωγή συνεχίζει να αυξάνεται σε κλίμακα. Η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια είναι μία από τις ελάχιστες τεχνολογίες ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα με πολύ υψηλές δυνατότητες ανάπτυξης σε πολύ μεγάλη κλίμακα. Με βάση τις τελευταίες πληροφορίες στην τεχνολογία φωτοβολταϊκών, προκύπτει ότι:

Καμία βιομηχανία δεν έχει αναπτυχθεί τόσο γρήγορα όσο και απρόβλεπτα όπως η φωτοβολταϊκή βιομηχανία τα τελευταία χρόνια.

Καμία από τις φωτοβολταϊκές τεχνολογίες σήμερα δεν υπερέρχει και στα τρία βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά: υψηλή απόδοση μετατροπής ισχύος, χαμηλή κατανάλωση υλικών και χαμηλή πολυπλοκότητα και κόστος κατασκευής. Εάν οι φωτοβολταϊκές (PV) συσκευές θα μπορούσαν να παραχθούν μαζικά με πρέσες εκτύπωσης που χρησιμοποιούν τεχνολογία roll-to-roll (R2R), θα μπορούσαν να είναι προσιτά και πανταχού παρόντα. Τα τελευταία χρόνια έχουν προκύψει αρκετές νέες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών και οι τεχνολογίες αυτές βασίζονται σε νανοδομημένα υλικά ή νανοϋλικά που μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν για να επιτύχουν τις επιθυμητές οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες που μπορούν να επιτύχουν στόχους κόστους και απόδοσης. Εστιάζοντας στα μοναδικά χαρακτηριστικά, τα δυνατά σημεία και τις πιθανές εφαρμογές της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας θα βοηθήσει τον ανθρώπινο πολιτισμό να εντοπίσει τη χρυσή ευκαιρία για μελλοντική ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας και την εφαρμογή της για να καλύψει τη μελλοντική παγκόσμια ζήτηση ενέργειας.

6. Βιβλιογραφία

Apergis Nicholas a, Payne James E. (2010). Renewable and non-renewable energy consumption growth nexus: Evidence from a panel error correction model , vol (73), pp 733–738)

Bolük Gülden, Mert Mehmet. (2014). Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries, vol(74), pp(39-46)

Boqiang Lin a,n, Oluwasola E.Omoju b, Okonkwo Jennifer U. (2015). Factors influencing renewable electricity consumption in China, vol(55), pp(687–696)

Catalyzing mass production of solar photovoltaic cells using university driven green Laboratory of Geographic Information Systems in Urban and Regional Planning, vol(15), pp (881- 885)

Coburn Timothy και η Farhar Barbara (2004) , Public Reaction to Renewable Energy Sources and Systems, Encyclopedia of Energy, Volume 5

Dusonchet Luigi και Telaretti Enrico (2011). Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in eastern European Union countries, vol(38), pp(4011–4020)

Dusonchet Luigi, Telaretti Enrico (Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaic sin eastern European Union countries

Economou Agisilaos Photovoltaic systems in school units of Greece and their consequences

Fantidis J.G., Bandekas D.V., Potolias C., Vordos N. (2013). Cost of PV electricity – Case study of Greece vol(91), pp (120-130)

Hadjilambrinos Constantine 1996). Development of renewable energy resources in Greece - Policy initiatives and systemic constraints Vol. 24, No. 6, pp. 563-573

- Jebli Mehdi Ben, Youssef Slim Ben (2015) Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries , vol(83),pp(799–808)
- Kaldellis J.K. et al (2012),Renewable energy applications in Greece-What is the public attitude?, vol (42), pp(37-48)
- Korcaj Liridon et all (2015). Intentions to adopt photovoltaic systems depend on homeowners' expected personal gains and behavior of peers, vol (75), pp(407–415)
- Korcaj Liridon, Ulf J.J. Spada Hahnel, Hans (2015). Intentions to adopt photovoltaic systems depend on homeowners' expected personal gains and behavior of peers, vol(75), pp (407–415)
- Kyriakopoulos Grigorios L. A, Chalikias Miltiadis S. (2013) The Investigation of Woodfuels' Involvement in Green Energy Supply Schemes at Northern Greece: The Model Case of the Thrace, vol(8), pp (445 – 452)
- Omri Anis Duc Nguyen Khuong (2013). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence ,vol(72), pp(554-560)
- Patlitzianas Konstantinos D. et al (2015). Assessing the PV business opportunities in Greece vol(75), pp(651–657)
- Pearce Joshua M. (2006). International Journal of Sustainability in Higher Education
- Roumpakias Elias, Zogou Olympia, Stamatelos Anastassios (2015). Correlation of actual efficiency of photovoltaic panels with air mass, vol(74), pp(70–77)
- Rowland Ian H. (2004). Solar PV electricity and market characteristics: two Canadian case-studies vol (30), pp (815-834)
- Rowlands H Ian. (2005). Solar PV electricity and market characteristics: two Canadian casestudies, vol (30), pp (815–834)
- Salim Ruhul A., Shafiei Sahar (2014) Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis , vol(38), pp (581–591)
- Sidawi J. et all. (2011). Evaluation of the electrical properties under extreme stress in photovoltaic solar modules, vol (28)

Yean Gan Peck και ZhiDong Li (2015) Quantitative study on long term global solar photovoltaic market, vol(46), pp (88-99)

Yiping Fang (2010). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience vol(15_ pp(5120– 5128)

Energy Economics(2018).Photovoltaic building systems vol(pp 80)

