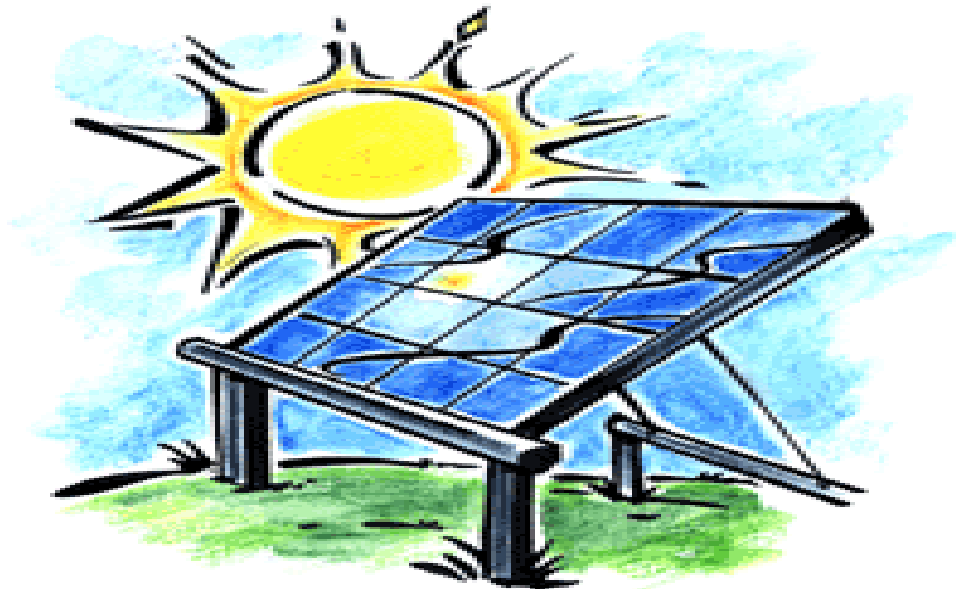


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΘΕΜΑ

Ολοκληρωμένος Σχεδιασμός Διαδικασιών Συντήρησης Φωτοβολταϊκών Σταθμών



ΝΤΑΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ.:7253 ΕΞΑΜΗΝΟ:12ο
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013

0. Εισαγωγή.....	6
1. Γενικά Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	7
1.1. Πηγές Ενέργειας.....	7
1.2. Μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	7
1.3. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	8
1.4. Πλεονεκτήματα των ΑΠΕ.....	10
1.5. Ηλιακή Ενέργεια	13
1.6. Ηλεκτρικό ρεύμα από τον Ήλιο.....	14
1.7. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	15
1.8. Μετατροπή Ηλιακής Ενέργειας σε Ηλεκτρική.....	18
1.9. Κατηγοριοποίηση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων στην Ελλάδα.....	18
1.10. Καθεστώς επενδύσεων Φ/Β στην Ελλάδα.....	19
1.10.1 Ορισμένα κομβικά σημεία των ισχυουσών νομοθετικών ρυθμίσεων.....	19
1.10.2 Αναστολή αδειοδότησης για ορισμένες κατηγορίες φωτοβολταϊκών.....	21
1.10.3 Νέες επενδύσεις.....	21
1.10.3.1 Οικιακά συστήματα.....	21
1.10.3.2 Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες επιχειρήσεων.....	23
1.10.3.3 Εμπορικές-βιομηχανικές στέγες.....	23
1.10.3.4 Φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους.....	24
2. Γενικές Πληροφορίες για τα Φωτοβολταϊκά Συστήματα.....	27
2.1. Διάκριση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ως προς τη διασύνδεσή τους.....	27
2.2. Πλεονεκτήματα.....	28
2.3. Μειονεκτήματα.....	28
2.4. Προδιαγραφές χώρου για την Εγκατάσταση Φ/Β.....	29
2.5. Γενικά Χαρακτηριστικά Φ/Β Συστημάτων.....	31
2.6. Συστατικά στοιχεία Φ/Β Σταθμού.....	32
2.6.1. Φ/Β Πλαίσια.....	32
2.6.2. Αντιστροφείς.....	33
2.6.3. Συσσωρευτές – Μπαταρίες Φ/Β.....	35
2.6.4. Βάσεις Στήριξης.....	37
2.6.5. Μετασχηματιστές – Πεδία Μέσης Τάσης.....	40
2.6.6. Καλωδιώσεις – Πίνακες.....	43
2.6.7. Διατάξεις αντικεραυνικής προστασίας.....	45
2.6.8. Συστήματα Παρακολούθησης και Καταγραφής Ηλεκτρικών Μεγεθών Φ/Β Σταθμού.....	46
3. Συντήρηση.....	48
3.1. Γενικά στοιχεία συντήρησης.....	48
3.1.1. Ορισμός της συντήρησης.....	48
3.1.2. Στόχος της συντήρησης.....	48
3.2. Κύρια συστήματα συντήρησης.....	48
3.2.1. Βελτιωτική συντήρηση.....	49
3.2.2. Προληπτική Συντήρηση.....	49
3.2.3. Επισκευαστική Συντήρηση.....	52
3.3. Μέθοδοι συντήρησης που εφαρμόζονται στην πράξη.....	52

3.3.1	Συντήρηση βασισμένη σε βλάβη.....	53
3.3.2	Περιοδική συντήρηση.....	53
3.3.3	Συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού.....	53
3.3.4	Οριακό σημείο σε συντήρηση βασισμένη σε δείκτες απόδοσης.....	54
4.	Διαδικασίες Συντήρησης Φ/Β Σταθμού.....	55
4.1.	Μορφές Συντήρησης.....	56
4.1.1.	Προληπτική Συντήρηση.....	56
4.1.2.	Διορθωτική ή Αντιδραστική Συντήρηση.....	59
4.2.	Στάδια προληπτικής συντήρησης.....	59
4.2.1	Προληπτική Συντήρηση.....	59
4.2.2	Παρακολούθηση	60
4.2.3	Εγγύηση.....	60
4.3.	Συντήρηση Επιμέρους Στοιχείων Φ/Β Σταθμών	60
4.3.1.	Φ/Β Πλαίσια	61
4.3.2.	Γεννήτριες.....	61
4.3.3.	Κουτιά διακλάδωσης	63
4.3.4.	Κατασκευές.....	64
4.3.5.	Μετατροπείς.....	64
4.3.6.	Καλώδια.....	64
4.3.7.	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός	65
4.3.8.	Μπαταρίες.....	65
4.3.9.	Μετεωρολογικοί σταθμοί	66
4.3.10.	Συστήματα Πυρανίχνευσης και Πυρόσβεσης	67
4.3.11.	Συστήματα Ασφάλειας και Παρακολούθησης	67
4.3.12.	Τήρηση Ημερολογίου.....	67
4.4.	Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	69
4.4.1	Έλεγχος με φυσική παρουσία	69
4.4.2	Απομακρυσμένος έλεγχος	70
4.5.	Πρόσθετες Διαδικασίες Συντήρησης	72
4.5.1.	Σύστημα Απόδοσης / Σκίασης.....	72
4.5.2.	Αυτόματο κλείσιμο ρελέ.....	73
4.5.3.	Αναγνώριση των αποτυχιών του συστήματος.....	73
4.5.4.	Κατάρτιση στην ενεργειακά αποδοτική συμπεριφορά.....	73
4.6.	Λίστα Έλεγχου σε Περίπτωση Αστοχίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού.....	74
4.7.	Κίνδυνοι και Απαραίτητες Προφυλάξεις κατά τις Διαδικασίες Συντήρησης.....	76
4.7.1	Κίνδυνοι Συντήρησης Επιμέρους Τμημάτων Φ/Β Σταθμού.....	77
4.7.2	Προειδοποιήσεις Ασφαλείας.....	78
5.	Κόστος Διαδικασιών Συντήρησης.....	79
5.1.	Κόστος προληπτικής και επισκευαστικής συντήρησης.....	79
5.2.	Καθαρισμός panels και Περιοχής.....	84
6.	Συμπεράσματα.....	86
7.	Κατάλογος Πινάκων.....	87

8. Βιβλιογραφία.....	88
----------------------	----

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά όλους όσους βοήθησαν για τη δημιουργία αυτής της εργασίας. Ευχαριστώ πάρα πολύ τους στενούς μου φίλους οι οποίοι με βοήθησαν με σχετικά άρθρα, όντας πιο κοντά στο αντικείμενο ασχολούμενοι με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω σφέστατα στους επιβλέποντες καθηγητές κ. Τσότσολα και κ. Γιαννακόπουλο, τόσο για την επιλογή τους να με δεχτούν να συνεργαστούμε για τη πραγμάτωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, όσο για τη συμβολή τους και την καθοριστική τους βοήθεια κατά τη διεκπεραίωση της. Ήταν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια της προετοιμασίας της πτυχιακής μου εργασίας, καθοδηγώντας με βήμα και επιδεικνύοντας μου τους ορθούς τρόπους διαδικασίας για την ομαλή και σωστή δημιουργία της. Ευχαριστώ εκ βάθους το ΤΕΙ Πειραιά για όλες τις γνώσεις και τα εφόδια που μου διοχέτευσε ως σύμβουλους και συνοδοιπόρους στην επαγγελματική μου σταδιοδρομία. Τέλος ευχαριστώ εγκάρδια τους φίλους και την οικογένειά μου για την στήριξη τους, την αγάπη, την κατανόηση και τη δύναμη που μου προσέφεραν απλόχερα καθ όλη τη διάρκεια της προετοιμασίας αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Ντάλης Γεώργιος

Νοέμβριος, 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ -ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο να τονίσει στους αναγνώστες της, την σημαντικότητα και την αναγκαιότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και το καθοριστικό ρόλο που παίζουν στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων, επιδρώντας θετικά, τόσο οικονομικά, όσο και βελτιώνοντας το βιοτικό τους επίπεδο. Επικεντρώνεται δε στην εισχώρηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων και τα οφέλη που παρέχει στον άνθρωπο. Σκοπός της είναι να παρουσιάσει αρχικά την δομή ενός ολοκληρωμένου φωτοβολταϊκού σταθμού, όλα τα συστατικά στοιχεία του σταθμού, όλες τις απαραίτητες διαδικασίες και τα καθεστώτα επενδύσεων που απαιτούνται για την ανάληψη μιας εγκατάστασης φωτοβολταϊκού σταθμού καθώς επίσης και τις απαραίτητες διαδικασίες συντήρησης, οι οποίες πρέπει να ληφθούν προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία του σταθμού χωρίς να παρακωλύεται.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε εξυπηρετεί στη διαλεύκανση όλων των σκοτεινών σημείων του αντικειμένου, για την ορθότερη κάλυψη όλων των αποριών των αναγνωστών σε πληροφορίες για τα φωτοβολταϊκα συστηματα. Τα επιμέρους κεφάλαια χωρίζονται σε πληροφορίες σχετικές με τη γενικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε γενικές πληροφορίες περί των φωτοβολταϊκών συστημάτων καθώς και της διάταξής τους, σε γενικές πληροφορίες περί του όρου συντήρησης καθώς και των επιμέρους συστημάτων συντήρησης και των διαδικασιών που ακολουθούνται, στις συγκεκριμένες διαδικασίες, οι οποίες πρέπει να εκτελούνται ορθά, ρητά και πιστά σε κάθε επιμέρους τμήμα του σταθμού και τέλος σε μια γενική αποτίμηση του συνολικού και τμηματικού κόστους του φωτοβολταϊκού σταθμού.

Ιδιαίτερη επισήμανση οφείλει να γίνει στα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε, καθώς στο σημείο αυτό αποτυπώνεται, τόσο η σημαντικότητα και η σπουδαιότητα των διαδικασιών συντήρησης, όσο και οι απαραίτητες διαδικασίες που πρέπει να λάβουν χώρα, οι οποίες κρίνονται και από οικονομικής άποψης αλλά και από τη δυνατότητα εφαρμογής και υλοποίησής τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: ΓΕΝΙΚΑ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

1.1. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι «αποθήκες» ενέργειας ονομάζονται «Πηγές Ενέργειας» και διακρίνονται σε αυτογενείς (πυρήνες ατόμων, ήλιος, γαιάνθρακες ή πετρέλαιο) και τεχνητές (ταμιευτήρες, ηλεκτρικοί συσσωρευτές). Επίσης διακρίνονται σε πρωτογενείς πηγές που περιλαμβάνουν τη δυναμική ενέργεια των πυρήνων και δευτερογενείς που είναι όλες οι άλλες μορφές / πηγές ενέργειας.

Όσον αφορά όμως τα αποθέματα ενέργειας (ενεργειακό δυναμικό), οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε συμβατικές ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Οι αυτογενής ή πρωταρχικές πηγές ενέργειας είναι αποθηκευμένες ή υπάρχουν στη φύση. Ο ήλιος είναι η πρωταρχική και η βασική πηγή ενέργειας της γης. Η ενέργειά του είναι αποθηκευμένη και σε άλλες πρωταρχικές πηγές, όπως στο κάρβουνο, στο πετρέλαιο, στο φυσικό αέριο, στη βιομάζα και προκαλεί τον υδρολογικό κύκλο και την ενέργεια του ανέμου. Άλλες πρωταρχικές πηγές ενέργειας που υπάρχουν στη γη είναι η πυρηνική ενέργεια των ραδιενεργών στοιχείων, η θερμική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο εσωτερικό της γης και βέβαια η δυναμική ενέργεια. Για να είναι χρήσιμη μια πηγή ενέργειας είναι αναγκαίες ορισμένες προϋποθέσεις :

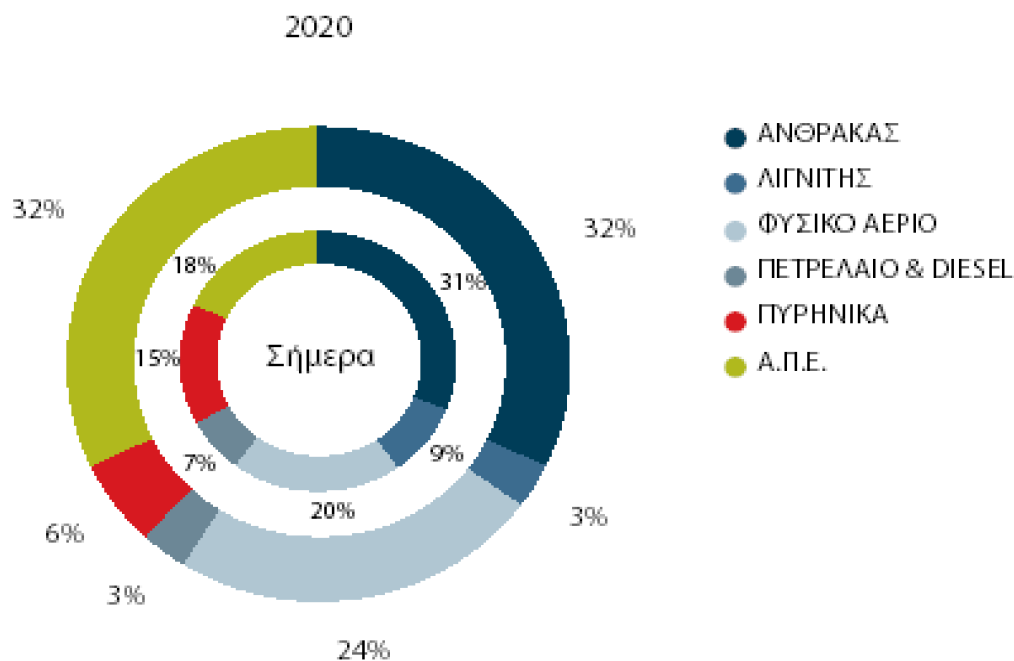
- Η ενέργεια αυτή να είναι άφθονη και η πρόσβαση στην ενεργειακή πηγή εύκολη
- Να μετατρέπεται χωρίς δυσκολία σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα σύγχρονα μηχανήματα
- Να μεταφέρεται εύκολα
- Να αποθηκεύεται εύκολα

1.2. ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

Αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Τα στερεά καύσιμα των γαιανθράκων, όπως λιγνίτη, ανθρακίτη, τύφρη
- Τα υγρά καύσιμα που παίρνουμε με κατεργασία, όπως μαζούτ, πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη κ.λπ.
- Τα αέρια καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, υγραέριο κ.λπ.
- Την πυρηνική ενέργεια που παίρνουμε από τη σχάση ραδιενεργών υλικών.

Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αυτές που χρησιμοποιούνται κυρίως τα τελευταία χρόνια και που έχουν οδηγήσει σε ενεργειακές κρίσεις, αλλά και στη δημιουργία σειράς προβλημάτων, με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Όπως φαίνεται και στον πίνακα, οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμμετέχουν στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κατά 85%.



Εικόνα 1: Κατανομή μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

1.3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ως ανανεώσιμες χαρακτηρίζονται οι πηγές που θα συνεχίζουν να μας παρέχουν ενέργεια σε βάθος χρόνου. Είναι οι πηγές ενέργειας που τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο, όπως:

- Ο ίδιος ο ήλιος (ηλιακή ενέργεια)
- Ο άνεμος (αιολική ενέργεια)
- Οι υδατοπτώσεις (υδροηλεκτρική ενέργεια)
- Η ενέργεια των κυμάτων, ρευμάτων, ωκεανών καθώς και
- Η ενέργεια βιομάζας

Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκει και η γεωθερμική ενέργεια που προέρχεται από το εσωτερικό της ης και σχετίζεται με την ηφαιστειότητα και τις ειδικότερες γεωλογικές και γεωτεκτονικές συνθήκες της κάθε περιοχής.

Η χρήση των ανανεώσιμων ή εναλλακτικών πηγών ενέργειας είναι ακόμη πολύ περιορισμένη σε παγκόσμια κλίμακα, εξυπηρετεί όμως το στόχο της προστασίας του περιβάλλοντος γιατί είναι «καθαρές» και φιλικές προς το περιβάλλον.

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για τη θέρμανση χώρων, τα μέσα μεταφοράς, την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τη λειτουργία των βιομηχανικών μονάδων. Με την πάροδο της οικονομίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου, η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται ολοένα. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο ποσοστό ενέργειας που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι το πετρέλαιο, η βενζίνη και ο άνθρακας. Πρόκειται για μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που αργά ή γρήγορα θα εξαντληθούν. Η παραγωγή και χρήση ενέργειας που προέρχεται από αυτές τις πηγές δημιουργούν μια σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα με αιχμή τους, το γνωστό σε όλους μας, φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την άλλη πλευρά, οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Ο ήλιος, ο άνεμος, τα ποτάμια, οι οργανικές ύλες όπως το ξύλο κι ακόμη τα απορρίμματα οικιακής και γεωργικής προέλευσης, είναι πηγές ενέργειας που προσφορά τους δεν εξαντλείται ποτέ. Υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον κι είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση άνθρακα και υδρογονανθράκων.

Το ενδιαφέρον για την ευρύτερη αξιοποίηση των ΑΠΕ, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών που δεσμεύουν το δυναμικό τους παρουσιάστηκε αρχικά μετά την πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και παγιώθηκε την επόμενη δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μια σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης σε τοπικό και εθνικό επίπεδο. Συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συντελούν και στη προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και την αξιοποίησή τους δε το επιβαρύνει, αφού δεν συνοδεύεται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές. Έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων.

Η Ελλάδα διαθέτει αξιόλογο δυναμικό ΑΠΕ, οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μια πραγματική εναλλακτική λύση για τη κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών.



Εικόνα 2: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΠΕ

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ΑΠΕ, είναι τα εξής :

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από συμβατικούς ενεργειακούς πόρους.
- Απαντούν στο ενεργειακό πρόβλημα για τη σταθεροποίηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, υποκαθιστώντας τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας από συμβατικές πηγές οδηγούν σε ελάττωση εκπομπών από άλλους ρυπαντές π.χ. οξείδια θείου και αζώτου που προκαλούν την όξινη βροχή.
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτησίας και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο.
- Είναι διάσπαρτες γεωγραφικά και οδηγούν στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος, δίνοντας τη δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, ανακουφίζοντας έτσι τα συστήματα υποδομής και μειώνοντας τις απώλειες από τη μεταφορά ενέργειας.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα ορθολογικής αξιοποίησης των ενεργειακών πόρων, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα των ενεργειακών αναγκών των χρηστών (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών, αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή).
- Έχουν συνήθως χαμηλό λειτουργικό κόστος που δεν επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της διεθνούς οικονομίας και ειδικότερα των τιμών των συμβατικών καυσίμων.
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ δημιουργούν σημαντικό αριθμό νέων θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο.
- Μπορούν να αποτελέσουν σε πολλές περιπτώσεις πυρήνα για την αναζωογόνηση οικονομικά και κοινωνικά υποβαθμισμένων περιοχών και πόλο για την τοπική ανάπτυξη, με την προώθηση ανάλογων επενδύσεων (π.χ. καλλιέργειες θερμοκηπίου με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας).

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως ηλιακή, αιολική, γεωθερμική και ενέργεια βιομάζας έχουν τη μικρότερη επίδραση στο περιβάλλον. Αυτές οι «φιλικές προς το περιβάλλον» πηγές ενέργειας δίνουν στο καταναλωτή ένα εναλλακτικό τρόπο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αυτόν με τη χρήση άνθρακα, πυρηνικής ενέργειας, φυσικού αερίου, πετρελαίου και μεγάλων υδροηλεκτρικών μονάδων. Σήμερα οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργούν με άνθρακα παράγουν το μεγαλύτερο ποσοστό ηλεκτρικής ενέργειας στο κόσμο. Όμως αυτή η φθηνή μέθοδος προκαλεί τη μεγαλύτερη καταστροφή στο περιβάλλον με την εκπομπή τοξικών αερίων. Αυτά τα τοξικά αέρια, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου, σε συνδυασμό με το νερό της βροχής δημιουργούν την όξινη βροχή και συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.¹ (Καλκάνης Γ.,1997)

Παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα είναι μια χώρα ιδιαίτερα ευνοημένη σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (κυρίως ηλιακή, αιολική, γεωθερμία και βιομάζα) δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές ώστε να αξιοποιηθούν, κάτι που θα οδηγούσε σε αύξηση της συμμετοχής τους στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας σε μεγαλύτερο ποσοστό συγκρινόμενη με τις υπόλοιπες χώρες.

Αξιοποιώντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, θα μπορούσαν να αναπτυχθούν οι βιομηχανικές δραστηριότητες που έχουν σχέση με αυτές, κάτι που θα επέφερε σημαντικά οφέλη στη χώρα μας, εκτός από περιβαλλοντικά και οικονομικά, καθώς θα αναπτύσσονταν δραστηριότητες για τις οποίες η συμμετοχή της ενέργειας στο κόστος του τελικού προϊόντος θεωρείται σημαντική με τη χρήση των ΑΠΕ αντί της συμβατικής τεχνολογίας και θα οδηγούσε την παραγωγή κάποιων προϊόντων, όπως τα οπωροκηπευτικά, τα άνθη, η ιχθυοκομεία κ.α., ανταγωνιστική και συμφέρουσα. Επιπλέον θα αναπτυσσόταν η εθνική βιομηχανία παραγωγής συστημάτων συλλογής και μετατροπής της ηλιακής και αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια και από τη δημιουργία αυτών των συστημάτων θα είχαμε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας καθώς και τη συγκράτηση εξαγωγής συναλλάγματος αφού μέχρι πρότινος γινόταν με εισαγωγή αυτών των συστημάτων από το εξωτερικό.² (ΚΑΠΕ,1997)

Μια από τις πιο γνωστές μορφές ήπιας ενέργειας είναι η υδραυλική δηλαδή η ενέργεια που φέρει το νερό λόγω θέσης του σε κάποιο υψόμετρο. Η υδροηλεκτρική ενέργεια δύναται να καλύψει σημαντικό μέρος των ενεργειακών αναγκών σε ώρες αιχμής, όταν η αντίστοιχη παραγωγή των παραδοσιακών σταθμών έχει υψηλότερο κόστος, ενώ παράλληλα εξυπηρετούν υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες των κατάντη περιοχών . υπολογίζεται ότι στη χώρα μας, με ολοκληρωμένη ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών έργων, μπορούμε να επιτύχουμε κάλυψη των ηλεκτροενεργειακών μας αναγκών της τάξης του 20%.

¹ Καλκάνης Γ. 1997 “ Η ενέργεια και οι πηγές της: Τι, πως, γιατί”, ΚΑΠΕ / Υπουργείο Ανάπτυξης, Πικέρι, ISBN 960-85449-7-1

² ΚΑΠΕ, 1997: “Ενέργεια και Βιομηχανία”, ΚΑΠΕ / Υπ. Ανάπτυξης ΕΠΕΤ II, Πρόγραμμα Ανοιχτές Θύρες, Αθήνα.

Η ηλιακή ενέργεια είναι μια δεύτερη σημαντική μορφή ΑΠΕ ιδιαίτερα στη χώρα μας όπου παρουσιάζεται συχνή και μεγάλη ηλιοφάνεια. Οι κύριες εφαρμογές εκμετάλλευσης της αφορούν τις θερμικές χρήσεις παρότι υπάρχουν και εκεί σημαντικά περιθώρια τεχνολογικής ανάπτυξης. Ωστόσο ιδιαίτερα ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία, πεδίο στο οποίο η υπάρχουσα τεχνολογία είναι ακόμα αρκετά αντικοινωνική.

Μια επίσης πολύ διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας είναι η αιολική. Με τον όρο αιολική ενέργεια εννοούμε την κινητική ενέργεια των τεράστιων αέριων μαζών η οποία αποκτάται λόγω της διαφορικής θέρμανσης τους από την ηλιακή ακτινοβολία. Η δέσμευση της αιολικής ενέργειας και η μετατροπή της σε ηλεκτρική πραγματοποιείται μέσω ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, τις γνωστές σε όλους μας ανεμογεννήτριες. Στην Ελλάδα είναι οικονομικά συμφέρουσα η εγκατάσταση ανεμογεννητριών στο νησιωτικό τμήμα όπου παρουσιάζεται και το υψηλότερο αιολικό δυναμικό.

Η γεωθερμική αποτελεί μια ίσως όχι και τόσο οικεία μορφή πράσινης ενέργειας. Η εκμετάλλευση της αφορά τη χρήση του θερμού νερού και ατμού που προέρχονται από το εσωτερικό της γης για σκοπούς θέρμανσης και ηλεκτροπαραγωγής και σχετίζεται με τη γεωλογία της κάθε περιοχής. Στη χώρα μας υπάρχουν ορισμένες δυνατότητες και για θερμική παραγωγή, αλλά και λιγότερες για ηλεκτρική παραγωγή.

Η ενέργεια βιομάζας δηλαδή η αποθηκευμένη στους φυτικούς ιστούς μέσω φωτοσύνθεσης, ηλιακή ενέργεια, είναι μια ακόμα μορφή ανανεώσιμης ενέργειας. Με την ευρεία έννοια του όρου ωστόσο, βιομάζα αποτελεί οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς. Οικονομικά είναι εξεταστέα κατά περίπτωση η αξιοποίηση της ενώ περιβαλλοντικά έχει και αρνητικά.

Τέλος στα πλαίσια των ΑΠΕ θα πρέπει να αναφερθεί η κυματική και παλιρροϊκή ενέργεια καθώς και η θερμική ενέργεια των ωκεανών.³ (Στεφανάκος Ι. 2011)

³ Στεφανάκος Ι., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., 2011

1.5. ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

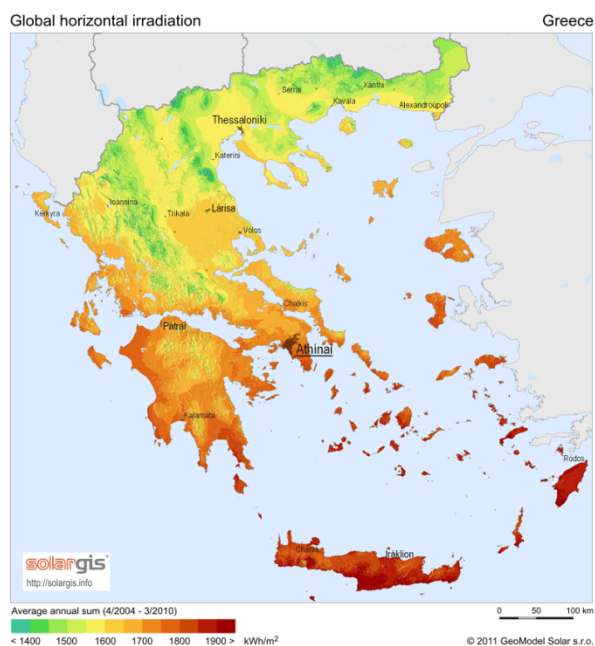
Ο ήλιος εκπέμπει τεράστια ποσότητα ενέργειας ημερησίως. Η ηλιακή ακτινοβολία αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρισμού με δύο τρόπους. Θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η πρώτη είναι η συλλογή της ηλιακής ενέργειας για να παραχθεί θερμότητα, κυρίως για τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό για τη κίνηση τουρμπίνων. Στη δεύτερη εφαρμογή τα φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρισμό με τη χρήση φωτοβολταϊκών κυψελών ή συστοιχιών. Αυτή η τεχνολογία που εμφανίστηκε στις αρχές του 1970 στα διαστημικά προγράμματα των ΗΠΑ έχει μειώσει το κόστος παραγωγής ηλεκτρισμού με αυτόν τον τρόπο από \$300 σε \$4 το Watt. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε απομακρυσμένες κι αγροτικές περιοχές όπου η σύνδεση με το δίκτυο είναι πολύ ακριβή. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητα της εξαρτάται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, την ημέρα και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες χώρες.

Όπως είδαμε ο ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Ο Ήλιος (εκ του αβέλιος – άελος – ήλιος = ο ακτινοβολών) είναι απλανής αστέρας μέσου μεγέθους που λόγω των μεγάλων θερμοκρασιών των στοιχείων που τον συνθέτουν, μεταξύ των οποίων και το υδρογόνο, τα μόρια αλλά και τα άτομα τους βρίσκονται σε μια κατάσταση «νέφους» θετικών και αρνητικών φορτίων ή κατάσταση πλάσματος, όπως ονομάστηκε.

Σ' αυτές τις θερμοκρασίες, μερικών εκατομμυρίων C, οι ταχύτατα κινούμενοι πυρήνες υδρογόνου συσσωματώνονται, υπερνικώντας τις μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις και δημιουργούν πυρήνες του στοιχείου ηλίου. Η πυρηνική αυτή αντίδραση – σύντηξη πυρήνων – είναι εξώθερμη και χαρακτηρίζεται από τη γνωστή μας έκλυση τεραστίων ποσοτήτων ενέργειας ή θερμότητας ή όπως συνηθίζεται να λέγεται, ηλιακής ενέργειας, που ακτινοβολείται προς όλες τις κατευθύνσεις στο διάστημα.

Οι αναλύσεις των ακτίνων του Ήλιου έδειξαν ότι αποτελείται κυρίως από υδρογόνο και ήλιο.

Αν κι αυτό συμβαίνει συνεχώς εδώ και 5 δισεκατομμύρια χρόνια περίπου, ο ήλιος διαθέτει τεράστιες ποσότητες υδρογόνου και δεν αναμένεται να υπάρξει μείωση της ενέργειας που ακτινοβολείται από αυτόν. Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας μας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2700 ώρες το χρόνο. Στη Δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές κυμαινόμενη από 2200 ως 2300 ώρες, ενώ στη Ρόδο και τη Νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3100 ώρες ετησίως.



Εικόνα 3: Ηλιοφάνεια στην Ελλάδα

1.6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ

Η σύγχρονη τεχνολογία μας έδωσε τη δυνατότητα εκμετάλλευσης της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας με τη χρήση των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων (Φ/Β) που η λειτουργία τους στηρίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή την άμεση μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα.

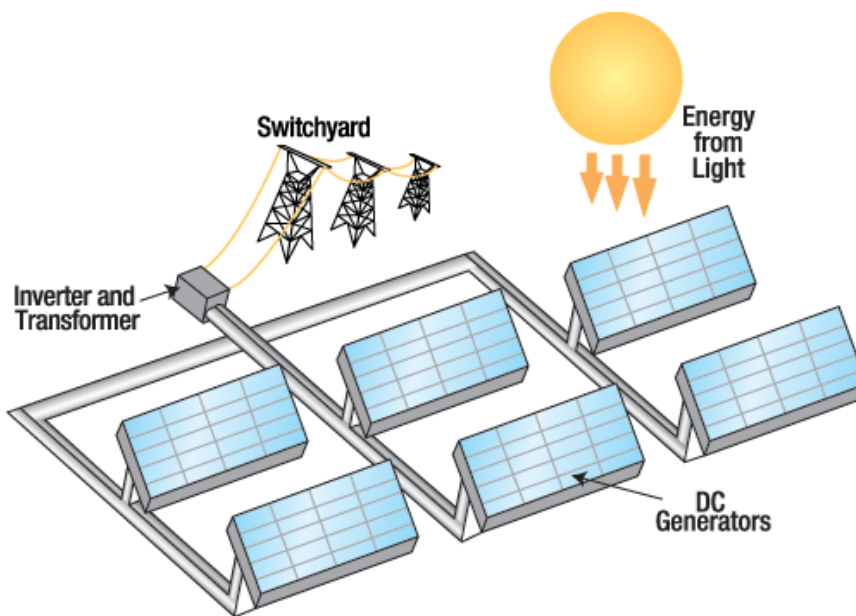
Μερικά υλικά, όπως το πυρίτιο με πρόσμιξη άλλων στοιχείων γίνονται ημιαγωγοί (άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα προς μια μόνο διαύθυνση), έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να δημιουργούν διαφορά δυναμικού όταν φωτίζονται και κατά συνέπεια να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Συνδέοντας μεταξύ τους πολλά μικρά κομμάτια τέτοιων υλικών (φωτοβολταϊκές κυψέλες ή στοιχεία), τοποθετώντας τα σε μια επίπεδη επιφάνεια (φωτοβολταϊκό σύστημα) και στρέφοντάς τα προς τον ήλιο είναι δυνατό να πάρουμε ηλεκτρικό ρεύμα αρκετό για να καλύψουμε τις ανάγκες για τη λειτουργία:

- Επιστημονικών συσκευών (όπως δορυφόρων)
- Για τη κίνηση ελαφρών αυτοκινήτων
- Για τη κάλυψη έστω και μέρους των ενεργειακών αναγκών μικρών απομονωμένων κατοικιών, όπως φωτισμός, τηλεπικοινωνίες, ψύξη, ηχητική κάλυψη (όχι κουζίνες, θερμοσίφωνες, ηλεκτρικά καλοριφέρ).

Η μέση προσπίπτουσα ηλιακή ενέργεια στην επιφάνεια της γης είναι περίπου 600 W/m αλλά η πραγματική της τιμή εξαρτάται πολύ από τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Τα συστήματα που χρησιμοποιούμε για την εκμετάλλευση της

προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μπορούν να διαχωριστούν σε θερμικά ηλιακά συστήματα και στα φωτοβολταϊκά συστήματα.⁴ (Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών,1999)

1.7. ΤΟ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ



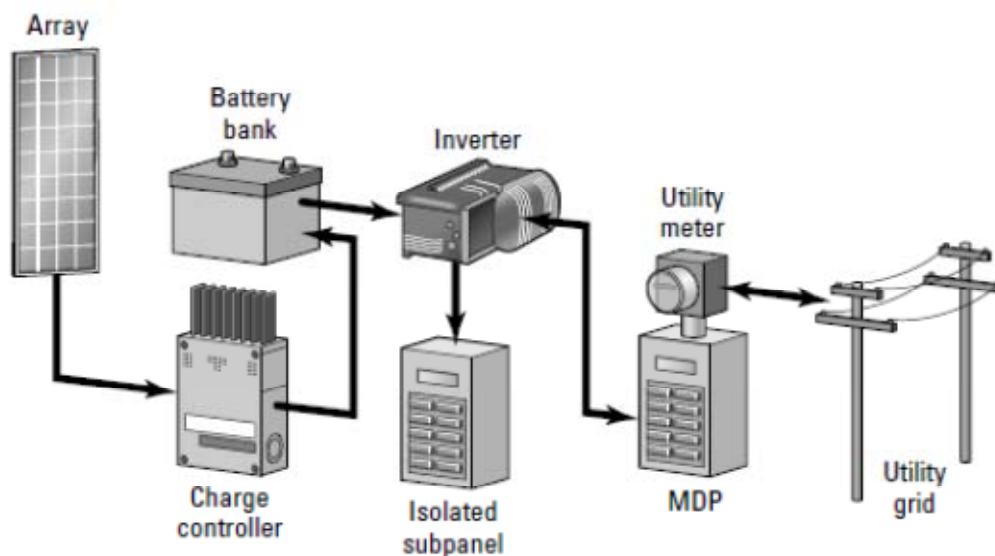
Εικόνα 4: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Η πρώτη γνωριμία του ανθρώπου με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο έγινε το 1839 όταν ο γάλλος φυσικός Edmond Becquerel ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο κατά την διάρκεια πειραμάτων του με την ηλεκτρολυτική επαφή φτιαγμένη από δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια βυθισμένη σε αραιό διάλυμα οξέος. Το επόμενο σημαντικό βήμα έγινε το 1873 όταν ο Willoughby Smith ανακάλυψε τη φωτοαγωγιμότητα του σεληνίου. Το 1918 ο Πολωνός Czochralski προσθεσε τη μεθοδο παραγωγής ημιαγωγού μονοκρυσταλλικού πυριτίου με την σχετική έρευνα του και η οποία μάλιστα χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα και σήμερα. Το πρώτο ηλιακό κελί ήταν γεγονός στα εργαστήρια της Bell το 1954 από τους Chapin, Fuller και Pearson. Η απόδοση του ήταν 6% εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Τέσσερα χρόνια μετά, το 1958 η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων προσαρτάται στον χώρο των διαστημικών εφαρμογών όταν τοποθετήθηκε ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα στον δορυφόρο Vanguard I. Το 1962 η μεγαλύτερη Φ/Β εγκατάσταση στον κόσμο γίνεται στην Ιαπωνία από την Sharp , σε έναν φάρο. Η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος είναι 242Wp.

⁴ Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 1999: “Η ενέργεια και εμείς” , Σχολικό πρόγραμμα για τη χρήση φυσικών πόρων και ενέργειας, Αθήνα

Η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας τόσο σε απομακρυσμένες όσο και σε κατοικημένες περιοχές, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, κάνει ελκυστική τη χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Ελλάδα. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τη δυνατότητα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από:

- Το Φ/Β πλαίσιο (είδος ηλιακού συλλέκτη)
- Το σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας (μπαταρίες)
- Τα ηλεκτρονικά συστήματα που ελέγχουν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγει η Φ/Β συστοιχία.



Εικόνα 5: Λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος

Μια τυπική συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Όταν τα Φ/Β πλαίσια εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία τότε αυτά μετατρέπουν 10% περίπου της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Επιπλέον, η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και δίχως καμιά επιβάρυνση για το περιβάλλον.

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

Στις περισσότερες εφαρμογές στο δικό μας παράλληλο, πολλά πλεονεκτήματα παρέχει το σταθερό μοντάρισμα των Φ/Β, με κατεύθυνση προς το νότο και φυσικά με την προϋπόθεση ότι η προσαρμογή γίνεται κάτω από κατάλληλη γωνία ροπή. Τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Εύκολο και ολιγοδάπανο μοντάρισμα με το μικρότερο κόστος

- Καλή μηχανική σταθερότητα της εγκατάστασης ακόμα και κάτω από ισχυρούς ανέμους
- Ποικιλία δυνατοτήτων για μια αισθητικά ικανοποιητική ενσωμάτωση στις υφιστάμενες κτηριακές δομές.

Από την άλλη πλευρά, η απόδοση των Φ/Β σε ενέργεια μπορεί να βελτιωθεί με την κατάλληλη κατεύθυνση τους προς τον ήλιο και μάλιστα παρατηρείται μεγαλύτερη βελτίωση όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος της ευθείας ακτινοβολίας στο σύνολο της ακτινοβολίας.

Τεχνικά η συνεχής στροφή προς τον ήλιο απαιτεί μια σταθερή κατασκευή με κίνηση και ρύθμιση της κατεύθυνσης.

Αυτό βέβαια συνδέεται πάντα με μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με το σταθερό μοντάρισμα, αλλά και με την κατανάλωση πρόσθετου ρεύματος. Η διεξαγωγή με δύο άξονες λειτουργεί με δύο προωστήρες, ώστε να προσαρμοστεί και η κατεύθυνση (δηλ. Η περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα) και η κλίση (ροπή γύρω από τον οριζόντιο άξονα) των Φ/Β στη θέση του ήλιου και να φέρει τη καλύτερη δυνατή απόδοση.

Αντίθετα, στη μονοαξονική διεξαγωγή χρησιμοποιείται ένας κυρτός, πολικός (δηλ. Κατευθυνόμενος προς το βορρά) άξονας με έναν μόνο προωστήρα. Αυτού του είδους η διεξαγωγή έχει μικρότερη απόδοση σε ενέργεια, σε σχέση με τη διεξαγωγή των δύο αξόνων.

Η ηλιακή ακτινοβολία πάνω στην ηλιακή γεννήτρια ενισχύεται, κατά κύριο λόγο, και με ένα καθρέφτη, δηλαδή μέσω της συγκέντρωσης ηλιακού φωτός. Βέβαια η χρήση ανακλαστήρων έχει νόημα μόνο στη κινούμενη εγκατάσταση. Η μορφή αυτή δε μπόρεσε να επικρατήσει στη χώρα μας γιατί:

- Η συγκέντρωση του ηλιακού φωτός αξίζει μόνο υπό συνθήκες κινούμενου μονταρίσματος κι υψηλού μέρους ευθείας ακτινοβολίας.
- Οι φωτοκυψέλες θερμαίνονται έντονα μέσω της συγκέντρωσης της ακτινοβολίας, έτσι ώστε όταν ο βαθμός συγκέντρωσης είναι μεγαλύτερος του 2, χωρίς ενεργή ψύξη σε κυψέλες από Silicon, προξενούνται ζημιές στις κυψέλες.
- Η παραγωγή καθρεφτών είναι φθηνότερη από ότι η παραγωγή Φ/Β, αλλά δε φέρνουν τόσο μεγάλη πρόσθετη απόδοση. Επίσης, εκτός αυτού, απαιτούν πολύ χώρο στο μοντάρισμα όταν είναι σε κινούμενη εγκατάσταση.

Στο δικό μας παράλληλο, θα ενισχυόταν ακόμα περισσότερο το μειονέκτημα του κινούμενου μονταρίσματος. Όταν η ύπαρξη ευθείας (άμεσης) ακτινοβολίας είναι μεγάλη, δηλ. κυρίως το καλοκαίρι, παράγεται πολύ ρεύμα, ενώ όταν είναι χαμηλή η ακτινοβολία με μεγάλο ποσοστό σε διάχυτη ακτινοβολία το χειμώνα, δεν επιτυγχάνεται η πρόσθετη απόδοση.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στα κτήρια μπορεί να έχει πολλαπλά οφέλη. Εκτός από την παραγωγή ηλεκτρισμού τα Φ/Β πλαίσια μπορούν να χρησιμοποιηθούν κι ως δομικά στοιχεία για την κάλυψη της οροφής, για την επένδυση της πρόσοψης ή κι ως σκίαστρα.

Για την κατάλληλη τοποθέτηση ενός ηλιακού συστήματος, υπολογίζεται πρώτα το μέγεθος της γεννητριας ρεύματος, ανάλογα με την υφιστάμενη ανάγκη για ενέργεια σε κάθε περίπτωση. Το ηλιακό σύστημα θα πρέπει να προμηθεύει ενέργεια σε επαρκή ποσότητα, ώστε να καλύπτει το ρεύμα που καταναλώνουν στη διάρκεια της ημέρας λάμπες, συσκευές, καθώς επίσης και την ενέργεια που καταναλώνει η ίδια η εγκατάσταση.⁵ (Τσίππρας Κ., Θέμης Στ., 2005)

1.8. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ

Στα ηλιακά κύτταρα, το φωτοβολταϊκό φαινόμενο πραγματοποιείται σε ένα λεπτό στρώμα κατάλληλου υλικού πυριτίου, όπου ζεύγη οπών – ηλεκτρονίων δημιουργούνται από την πρόσπτωση ηλιακών φωτονίων, ενώ η ασυνέχεια του δυναμικού του κυττάρου διαχωρίζει τις οπές από τα ηλεκτρόνια και δημιουργεί διαφορά δυναμικού.

Ανάλογα με την χρήση του παραγόμενου ρεύματος, τα Φ/Β κατατάσσονται σε :

- ✓ Αυτόνομα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων καταναλώνεται επιτόπου και εξολοκλήρου από την παραγωγή στην κατανάλωση
- ✓ Διασυνδεδεμένα συστήματα, η παραγόμενη ενέργεια των οποίων διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να μεταφερθεί και να καταναλωθεί αλλού.

Ένα τυπικό Φ/Β σύστημα αποτελείται από το Φ/Β πλαίσιο και τα ηλεκτρονικά συστήματα που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τη Φ/Β συστοιχία. Για αυτόνομα συστήματα υπάρχει επίσης το σύστημα αποθήκευσης ενέργειας σε μπαταρίες. Μια τυπική Φ/Β συστοιχία αποτελείται από ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια ηλεκτρικά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική γίνεται αθόρυβα, αξιόπιστα και χωρίς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

1.9. ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σαν κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών Φ/Β συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι εξής :

- Καταναλωτικά προϊόντα (1Wp – 100 Wp)
- Αυτόνομα ή απομονωμένα συστήματα (100 Wp- 200kWp)
- Μεγάλα διασυνδεδεμένα στο δίκτυο Φ/Β Συστήματα(50kWp εως μερικά MWp)

⁵ Τσίππρας Κώστας και Θέμης Στέφανος, Οικολογική Αρχιτεκτονική, Εκδόσεις Κέρδος, Αθήνα 2005

- Διασυνδεδεμένα Φ/Β Συστήματα – Οικιακός Τομέας (1.5kWp – 20kWp)⁶
(Solar Energy & Buildings Symposium Proceedings, 1993)

1.10. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στα μέσα του 2010, το Κοινοβούλιο ενέκρινε ένα νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85Α, 4-6-2010), ο οποίος επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά στην αδειοδότηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ακολούθησαν μια σειρά από τροπολογίες και υπουργικές αποφάσεις, οι οποίες τροποποίησαν παλαιότερες ρυθμίσεις κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, διαμορφώνοντας ένα εντελώς νέο επενδυτικό τοπίο. Η γρήγορη ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών, έφερε επιπλέον αλλαγές στο θεσμικό επίπεδο μέσα στο 2012, οι οποίες αυτή τη φορά προσπαθούν να περιορίσουν το ρυθμό ανάπτυξης της τεχνολογίας αυτής, δεδομένου και του μεγάλου αριθμού αιτήσεων που έχουν ήδη κατατεθεί.

1.10.1 Ορισμένα κουβικά σημεία των ισχυουσών νομοθετικών ρυθμίσεων:

- Ορίζεται, ως εθνικός στόχος, η κάλυψη με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) του 40% τουλάχιστον της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως το 2020.** Αυτό είναι κατ' αρχήν πολύ θετικό. Συγκεκριμένα, ο εθνικός στόχος για τα φωτοβολταϊκά είναι η εγκατάσταση 1.500 μεγαβάτ (MWp) ως το 2014 και συνολικά 2.200 MWp ως το 2020. Από την ισχύ αυτή, τα 750 MWp έχει αποφασιστεί ότι θα δοθούν στους κατ' επάγγελμα αγρότες (500 MWp ως το 2014 και 750 MWp συνολικά ως το 2020) και τα υπόλοιπα θα κατανεμηθούν σε όλους τους άλλους επενδυτές (1.000 MWp ως το 2014 και 1.450 MWp συνολικά ως το 2020). Ο οικιακός τομέας δεν περιλαμβάνεται πρακτικά στα όρια αυτά και μπορεί να αναπτυχθεί χωρίς περιορισμούς.
- Ο νόμος 3851/2010 απλοποίησε κάποιες από τις παλιές διαδικασίες αδειοδότησης. Συγκεκριμένα, **δεν απαιτείται πλέον άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση (γνωστή και ως “εξαιρέση”) για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος έως 1 MWp.** Για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp απαιτείται η έκδοση άδειας παραγωγής η οποία εκδίδεται από τη ΡΑΕ (και όχι από τον υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής όπως ίσχυε παλαιότερα). Για τα συστήματα που απαιτείται άδεια παραγωγής, απαιτείται επίσης η έκδοση άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας (οι οποίες εκδίδονται από την αρμόδια Περιφέρεια) όπως και στο παρελθόν. Επίσης, **δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια),**

⁶ Solar Energy and Buildings Symposium Proceedings, Athens 8-10/12/1993

δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα έως 500 kWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις.

- c) Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων **δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας** από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας. **Για φωτοβολταϊκά συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και έχουν ισχύ έως 100 kWp**, δεν απαιτείται ούτε αυτή η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά αρκεί πλέον μια **απλή γνωστοποίηση προς τη ΔΕΗ** ότι ξεκινά η εγκατάσταση.
- d) **Ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα** που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. **Το ύψος της εγγύησης αυτής είναι 150 €/kWp.**

Με νέα απόφαση τον Αύγουστο του 2012, οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας καθορίζονται ως εξής:

Ένα ζήτημα που απασχόλησε στο παρελθόν πολλούς επενδυτές είναι η **εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας**. Για το θέμα αυτό προβλέπονται τα εξής:

- ✓ όσοι κατέθεσαν αιτήματα για χορήγηση Προσφοράς Σύνδεσης ως τις 21-9-2011, μπορούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας (πλην της Αττικής όπου υπάρχει ολική απαγόρευση). Για νέες αιτήσεις και μέχρι να καθοριστούν ορισμένες λεπτομέρειες που αφορούν στη χαρτογράφηση και οριοθέτηση της γης υψηλής παραγωγικότητας, δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών σε γήπεδα που έχουν χαρακτηριστεί ως γαίες υψηλής παραγωγικότητας.
- ✓ Στην περίπτωση που οι εγκαταστάσεις του φωτοβολταϊκού εξοπλισμού υπερβαίνουν τα 2,5 μ. από τη στάθμη του φυσικού ή τεχνητά διαμορφωμένου εδάφους των γηπέδων, **οι βάσεις στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να είναι πιστοποιημένες.**
- ✓ Σε εντός σχεδίου περιοχές, **δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε αδόμητα οικοπέδα**, καθώς αυτές αποτελούν κατασκευές που χρησιμοποιούνται για την άμεση ή έμμεση εξυπηρέτηση των κτιρίων ή της λειτουργικότητάς τους και επιπλέον εντάσσονται στο πλαίσιο της ενεργειακής πολιτικής ως ενεργητικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας.
- ✓ Για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων πάνω σε κτίρια για **ισχύ μεγαλύτερη των 100 kWp**, απαιτείται η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας και απαιτείται η **συνυποβολή δήλωσης στατικής επάρκειας του κτιρίου** πάνω στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση,

υπογεγραμμένη από διπλωματούχο πολιτικό μηχανικό.(helarco 2012 οδηγός σελίδες 2-5).

1.10.2 Αναστολή αδειοδότησης για ορισμένες κατηγορίες φωτοβολταϊκών

Συγκεκριμένα, υπάρχει αναστολή της αδειοδοτικής διαδικασίας για τις εξής κατηγορίες έργων:

- Αιτήσεις για έργα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp τα οποία δεν έχουν λάβει ήδη άδεια παραγωγής από τη ΠΑΕ.
- Αιτήσεις για έργα ισχύος μικρότερης ισχύος του 1 MWp τα οποία δεν έχουν λάβει ήδη προσφορά όρων σύνδεσης.
- Δεν αναστέλλεται η διαδικασία αδειοδότησης για τα φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος έως 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις, καθώς και για μεγάλα έργα φωτοβολταϊκών που έχουν ενταχθεί στη διαδικασία fast track. (helarco 2012 οδηγός σελίδες 5-6).

1.10.3 Νέες επενδύσεις

Για όσους ενδιαφέρονται να ξεκινήσουν τώρα μία επένδυση στα φωτοβολταϊκά, ισχύουν τα εξής:

1.10.3.1 Οικιακά συστήματα



Εικόνα 6: Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε στέγη κατοικίας

Αφορά οικιακούς καταναλωτές που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Ένα ερώτημα που τίθεται συχνά είναι αν μπορεί στο πλαίσιο του Προγράμματος να τοποθετηθεί φωτοβολταϊκό σύστημα σε πέργκολες, τέντες ή

γενικότερα κινητά στοιχεία οικοδομής. Σύμφωνα με τους όρους του Προγράμματος τα φωτοβολταϊκά τοποθετούνται σε σταθερά και συγκεκριμένα σημεία των κτιρίων. Στις πέργκολες ως κατασκευές στήριξης των φυτών και μόνο και στις τέντες ως μη σταθερές κατασκευές, δεν επιτρέπεται η επικάλυψη από οποιοδήποτε υλικό μόνιμο ή προσωρινό.

Για τις πολυκατοικίες θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Σε κάθε πολυκατοικία μπορεί να μπει ένα μόνο σύστημα. Αν η ταράτσα είναι κοινόκτητη και οι κύριοι του χώρου αυτού θέλουν να την παραχωρήσουν σε κάποιο άλλο ιδιοκτήτη του κτιρίου που δεν έχει δικαιώματα στην ταράτσα, μπορούν να το κάνουν. Αν το σύστημα μπει σε στέγαστρο βεράντας διαμερίσματος, προφανώς μπορούν να μπου περισσότερα του ενός συστήματα σε μια πολυκατοικία. Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή με βάση τη συμφωνηθείσα τιμή πώλησης, τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια.

Δύο είναι οι προϋποθέσεις για να ενταχθεί κανείς στο πρόγραμμα:

1. Να έχει μετρητή της ΔΕΗ στο όνομά του (ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση).
2. Να καλύπτει μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα, βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας).

Δύο σημαντικά «κλειδιά» είναι ότι ο οικιακός παραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, με άλλα λόγια απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία. Με άλλα λόγια, τα όποια έσοδα έχει ο οικιακός μικροπαραγωγός από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται καθώς επίσης για την εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών, δεν απαιτείται πλέον καμία άδεια (με εξαίρεση διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]).

Επιπλέον εκτός από τη ΔΕΗ, μπορεί κανείς να πουλά την παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ενέργεια και σε εναλλακτικό πάροχο και στην περίπτωση αυτή η διαδικασία έχει τρία βασικά βήματα ως εξής:

- κάνει αίτηση στη ΔΕΗ
- υπογράφει Σύμβαση Σύνδεσης με τη ΔΕΗ
- υπογράφει Σύμβαση Συμψηφισμού με τον εναλλακτικό πάροχο.

1.10.3.2 Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες επιχειρήσεων

Το πρόγραμμα αφορά πολύ μικρές επιχειρήσεις που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, θα πρέπει να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Πολύ μικρή επιχείρηση είναι αυτή που απασχολεί έως και 9 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατ. € ετησίως. Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και ο μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή με βάση τη συμφωνηθείσα τιμή πώλησης, τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια.

1.10.3.3. Εμπορικές-βιομηχανικές στέγες

Επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων κάθε ισχύος στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση, ενώ για συστήματα ισχύος έως 1 MWp δεν απαιτείται και άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση.

Για συστήματα με ισχύ από 10 kWp έως 100 kWp τα μόνα βήματα που απαιτούνται είναι η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ από 100 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ και στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια, έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ, υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.

1.10.3.4. Φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους



Εικόνα 7: Φωτοβολταϊκά πλαίσια στο έδαφος

- ❖ Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων), η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ. 14
- ❖ Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων), η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ.
- ❖ Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ και στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια (που προϋποθέτει και έγκριση ΕΠΟ όπου αυτή απαιτείται), έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ, υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΛΑΓΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.⁷ (helapco 2012 οδηγός σελίδες 9-13)

⁷ http://www.helapco.gr/ims/file/Parks/PV_Investment_Guide_Sep2012.





Εικόνα 8: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β: ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1. Διάκριση φωτοβολταϊκών συστημάτων ως προς τη διασύνδεσή τους.

Με τον γενικό όρο **φωτοβολταϊκά** χαρακτηρίζονται οι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Τα φωτοβολταϊκά ανήκουν στη κατηγορία των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ).⁸ ([wikipedia.org/φωτοβολταϊκό φαινόμενο](http://wikipedia.org/φωτοβολταϊκό_φαινόμενο)).

Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες συστημάτων, το διασυνδεδεμένο με το δίκτυο και το αυτόνομο. Η απλούστερη μορφή του δεύτερου εκ των δυο αποτελείται απλώς από μια φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η οποία μόνη της τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα ένα φορτίο οποτεδήποτε υπάρχει επαρκής φωτεινότητα. Αυτού του τύπου το σύστημα είναι κοινό σε εφαρμογές άντλησης. Σε άλλες περιπτώσεις το σύστημα περιέχει συνήθως μια φροντίδα για αποθήκευση ενέργειας από τις μπαταρίες. Συχνά συμπεριλαμβάνεται κάποια μορφή ρύθμισης της ισχύος, όπως στην περίπτωση που απαιτείται εναλλασσόμενο ρεύμα να εξέρχεται από το σύστημα. Σε μερικές περιπτώσεις το σύστημα περιέχει μια εφεδρική γεννήτρια.

Τα συνδεδεμένα στο δίκτυο συστήματα μπορούν να υποδιαιρεθούν σ' εκείνα στα οποία το δίκτυο ενεργεί απλώς ως μια βοηθητική τροφοδοσία (εφεδρικό δίκτυο) και εκείνα τα οποία ίσως λάβουν επίσης πρόσθετη ισχύ από τη Φ.Β. γεννήτρια (αλληλοεπιδρώμενο δίκτυο). Μέσα στους Φ.Β. σταθμούς όλη η παραγόμενη ισχύς τροφοδοτείται στο δίκτυο. ([Wikipedia.org/διάκριση Φ/Β συστημάτων](http://Wikipedia.org/διάκριση_Φ/Β_συστημάτων)).

Η μέγιστη απόδοση των φωτοβολταϊκών στοιχείων (Φ/Β), ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους κυμαίνεται από 7% (ηλιακά στοιχεία άμορφου πυριτίου) ως 12-15% (ηλιακά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου). Το σημαντικό είναι ότι η ενέργεια που παράγεται με αυτό το τρόπο, είναι δυνατό να αποθηκευτεί σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες). Έτσι έχουμε ενέργεια ανεξάντλητη, ανανεώσιμη, φθηνή και κυρίως καθαρή. ([Wikipedia.org/τεχνολογίες Φ/Β Στοιχείων](http://Wikipedia.org/τεχνολογίες_Φ/Β_Στοιχείων)).⁹

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από τη χρήση των φωτοβολταϊκών είναι:

⁸ <http://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκά>

⁹ <http://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκά>.

2.2. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής
- Απεξάρτηση από τροφοδοσία καυσίμων της ενέργειας (μπαταρίες)
- Δυνατότητα επέκτασης
- Μηδενικό κόστος παραγωγής ενέργειας – ελάχιστη συντήρηση
- Πηγή ενέργειας αποτελεί η ηλιακή ακτινοβολία δηλαδή πρόκειται για μία ανεξάντλητη πηγή.
- Μπορούν να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο με μοναδική απαίτηση την ηλιακή ακτινοβολία.
- Δεν παράγονται παραπροϊόντα κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δεν εκπέμπουν τοξικά αέρια ή αέρια τα οποία επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα.
- Υπάρχει αφθονία πρώτων υλών για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων.
- Δεν υπάρχει ανάγκη επίβλεψης της παραγωγής λόγω της απουσίας κινητών μερών.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Ελάχιστο κόστος συντήρησης.
- Μεγάλη προσαρμοστικότητα σε ενδεχόμενη αύξηση ή μείωση της απαιτούμενης ισχύος.
- Ανεξαρτησία από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής.
- Η μέγιστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συμβαδίζει στις περισσότερες περιπτώσεις με την μέγιστη ζήτηση.

2.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Υψηλό κόστος κατασκευής
- Έλλειψη επιδοτήσεων
- Απαίτηση μεγάλων επιφανειών λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης
- Η παραγωγή και η ζήτηση είναι ετεροχρονισμένες επιβάλλοντας λύσεις αποθήκευσης της παραγομένης ενέργειας σε ορισμένες εφαρμογές.

Τα Φ/Β παράγουν συνεχές ρεύμα που το μετατρέπουμε σε εναλλασσόμενο 220 V στη χώρα μας (ρεύμα ίδιο με της ΔΕΗ) με ηλεκτρονικές συσκευές (αντιστροφείς συνεχούς εναλλασσόμενου). (Σαμολάδας Χρήστος,2008)¹⁰

¹⁰ Σαμολάδας Χρήστος, Ενσωμάτωση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Κτίρια Γραφείων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας, Θεσσαλονίκη 2008.

2.4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΧΩΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Φ/Β

- Να υπάρχει επαρκής ελεύθερος κι ασκίαστος χώρος
- Νότιος προσανατολισμός – σωστή κλίση
- Κατάλληλος χώρος για ηλεκτρονικά συστήματα και μπαταρίες

Για τον ορθό ενεργειακά σχεδιασμό του ΦΒ σταθμού θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά ο παράγοντας "σκίαση". Η μέγιστη επίδραση σκίασης συμβαίνει στο Χειμερινό Ηλιοστάσιο (χαμηλή τροχιά ηλίου), λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι σε ένα ΦΒ πλαίσιο τόσο τα ΦΒ στοιχεία (ή μέρος αυτών) όσο και τα ΦΒ πλαίσια ενός κλάδου συνδέονται μεταξύ τους εν σειρά, γίνεται κατανοητό ότι και ακόμα ο σκιασμός ενός μέρους του κλάδου μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος συγκριτικά με την αναμενόμενη τιμή αυτής.

Το συνολικό ρεύμα ενός κλάδου ΦΒ πλαισίων, καθορίζεται από το μειωμένο ρεύμα του σκιασμένου τμήματος του ΦΒ κλάδου. Σε περίπτωση που ο σκιασμός περιορίσει την τάση του (των) σκιασμένου (ων) πλαισίου (ων) αρκετά χαμηλά ώστε να εισέλθει σε αγωγή η δίοδος παράκαμψης (By-pass diode), το πλαίσιο αυτό εξαιρείται της παραγωγής. Οι μόνιμοι και επαναλαμβανόμενοι τοπικοί σκιασμοί σε ώρες υψηλής ακτινοβολίας μιας ΦΒ κυψέλης ενός ΦΒ πλαισίου μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή του στοιχείου αυτού και κατά συνέπεια στην αχρήστευση όλου του ΦΒ πλαισίου. Συνεπώς είναι σημαντικό να αποφεύγονται οι σκιασμοί, έστω και από αντικείμενα μικρού όγκου όπως κολώνες, ηλεκτρικά καλώδια, δένδρα, παρακείμενα κτίρια κλπ.

Η επιλογή της θέσης θα πρέπει να γίνεται με γνώμονα την εξασφάλιση της μη σκίασης σε όλη τη διάρκεια του έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Η σωστή σχεδίαση ενός ΦΒ σταθμού και η άρτια εγκατάσταση του επιβάλλονται ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας, τόσο από άποψη ασφάλειας όσο και από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας.

Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν είναι η "θερμοκρασία περιβάλλοντος χώρου", τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

Υπάρχει ακόμα ο παράγοντας "θερμοκρασία κυψέλης", η οποία αυξάνεται κατά το φωτισμό της, εξαιτίας της μετατροπής μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας σε θερμική ενέργεια (αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του υλικού).

Οι παρεμβάσεις οι οποίες πραγματοποιούνται στον περιβάλλοντα χώρο περιγράφονται ακολούθως :

1. Δρόμοι πρόσβασης

Δεδομένου ότι για την πρόσβαση στον χώρο εγκατάστασης υπάρχει ήδη διαμορφωμένος αγροτικός δρόμος, ο οποίος φθάνει μέχρι τον χώρο εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού πάρκου, προβλέπεται μόνο η διάνοιξη του υπάρχοντος δρόμου έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα προσπέλασης φορτηγών αυτοκινήτων και γερανών που απαιτούνται κατά την μεταφορά και ανέγερση του εξοπλισμού όπου αυτό απαιτηθεί.

2. Προκαταρκτικές εργασίες

Πριν από την κάθε έναρξη των κυρίως γενικών εκσκαφών (γαιών - ημίβραχου κτλ) θα πραγματοποιείται ο καθαρισμός και η εκρίζωση σε όλη την επιφάνεια της εκσκαφής. Ο καθαρισμός συνίσταται στην αφαίρεση του επιφανειακού στρώματος της φυτικής γης και λοιπών χαλαρών εδαφών, στην εκρίζωση, στην εκθάμνωση και κοπή κάθε είδους δένδρων, κορμών, ριζών κτλ. Η άδεια επέμβασης θα πρέπει να δίνεται από τον εργοδότη του έργου κατόπιν έγγραφης αποδοχής από το τοπικό Δασαρχείο. Όλα τα ακατάλληλα υλικά που θα προκύψουν κατά τον καθαρισμό, εκρίζωση, κοπή δένδρων, κορμών κλπ. και την κατεδάφιση φρακτών κλπ. θα απομακρύνονται από την περιοχή του έργου οικοπέδου.

Αντιθέτως σε περίπτωση που τα επιφανειακά στρώματα της φυτικής γης είναι κατάλληλα για επένδυση πρανών επιχωμάτων, τότε, θα εναποτίθενται προσωρινώς σε θέσεις προκειμένου να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα.

3. Απορροή υδάτων

Θα πρέπει λάβουμε μέτρα απορροής των υδάτων (με ελαφριές χωματουργικές εργασίες δημιουργίας κλίσεων εδάφους) τα οποία προκύπτουν για την απορροή ομβρίων υδάτων από τον χώρο της εγκατάστασης.

4. Εκσκαφή χάνδακων

Για τη διέλευση των καλωδίων χαμηλής τάσης και των καλωδίων σημάτων ελέγχου θα διανοιχτούν ακόλουθοι χάνδακες:

- ✓ Χάνδακες πλάτους 0,5m και βάθους 0,8m όπως προβλέπεται από τους ηλεκτρολογικούς κανονισμούς και από τις οδηγίες της ΔΕΗ, κατά μήκος του εσωτερικού δρόμου του φωτοβολταϊκού Πάρκου.
- ✓ Για τις τοποθέτηση των γειώσεων θα ανοιχθεί χάνδακας πλάτους 0,5 m και βάθους 1 m.
- ✓ Για την όδευση των συστημάτων καμερών, δεσμών, εξωτερικού φωτισμού θα ανοιχθεί χάνδακας πλάτους 0.5 m και βάθους 0,8 μέτρου.

5. Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θεμελίωσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των καναλιών διέλευσης των καλωδίων ισχύος και σημάτων, θα γίνουν οι απαιτούμενες επιχώσεις όπως προβλέπεται στις σχετικές προμελέτες και στην συνέχεια θα ολοκληρωθεί η γενικότερη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στην επαναφορά στη φυσική αρχική του κατάσταση, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η οποιαδήποτε τεχνική παρέμβαση.

6. Περιγραφή

Η περιγραφή θα φτάνει σε ύψος το πολεοδομικό όριο των 2,5 m με χρήση 3 σειρών αγκαθωτού σύρματος στο πάνω μέρος. Οι ορθοστάτες θα είναι από σιδηροσωλήνες γαλβανιζέ κυκλικής διατομής 1,5΄΄ίντσα, με πάχος τοιχώματος 2 χιλιοστά ενώ η απόσταση μεταξύ των ορθοστατών θα είναι 2,5 μέτρα. Δεν θα υπάρχει τοιχίο από μπετόν. Οι ορθοστάτες θα πακτωθούν με περιμετρική χρήση σκυροδέματος. Θα χρησιμοποιηθεί συρματόπλεγμα Νο 14 , διαστάσεως 5,5 X 5,5 cm και θα τοποθετηθεί ούγια στο πάνω, κάτω και μεσαίο μέρος. Θα τοποθετηθεί μια πόρτα ανοιγόμενη 5μετρη, δυο φύλλων σε σημείο που θα ορίσει ο εργοδότης κατά την εφαρμογή. (<http://nefeli.lib.teicrete.gr>)

2.5. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα βασικά χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων, που τα διαφοροποιούν από τις άλλες μορφές ΑΠΕ είναι:

- Απευθείας παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ακόμη και σε πολύ μικρή κλίμακα
- Είναι εύχρηστα. Τα μικρά συστήματα μπορούν να εγκατασταθούν από τους ίδιους τους χρήστες
- Μπορούν να εγκατασταθούν μέσα στις πόλεις, ενσωματωμένα σε κτήρια και δε προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον
- Μπορούν να συνδιαστούν με άλλες πηγές ενέργειας (υβριδικά συστήματα)
- Είναι βαθμωτά συστήματα, δηλαδή μπορούν να επεκταθούν σε μεταγενέστερη φάση για να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών, χωρίς μετατροπή του αρχικού συστήματος
- Λειτουργούν αθόρυβα
- Εκπέμπουν μηδενικούς ρύπους χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον
- Οι απαιτήσεις συντήρησης είναι σχεδόν μηδενικές
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία κατά τη λειτουργία⁹ (Σαμολάδας Χρήστος,2008)

2.6. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ Φ/Β ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ο κάθε Φ/Β σταθμός αποτελείται από τα εξής βασικά επιμέρους στοιχεία:

- I. Φ/Β πλαίσια
- II. Αντιστροφείς
- III. Συσσωρευτές- Μπαταρίες Φωτοβολταϊκών
- IV. Βάσεις Στήριξης
- V. Μετασχηματιστές - Πεδία Μέσης Τάσης
- VI. Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των ηλεκτρικών μεγεθών του Φ/Β σταθμού
- VII. Σύστημα ασφαλείας (αντικεραυνική προστασία)
- VIII. Μετεωρολογικά όργανα
- IX. Καλωδιώσεις, πίνακες, ασφάλειες, διακόπτες και λοιπά ηλεκτρολογικά υλικά.¹¹ (green project).

2.6.1 Φωτοβολταϊκά πλαίσια



Εικόνα 9: Φωτοβολταϊκό panel

Το βασικό μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος είναι φυσικά τα φωτοβολταϊκά. Αποτελούνται από ένα πλαίσιο (πάνελ) μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία (ή κυψέλες). Το χαρακτηριστικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι ότι μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρικό ρεύμα. Από την πίσω πλευρά του φωτοβολταϊκού πάνελ εξέρχονται δύο καλώδια (θετικό + και αρνητικό -) από όπου παίρνουμε το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το πόσο μεγάλο είναι αυτό το ποσοστό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων.

¹¹ (green project. Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού)



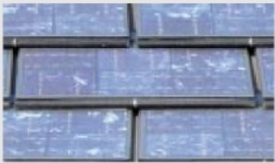

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες

1. Κρυσταλλικού Πυριτίου

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 14,5% έως 21%,
- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με ονομαστικές αποδόσεις πλαισίων 13% έως 14,5%.²

2. Λεπτών Μεμβρανών

- Άμορφου Πυριτίου, ονομαστικής απόδοσης 7%.
- Χαλκοπυριτών CIS / CIGS, ονομαστικής απόδοσης από 7% έως 11%.⁸ (Wikipedia.org/τεχνολογίες Φ/Β Στοιχείων).

	'Hybrid (see note)	Monocrystalline	Polycrystalline	'Thin Film'
Efficiency (at STC, see note)	 Excellent (17-19%), Excellent in overcast	 Very Good (14-16%), Good in overcast	 Very Good (11-13%), Good in overcast	 Good (7-8%), Excellent in overcast

Εικόνα 10: Διάφορα είδη φωτοβολταϊκών πλαισίων

2.6.2 Αντιστροφείς



Εικόνα 11: Αντιστροφέας φωτοβολταϊκού σταθμού

Ο μετατροπέας Inverter πραγματοποιεί μετατροπή από 12V ή 24 συνεχή τάση (DC) σε 220V- 230v εναλλασσόμενη (AC) τάση

Μέσω λοιπόν του inverter τροφοδοτούνται όλες οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με 220 Volt. Ο inverter ή μετατροπέας 220V συνδέεται με διπολικό καλώδιο (θετικό - αρνητικό) πάνω στους πόλους των μπαταριών. Για την επιλογή του κατάλληλου inverter θα πρέπει να υπολογιστεί το άθροισμα της ισχύος όλων των συσκευών που λειτουργούν ταυτόχρονα να μην ξεπερνά την επιτρεπόμενη ισχύ του inverter - μετατροπέα τάσης. Υπάρχουν inverter από 150W έως 30Kw τριφασικοί. Οι πιο εμπορικοί inverter έχουν ονομαστική ισχύ που κυμαίνεται μεταξύ 350W έως 2kw. Ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα μικρής ισχύος μπορεί να τροφοδοτείται από έναν inverter 500W ενώ ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα μεγάλης ισχύος μπορεί να τροφοδοτήσει ένα σπίτι κάνοντας χρήση inverter περισσότερο των 5kW.¹² (Κατσέλης Χρ.,2012)

Κατηγορίες: Inverter με τροποποιημένο και inverter με καθαρό ημίτονο

Ο inverter είναι η συσκευή που μετατρέπει το συνεχές (DC) ρεύμα των συσσωρευτών του συστήματος σε εναλλασσόμενο (AC) ρεύμα 230V. Έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε από τους συσσωρευτές του φωτοβολταϊκού συστήματος όλες τις οικιακές συσκευές που απαιτούν 230 Volt.

Ο inverter 230V συνδέεται με δύο καλώδια (συνήθως κόκκινο το θετικό – μαύρο το αρνητικό) πάνω στους πόλους της μπαταρίας. Στην έξοδο 230V του inverter συνδέουμε τις συσκευές που απαιτούν εναλλασσόμενο ρεύμα 230V.

Οι inverters διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Σε inverter τροποποιημένου ημίτονου (modified sine wave) και σε inverter καθαρού ημίτονου (pure / true sine wave).

Ένας **μετατροπέας inverter τροποποιημένου (διαμορφωμένου) ημιτόνου**, είναι σαφώς μικρότερου κόστους από ένα inverter(μετατροπέα) καθαρού ημιτόνου ο οποίος βέβαια είναι κατάλληλος για όλες τις ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Ο μετατροπέας inverter τροποποιημένου (διαμορφωμένου) ημιτόνου εμφανίζει υψηλή κατανάλωση έως και 20% σε σχέση με έναν μετατροπέα inverter καθαρού ημίτονου. Παράλληλα σε τηλεοράσεις και ηχοσυστήματα πιθανόν να ακούγεται βόμβος ενώ μοτέρ ηλεκτρικών συσκευών ή compressor ψυγείων ενδέχεται να μη λειτουργούν καθόλου.

Ο **μετατροπέας καθαρού ημιτόνου** δεν παρουσιάζει κανένα από τα παραπάνω προβλήματα. Το μοναδικό μειονέκτημα που θεωρείται ότι έχουν οι inverters καθαρού ημιτόνου είναι η υψηλότερη τιμή τους, αφού είναι 2 έως 3 φορές ακριβότεροι από έναν αντίστοιχο inverter τροποποιημένου ημιτόνου. Για ψηφιακές ηλεκτρονικές συσκευές που διαθέτουν switching τροφοδοτικά συνιστάται η χρήση inverter με καθαρού ημιτόνου.

Απαραίτητη κρίνεται η χρήση μετατροπέας καθαρού ημιτόνου σε ηλεκτρικές συσκευές που λειτουργούν με μοτέρ (π.χ. ψυγείο) απαιτούν στιγμιαία ρεύματα

¹² Κατσέλης Χρ., Φωτοβολταϊκά, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών / 2.5 Βασικά μέρη Φ/Β Συστήματος,2012.

εκκίνησης ισχύος (κατά την εκκίνηση του μοτέρ) σε πολλαπλάσια Watt (π.χ. εξαπλάσια) από αυτά της κανονικής τους λειτουργίας.¹³ (green energy parts)

2.6.3. Συσσωρευτές- Μπαταρίες Φωτοβολταϊκών



Εικόνα 12: Μπαταρίες φωτοβολταϊκού σταθμού

Η **μπαταρία για φωτοβολταϊκά** είναι μια συσκευή η οποία αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδεσμεύει με τη μορφή ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ηλεκτροχημικές διατάξεις όπως η γαλβανική στήλη. Η ανάπτυξη των μπαταριών άρχισε με την κατασκευή της Βολταϊκής στήλης από τον Αλεσάντρο Βόλτα. Εικάζεται όμως ότι κάποια αντικείμενα, που χρονολογούνται γύρω στο έτος 600 και είναι γνωστά σαν Μπαταρίες της Βαγδάτης, είχαν χρησιμοποιηθεί τότε για την παραγωγή μικρής ποσότητας ηλεκτρισμού.

Ο **συσσωρευτής, μπαταρία** στην ηλεκτρολογία είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού τη μετατρέψει σε χημική) και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Αποτελείται από δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή). Έτσι, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες, που έχουν σχέση με τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική.¹⁴ (Τσιουμπρή Ελ., 2012)

¹³ (green energy parts οδηγός χρήσης, Γενικές Πληροφορίες - Inverter - Μετατροπή από DC 12V/24V σε AC 230V).

¹⁴ Τσιουμπρή Ελένη, Συσσωρευτές στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα Αντιμετώπιση των συνηθισμένων προβλημάτων των συσσωρευτών μολύβδου οξέος στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής, Πανεπιστημίου Πατρών, Κεφάλαιο 3 – Γενικά για τις μπαταρίες, Οκτώμβριος 2012.

Ο εκφορτισμένος ηλεκτρικός **συσσωρευτής, μπαταρία** φορτίζεται όταν περάσει από αυτόν συνεχές ρεύμα από άλλη πηγή, ενώ ταυτόχρονα στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται αντίστροφες χημικές διεργασίες, με τις οποίες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Ο ηλεκτρικός **συσσωρευτής, μπαταρία** χαρακτηρίζεται:

- a) από τη χωρητικότητα, δηλ. την ποσότητα του ηλεκτρισμού σε αμπερώρια, που μπορεί ο συσσωρευτής, μπαταρία να δώσει στο κύκλωμα που τροφοδοτεί,
- b) από τη μέση τάση σε Volt κατά το χρόνο της φόρτισης και εκφόρτισης,
- c) από την ειδική ενέργεια κατά βάρος και όγκο, δηλ. την ενέργεια σε βατώρια που παρέχεται κατά την εκφόρτιση από 1 kg βάρους ή 1 δεκατόμετρο του όγκου του ηλεκτρικού συσσωρευτή,
- d) από την απόδοση κατά χωρητικότητα, δηλ. το λόγο της ποσότητας των αμπερωρίων που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ποσότητα των αμπερωρίων που απορροφάται κατά τη φόρτιση,
- e) από την απόδοση κατά ενέργεια (ή βαθμό απόδοσης), δηλ. το λόγο της ενέργειας που αποδίδεται κατά την εκφόρτιση προς την ενέργεια που απορροφάται κατά τη φόρτιση.

Υπάρχουν ηλεκτρικοί συσσωρευτές, μπαταρίες σε μόνιμη εγκατάσταση (για τις ανάγκες των ηλεκτρικών σταθμών, των τηλεφωνικών και τηλεγραφικών σταθμών, των ραδιοσταθμών κ.ά.) και φορητοί (για τροφοδότηση κινητών ραδιοσυσκευών και συσκευών ενσύρματης τηλεπικοινωνίας, αυτοκινήτων, αεροπλάνων κ.ά.).

Ευρεία χρήση έχουν (κυρίως σε μόνιμες εγκαταστάσεις) οι ηλεκτρικοί **συσσωρευτές, μπαταρίες** μόλυβδου - οξέος, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα θειικού οξέος με πυκνότητα 1,18- 1,29 gr/cm³ και σαν ηλεκτρολύτες διοξειδίου του μόλυβδου PbO₂ και σπογγώδης μόλυβδος. Κατά την εκφόρτιση γίνεται η αντίδραση: $PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$, ενώ η τάση και η πυκνότητα του ηλεκτρολύτη ελαττώνονται. Οι μέσες τάσεις είναι: κατά την εκφόρτιση 1,98 V και κατά τη φόρτιση 2,4 V. Σαν φορητοί ηλεκτρικοί συσσωρευτές, μπαταρίες, χρησιμοποιούνται συχνό οι αλκαλικοί **συσσωρευτές, μπαταρίες**, που έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή. Αυτοί δεν έχουν κατά τη λειτουργία επιζήμιες εξατμίσεις και είναι απλούστεροι στη χρησιμοποίησή τους από τους ηλεκτρικούς **συσσωρευτές, μπαταρίες** οξέος. ελίου, στους οποίους σαν ηλεκτρολύτης χρησιμοποιείται διάλυμα καυστικού καλίου, σαν θετικό ηλεκτρόδιο οξειδία νικελίου σε μείγμα με γραφίτη και σαν αρνητικό ηλεκτρόδιο ρινίσματα σιδήρου ή καδμίου σε μείγμα με σπογγώδη σίδηρο. Οι μέσες τάσεις φόρτισης είναι αντίστοιχα: 1,74 V και 1,65 V. ¹⁵ (Τσιουμπρή Ελ., 2012)

¹⁵ Τσιουμπρή Ελένη, Συσσωρευτές στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα Αντιμετώπιση των συνηθισμένων προβλημάτων των συσσωρευτών μόλυβδου οξέος στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής, Πανεπιστημίου Πατρών, Κεφάλαιο 4 – Χαρακτηριστικά Μεγέθη Μπαταρίας, Οκτώμβριος 2012.

2.6.4. Βάσεις Στήριξης



Εικόνα 13: Βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών πλασίων

Τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) πάνελ συνήθως εδράζονται επί εδάφους με δύο τρόπους:

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

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

Οι σταθερές βάσεις κατασκευάζονται συνήθως από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα (χάλυβα γαλβανισμένο εν θερμώ). Συνήθως κατασκευάζονται μετά από τεχνική μελέτη ώστε να διαπιστωθεί η στατική τους επάρκεια και η αντοχή τους σε ανεμοπιέσεις ή φορτία χιονιού.

Οι βάσεις τοποθετούνται επί του εδάφους είτε με σκυροδέτηση είτε απευθείας με εδαφόμεληξη. Η σκυροδέτηση των βάσεων γίνεται συνήθως σε δοκάρι (δηλαδή σε όλη τη σειρά των βάσεων) από οπλισμένο σκυρόδεμα, είτε σε πέλματα από σκυρόδεμα, τοποθετημένα κατάλληλα ώστε να επιτρέπουν το βίδωμα των υποδοχών των βάσεων. Η εδαφόμεληξη γίνεται συνήθως σε βάθη τυπικά του 0,5-1,5 μέτρα, όπου τοποθετούνται πάσσαλοι, επί των οποίων στη συνέχεια εδράζεται η βάση.

Η σκυροδέτηση των βάσεων αυξάνει το κόστος εγκατάστασης σε σχέση με την απλή εδαφόμεψη. Ωστόσο, συστήνεται να διενεργείται αυτοψία και γεωτεχνική μελέτη για να διαπιστωθεί κατά πόσο ο τύπος του εδάφους επιτρέπει την εδαφόμεψη χωρίς να δημιουργούνται θέματα στατικής επάρκειας των βάσεων.

Επιπλέον, ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να είναι προσεκτικός στη χρήση παρελκόμενων υλικών όπως βίδες ή σύνδεσμοι Φ/Β πάνελ, καθώς θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την αποφυγή οξειδώσεων ή ηλεκτρόλυσης. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα για τη δυνατότητα όδευσης καλωδίων καθώς και για τη στήριξη πινάκων ή αντιστροφέων, σε περίπτωση που τεχνικά διαπιστωθεί ότι αυτή είναι η βέλτιστη λύση.

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

Η ακριβής χωροθέτηση εξαρτάται από τη μορφολογία του διαθέσιμου χώρου εγκατάστασης και τις διαστάσεις αυτού.

Αντιθέτως η ιχνηλάτηση της πορείας του ήλιου αποτελεί μία τεχνική η οποία στοχεύει στην μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της προσπάθειας κίνησης των βάσεων των πάνελ κατά τη διάρκεια της ημέρας ώστε να επιτυγχάνεται συνεχώς η κάθετη πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα συστήματα ιχνηλάτησης της πορείας του ήλιου, ή ηλιοπαρακολουθητές ή τράκερ (tracker) χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη πολυπλοκότητα σε σχέση με τα συστήματα βάσεων, παρέχοντας ωστόσο αυξημένες αποδόσεις, κατά μέσο όρο της τάξης του 30%. Χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Συστήματα μονού άξονα (single axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία λαμβάνει χώρα κίνηση των πάνελ σε έναν άξονα, αυτόν της Ανατολής-Δύσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας. Τυπικά, τα συστήματα αυτά επιτυγχάνουν αύξηση της παραγωγής κατά 20-25% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

2. Συστήματα διπλού άξονα (dual axis): πρόκειται για συστήματα στα οποία είναι επιπλέον δυνατή η ρύθμιση της κλίσης των πάνελ ως προς την οριζόντιο. Η επιπλέον αυτή δυνατότητα παρέχει αυξημένη απόδοση κατά τυπικά 25-40% σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

Η κίνηση στα συστήματα αυτά επιτυγχάνεται με συνήθως με ηλεκτρο-μηχανικά ή ηλεκτρο-υδραυλικά μέσα. Κατά συνέπεια, όλα τα συστήματα ιχνηλάτησης χαρακτηρίζονται από ιδιοκαταναλώσεις, οι οποίες είναι μικρές καθώς η κίνηση δεν είναι συνεχής αλλά περιοδική, τυπικά μία κίνηση ανά 10 λεπτά. Ωστόσο, είναι σκόπιμο η ενέργεια αυτή να προέρχεται από το δίκτυο της ΔΕΗ και όχι από τα Φ/Β πάνελ λόγω της διαφοράς τιμής.

Η ανίχνευση της πορείας του ήλιου γίνεται συνήθως με δύο τρόπους:

- I. ο πρώτος τρόπος είναι με ηλιακούς αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται τη θέση του ήλιου.
- II. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω λογισμικού, από αστρονομικά δεδομένα, βάσει των οποίων υπολογίζεται η θέση και πορεία του ήλιου για κάθε μέρα του έτους, ανάλογα με τις γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής.

Λόγω της ανάγκης κίνησης σημαντικού αριθμού πάνελ, τα συστήματα ιχνηλάτησης χαρακτηρίζονται από επίπεδες επιφάνειες τοποθετημένες σε μία κάθετη ως προς το έδαφος βάση στήριξης. Στη βάση στήριξης τοποθετείται συνήθως και ο αντιστροφείας (inverter) ή αν αυτό δεν είναι δυνατόν, γίνεται η αναχώρηση καλωδίων προς ένα κεντρικό σημείο συλλογής όπου βρίσκονται και οι αντιστροφείς.

Το γεγονός αυτό οδηγεί σε κατασκευές σημαντικού ύψους το οποίο κυμαίνεται από 2,5 έως 10-12 μέτρα, αναλόγως της κατασκευής. Το ύψος της κατασκευής συνήθως αυξάνει με την αύξηση της επιφάνειας των πάνελ. Σήμερα συστήματα ιχνηλάτησης κατασκευάζονται για να φέρουν ισχύ πάνελ που κυμαίνεται από 2-3kWp έως περίπου 33kWp.

Το σημαντικό μέγεθος της κατασκευής καθιστά πολυπλοκότερη και την έδραση. Συνήθως οι βάσεις στήριξης εδράζονται σε σπλισμένο σκυρόδεμα σημαντικού όγκου (από 2-3 έως και περίπου 20-30 κυβ. μέτρα) ώστε να εξασφαλίζεται η στατική τους επάρκεια. Επιπλέον, αυξάνονται τα κόστη εγκατάστασης σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων.

Το σημαντικό μέγεθος των συστημάτων αυτών (και κυρίως το ύψος τους) αυξάνει τις απαιτήσεις χώρου σε σχέση με ένα σύστημα σταθερών βάσεων, συνήθως κατά 1,5-2 φορές, λόγω των μεγαλύτερων αποστάσεων μεταξύ τους για την αποφυγή σκιάσεων. Επιπλέον, το μέγεθος των τράκερ τους καθιστά περισσότερο ευάλωτους (σε σχέση με συστήματα σταθερών βάσεων) σε ανεμοπιέσεις. Η συνηθέστερη τεχνική που χρησιμοποιείται είναι να χρησιμοποιείται ένα ανεμόμετρο και όταν η ταχύτητα του ανέμου ξεπεράσει ένα όριο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, το σύστημα κίνησης να λαμβάνει εντολή να θέτει την επιφάνεια των πάνελ σχεδόν παράλληλα με το έδαφος, μία διαδικασία γνωστή ως «οριζοντίωση», για λόγους προστασίας. Η ταχύτητα αυτή κυμαίνεται ανάλογα με τον κατασκευαστή, αλλά μπορεί να είναι και χαμηλή και να αντιστοιχεί σε άνεμο έντασης 5-6 Bf. Κατά συνέπεια, κάθε μελετητής μηχανικός θα πρέπει να εκτιμά τα ανεμολογικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης προτού προχωρήσει στην επιλογή ενός συγκεκριμένου τύπου τέτοιου συστήματος.

Πέραν των παραπάνω, κάθε μελετητής μηχανικός και εν δυνάμει ιδιοκτήτης ενός Φ/Β πάρκου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τα εξής πρακτικά ζητήματα που αφορούν την τοποθέτηση των συστημάτων ιχνηλάτησης:

- 1) Όλα τα συστήματα ιχνηλάτησης χρίζουν συντήρησης λόγω της ύπαρξης ήλεκτρο-μηχανικών ή ήλεκτρο-υδραυλικών μέσων κίνησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να καταστεί απαραίτητος ο επανα-προγραμματισμός του λογισμικού του συστήματος κίνησης, λόγω απώλειας δεδομένων.

- 2) Λόγω του σημαντικού τους ύψους, είναι απαραίτητη η έκδοση οικοδομικής άδειας και όχι έγκρισης εργασιών μικρής κλίμακας, όπως ισχύει για τα συστήματα σταθερών βάσεων. Το γεγονός αυτό αυξάνει το κόστος εγκατάστασης και επηρεάζει τον χρόνο υλοποίησης της κατασκευής του σταθμού.
- 3) Επιπλέον λόγω του σημαντικού ύψους, η εκτέλεση διάφορων εργασιών γίνεται δυσκολότερη σε σχέση με τα συστήματα σταθερών βάσεων. Παραδείγματα τέτοιων εργασιών αποτελούν η αντικατάσταση ενός πάνελ που έχει υποστεί φθορά ή ο καθαρισμός των πάνελ.

2.6.5.Μετασηματιστές – Πεδία Μέσης Τάσης



Εικόνα 14: Μετασηματιστής φωτοβολταϊκού σταθμού

Οι υποσταθμοί μέσης τάσης είναι απαραίτητοι σε περιπτώσεις σύνδεσης Φ/Β σταθμών με εγκατεστημένη ισχύ άνω των 100kWp. Στην περίπτωση αυτή ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να εγκαταστήσει υποσταθμό για σύνδεση του σταθμού απευθείας στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) 20kV της ΔΕΗ.

Γενικά, ένας υποσταθμός ενός παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- a) Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης.
- b) Τον ή τους μετασηματιστές ισχύος.
- c) Το γενικό πίνακα χαμηλής τάσης.

Σε κάθε περίπτωση ο παραγωγός πρέπει να προβλέψει ιδιαίτερο χώρο για τη στέγαση του υποσταθμού. Είναι προτιμότερο ο παραγωγός να προβλέψει τρεις ανεξάρτητους χώρους για την εγκατάσταση αντίστοιχα του τμήματος μέσης τάσης, του ή των μετασηματιστών ισχύος και του γενικού πίνακα χαμηλής τάσης. Είναι δυνατή η εγκατάσταση στον ίδιο χώρο του πίνακα μέσης τάσης και των μετασηματιστών ισχύος. Ο γενικός πίνακας χαμηλής τάσης πρέπει να είναι σε

ανεξάρτητο χώρο. Οι διαστάσεις των παραπάνω χώρων υπαγορεύονται από τις διαστάσεις των μηχανημάτων που θα στεγασουν και τη λειτουργικότητα των χώρων αυτών.

Οι χώροι των μετασχηματιστών και του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης πρέπει να είναι κλειστοί και κατασκευασμένοι από άκαυστα υλικά με μεταλλικές πόρτες από χαλυβδοέλασμα με ελάχιστο πάχος 1 χιλ. Οι πόρτες πρέπει να έχουν ανοίγματα αερισμού (περσίδες). Η διάταξη των μηχανημάτων και των συσκευών μέσα στους χώρους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η ευχερής συντήρηση και λειτουργία τους. Η ελάχιστη κατακόρυφη απόσταση του υψηλότερου σημείου του μετασχηματιστή και του χαμηλότερου σημείου της οροφής είναι τουλάχιστον 40 εκ.

Ο αερισμός του χώρου μπορεί να είναι φυσικός ή τεχνητός. Σε περίπτωση φυσικού αερισμού απαιτούνται δύο ανοίγματα, ένα για την είσοδο και ένα για την έξοδο του αέρα. Το άνοιγμα εισόδου του αέρα ψύξης πρέπει να βρίσκεται οπωσδήποτε κάτω από το μέσο του ύψους του μετασχηματιστή και το άνοιγμα εξόδου όσο το δυνατό ψηλότερα. Το μέγεθος του ανοίγματος εξόδου καθορίζεται από σχετικό διάγραμμα σύμφωνα με το οποίο το άνοιγμα πρέπει να αυξηθεί κατά 10% όταν υπάρχουν γρίλιες και 50% όταν υπάρχουν γρίλιες και περσίδες. Το άνοιγμα εισόδου μπορεί να είναι το 90% του ανοίγματος εξόδου.

Στην περίπτωση που ο μετασχηματιστής είναι ελαιόψυκτος, ο χώρος πρέπει να διαθέτει λεκάνη με επαρκή χωρητικότητα για την περισυλλογή του λαδιού σε περίπτωση διαρροής, χωρίς όμως να αφήνει το λάδι σε ελεύθερη επιφάνεια για την αποφυγή πυρκαγιάς. Αυτό συνήθως υλοποιείται με την τοποθέτηση σκύρων στο επάνω μέρος της λεκάνης.

Στην περίπτωση που ο μετασχηματιστής είναι με ξηρή μόνωση η παραπάνω απαίτηση δεν ισχύει.

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

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

Η ισχύς του ή των μετασχηματιστών ενός υποσταθμού υπολογίζεται με βάση τη μέγιστη ενεργό ισχύ του σταθμού η οποία καθορίζεται στη φάση της μελέτης. Η επιλογή ενός ή περισσότερων μετασχηματιστών καθορίζεται από το μέγεθος της ισχύος και τη χωροθέτηση του Φ/Β σταθμού και τις επιπτώσεις αυτής στις απώλειες του σταθμού, αλλά και για λόγους εφεδρείας. Για την επιλογή του μετασχηματιστή θα πρέπει να καθοριστεί επίσης η τάση βραχυκύκλωσής του, η ομάδα συνδεσμολογίας του και το είδος της μόνωσής του. Στις συνηθισμένες περιπτώσεις προτιμάται τάση βραχυκύκλωσης 4-6% για να διατηρείται η πτώση τάσης χαμηλή. Οι επικρατέστερες ομάδες συνδεσμολογίας για μετασχηματιστές 20/0,4 kV είναι οι Dy και Yz. Σε ιδιωτικούς υποσταθμούς ο συνηθέστερος τύπος συνδεσμολογίας είναι ο Dy.

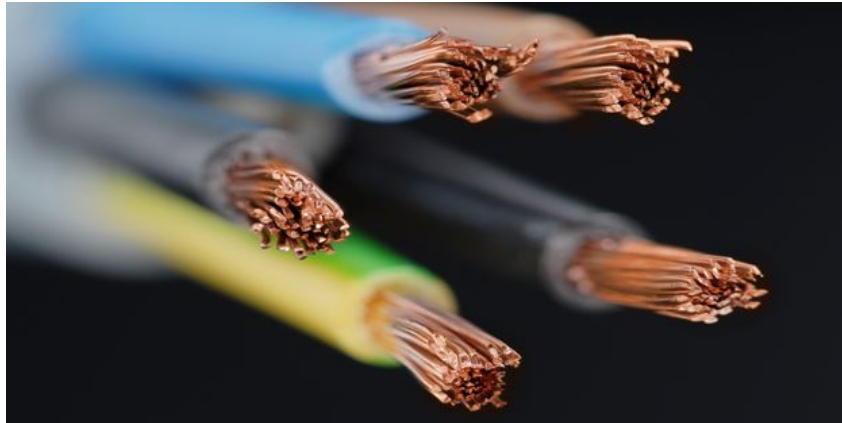
Το είδος της μόνωσης του μετασχηματιστή επηρεάζει σημαντικά το κόστος του. Οι συνηθέστεροι τύποι μόνωσης μετασχηματιστών είναι το λάδι και η ξηρά μόνωση. Οι ελαιόψυκτοι μετασχηματιστές είναι φθηνότεροι αλλά απαιτούν ειδική διαμόρφωση του χώρου για την παραλαβή του λαδιού. Επίσης απαιτούν αυστηρότερα μέσα πυροπροστασίας. Οι μετασχηματιστές με ξηρή μόνωση είναι ακριβότεροι, αλλά δεν απαιτούν ειδικές διαμορφώσεις στο χώρο που εγκαθίστανται και θεωρούνται ουσιαστικά άκαυστοι. Η ξηρά μόνωση είναι συνήθως από εποξικές ρητίνες.

Ο παράγοντας που καθορίζει το μέγεθος της διατομής του καλωδίου μέσης τάσης είναι η αντοχή του στο προσδοκώμενο σε εκείνο το σημείο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ο υπολογισμός των ρευμάτων βραχυκύκλωσης είναι ιδιαίτερα επίπονος και είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων. Οι απαιτούμενοι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο VDE 0102. Ένας από τους συνηθεις τύπους καλωδίων μέσης τάσης που χρησιμοποιούνται σε υποσταθμούς είναι το N(A)2XSJ με μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο και μανδύα από PVC.

Οι ζυγοί της μέσης και χαμηλής τάσης υπολογίζονται με βάση δύο παραμέτρους: τη θερμική αντοχή τους στο ρεύμα του φορτίου και τη μηχανική αντοχή τους στις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος. Οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με τα πρότυπα VDE 0103/1988, DIN 57103/1988 και IEC 865.



Εικόνα 15: Μέτρηση πεδίων τάσης του σταθμού
2.6.6. Καλωδιώσεις – Πίνακες



Εικόνα 16: Καλώδια σύνδεσης μπαταριών και μετατροπέων

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

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εν σειρά των Φ/Β πάνελ είναι συνήθως κατασκευασμένα για χρήση στον εξωτερικό χώρο. Η διατομή τους είναι συνήθως 4mm² για πάνελ κρυσταλλικού πυριτίου και ακόμη μικρότερη (της τάξης του 1,5mm²) για πάνελ άμορφου πυριτίου, λόγω του σημαντικά μικρότερου ρεύματος τους. Τα καλώδια αυτά είναι συνήθως μονοπολικά και με διπλή μόνωση, ώστε να αποφεύγονται σφάλματα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου των Φ/Β πάνελ ή σφάλματα γης. Κατασκευάζονται επίσης πολύκλωνα ώστε να διαθέτουν την απαραίτητη ευελιξία για τη σύνδεση τους, ενώ το μήκος τους κυμαίνεται γύρω στο 1 μέτρο.

Το συχνά χρησιμοποιούμενο καλώδιο με μόνωση λάστιχο και μανδύα από νεοπρένιο τύπου H07 RN-F, στην τυπική (standard) έκδοση του επιτρέπεται σε θερμοκρασίες έως 60°C και έτσι είναι κατάλληλο για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα σε περιορισμένο εύρος. Για το σκοπό αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη δημιουργία ειδικών καλωδίων για φωτοβολταϊκές εφαρμογές (solar cables). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι ότι είναι ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες και σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία με μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών (της τάξης από -55°C έως 125°C). Επιπλέον κάποιοι κατασκευαστές προσφέρουν καλώδια με μεταλλικό πλέγμα για μεγαλύτερη προστασία από τα τρωκτικά και καλύτερη προστασία από υπερτάσεις.

Οι διατομές των DC καλωδίων που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των Φ/Β πάνελ με τους αντιστροφείς κυμαίνονται συνήθως από 4-16mm². Ο ακριβής προσδιορισμός της διατομής εξαρτάται κυρίως από τις απώλειες του καλωδίου και όχι ιδιαίτερα από τη θερμική φόρτιση η οποία είναι μικρή, λόγω του μικρού σχετικά ρεύματος λειτουργίας των Φ/Β πάνελ. Έτσι, με δεδομένη την γραμμική αύξηση των απωλειών με το μήκος των καλωδίων, είναι σκόπιμο ο κάθε μελετητής να προβαίνει σε υπολογισμούς απωλειών, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις αποστάσεων αρκετών δεκάδων μέτρων, λαμβάνοντας υπόψη και την αντίσταση των καλωδίων. Είναι επίσης σκόπιμο

να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί χρωματισμοί καλωδίων για το θετικό και αρνητικό, συνήθως κόκκινο και μαύρο.

Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιηθούν και μεγαλύτερες διατομές DC καλωδίων της τάξης των 25-70mm², σε περιπτώσεις που δεν επαρκεί ο αριθμός των εισόδων ενός αντιστροφέα για την απευθείας σύνδεση όλων των επιμέρους DC καλωδίων των κλάδων. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά συνηθισμένη κυρίως σε κεντρικούς αντιστροφείς (της τάξης ονομαστικής ισχύος των 100kW και άνω. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται κατάλληλα κιτία τα οποία ομαδοποιούν πολλά ζεύγη καλωδίων κλάδων σε ένα ζεύγος. Στις περιπτώσεις αυτές τα κιτία αυτά είναι επίσης συνήθως εφοδιασμένα με απαγωγείς υπερτάσεων και DC διακόπτες φορτίου. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις διαθέτουν και διατάξεις επιτήρησης κλάδων (string monitoring) ώστε να δίνεται πληροφορία στον αντιστροφέα και το σύστημα εποπτείας για τη δυσλειτουργία ενός κλάδου. Στις περιπτώσεις αυτές ο μελετητής μηχανικός θα πρέπει να λαμβάνει επίσης υπόψη του για τον υπολογισμό της διατομής, πέραν των απωλειών, και το θερμικό φορτίο, λόγω του παραλληλισμού σημαντικού αριθμού κλάδων.

Επιπλέον, κατά τη φάση κατασκευής του έργου, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την προσεκτική όδευση των καλωδίων κατά τις συνήθεις πρακτικές της ηλεκτροτεχνίας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η γειτνίαση των καλωδίων, η χρήση σωλήνων και η ανάγκη προστασίας από τα τρωκτικά.

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή διασύνδεση των καλωδίων τόσο μεταξύ των πάνελ (δηλαδή από το (+) ενός πάνελ στο (-) του επόμενου κτλ) όσο και μεταξύ των κλάδων των πάνελ και των εισόδων του αντιστροφέα. Σε περίπτωση χαλαρής σύνδεσης είναι πιθανόν να εμφανιστεί τόξο αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Επιπλέον, η ύπαρξη υψηλής σχετικά DC τάσης επιβάλλει ώστε η σύνδεση των καλωδίων να πραγματοποιείται από εξειδικευμένο προσωπικό με τη δέουσα προσοχή. ¹⁶(portal.tee.gr)

¹⁶ (portal.tee.gr) Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων.

2.6.7. Διατάξεις Αντικεραυνικής Προστασίας

Περιμετρικά στην οροφή του οικίσκου εγκαθίσταται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (τύπου κλωβού), που περιλαμβάνει την τοποθέτηση περιμετρικά στην οροφή συλλεκτήριου αγωγού Φ10 και τέσσερις απαγωγούς (αγωγούς καθόδου) Φ10. Περιμετρικά στο εσωτερικό του οικίσκου τοποθετείται χάλκινος αγωγός ορθογωνικής διατομής, διαστάσεων 25x5mm. Ο χάλκινος αγωγός τοποθετείται σε ύψος 20cm από το δάπεδο και σε απόσταση από τα τοιχώματα περίπου 3cm, όπου αυτό είναι δυνατό.

Στο φωτοβολταϊκού πάρκο τοποθετείται αλεξικεύρανο ενισχυμένου ιονισμού Tesla-S. Η κεφαλή του αλεξικεύρανο φέρει διμερή ακίδα σύλληψης του κεραυνού από ειδικό κράμα ορειχάλκου, με διάκενο ασφαλείας. Διαθέτει μεταλλικό δίσκο συλλογής (αγώγιμο προς την ακίδα και προς το περίβλημα της κεφαλής) , ο οποίος ζευγνύετε χωρητικά προς το ηλεκτρικό πεδίο κακοκαιρίας και φορτίζεται επαγωγικά με την αύξηση του ανωτέρω πεδίου. Η κεφαλή περιλαμβάνει ειδικό μεταλλάκτη παραγωγής υψηλής τάσης ιονισμού, μέσω της φυσικής αστάθειας τόξου (πλάσματος) και με την βοήθεια μαγνητικού πεδίου, με χαρακτηριστικό γνώρισμα την εν σειρά σύνδεση σπινθηριστική με πηνίο και πυκνωτή.

Στον χώρο γύρω από την ακίδα του αλεξικευράνου , δημιουργείται ισχυρότατος ιονισμός. Το αλεξικεύρανο Tesla-S λειτουργεί όταν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες κεραυνοφόρου πεδίου, φαινόμενο που διαρκεί μερικά λεπτά της ώρας. Η κεφαλή φέρει διάταξη ασφαλείας για την προστασία των κυκλωμάτων της, κατά τη στιγμή της πτώσης και σύλληψης κεραυνού.

Η κεφαλή Tesla-S θα αποτελείται από :

- 1) Τον ιστό στήριξης , (ιστός τηλεσκοπικός , ανακλινόμενος ή μη) από χαλύβδινους σωλήνες βαρέου τύπου με συγκολλήσεις βαθειάς διεισδύσης (MIG-MAG), ακόμα φέρει επίτονα με εντατήρες
- 2) Αγωγός καθόδου , γυμνός χάλκινος πολύκλωνος ηλεκτρολυτικός αγωγός διατομής 50mm²
- 3) Ηλεκτρόδια γείωσης , τύπου χαλύβδινα επιχάλκωμένα διαμέτρου 16mm και μήκους 1,6 μέτρων
- 4) Σφικτήρες αγωγού – ηλεκτροδίο
- 5) Λύομενο σύνδεσμο ελέγχου γείωσης , στον αγωγό καθόδου
- 6) Κάρτα μαγνητικής καταγραφής κεραυνικών ρευμάτων , OBO-BETTERMANN

Η γείωση του αλεξικέραυνο θα αποτελείται από ανεξάρτητο τρίγωνο γείωσης από ηλεκτρόδια χαλύβδινα επιχάλκωμένα με ορειχάλκινους σφικτήρες αγωγού-ηλεκτροδίου που δεν θα συνδέεται με την θεμελιακή. Θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για την επίτευξη χαμηλής ωμικής αντίστασης.

¹⁷(<http://nefeli.lib.teicrete.gr>)

¹⁷ (<http://nefeli.lib.teicrete.gr>)/ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ/ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΖΕΡΙΤΗΣ

2.6.8. Σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των ηλεκτρικών μεγεθών του Φ/Β σταθμού.

Η μέτρηση της παραγόμενης ενέργειας αποτελεί βασικό στοιχείο παρακολούθησης σε μια επένδυση φωτοβολταϊκού σταθμού, είτε μικρής είτε μεγάλης κλίμακας. Η σειρά μετρητών της Schneider Electric αποτελείται από απλά ηλεκτρονικά κιλοβατόμετρα ράγας με την ονομασία ME έως και τον εξειδικευμένο μετρητή PM820 που μπορεί να μετρήσει ξεχωριστά παραγόμενη και καταναλισκόμενη ενέργεια.

➤ ME3

- Τριφασικός ψηφιακός μετρητής ενέργειας ράγας σχεδιασμένος για φορτίο έως 63A χωρίς χρήση μετασχηματιστών έντασης

- Ιδανικός για οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα

- Έξοδος παλμού

➤ PM9

- Αναλυτής ενέργειας ράγας συμβατός με τα πρότυπα μέτρησης IEC61557-12 και IEC 62053-21 class 1

- Διαθέτει σειριακή επικοινωνία Modbus και έξοδο παλμού για εξαγωγή δεδομένων σε σύστημα επιτήρησης από τους ίδιους μετασχηματιστές έντασης.

➤ PM820

- Αναλυτής ενέργειας που τοποθετείται σε πόρτα πίνακα

- Διαστάσεις 96 x 96

- Μέτρηση παραγόμενης αλλά και καταναλισκόμενης ενέργειας

Επίσης σύμφωνα με την εταιρία Sunny WebBox από κάθε μετατροπέα θα διατρέχει ένα καλώδιο σηματοδοσίας προκειμένου να υπάρχει η φυσική διασύνδεση και η συλλογή των δεδομένων από τον κεντρικό συλλέκτη και επεξεργαστή δεδομένων. Επιπλέον θα εγκατασταθεί και ένα καλώδιο ιδίου τύπου από το Sunny Sensor Box έως το Sunny WebBox για τη μέτρηση της θερμοκρασίας των πάνελ.

Προκειμένου η μονάδα παραγωγής ενέργειας να είναι επιτηρήσιμη και άρα να υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης επίβλεψης του έργου (Σύστημα Τηλεπίβλεψης), εντός του κεντρικού πίνακα θα εγκατασταθεί το σύστημα Sunny WebBox.

Το σύστημα Sunny WebBox συνδέεται «φυσικά» με όλα τα συστήματα αντιστροφών εντός του έργου, καθώς και με συσκευή συλλογής μετεωρολογικών δεδομένων (Sunny Sensor Box) προκειμένου να είναι επιτηρήσιμη τόσο η κατάσταση και στιγμιαία απόδοση των αντιστροφών όσο και οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Από την πλευρά της εγκατάστασης, συλλέγει διαρκώς όλα τα δεδομένα και δίδει έτσι την δυνατότητα να γίνει έλεγχος οποιαδήποτε στιγμή της τρέχουσας κατάστασής της. Τα κύρια χαρακτηριστικά που προσφέρει το σύστημα τηλεπίβλεψης Sunny WebBox είναι:

✓ **Ασφάλεια:**

- 1) Συνεχής έλεγχος του Φ/Β συστήματος
- 2) Επιτήρηση μέσω δικτύου στιγμιαίων και συγκεντρωτικών δεικτών του πάρκου
- 3) Έγκαιρος εντοπισμός σφαλμάτων λειτουργίας
- 4) Καταγραφή ενεργειακής απόδοσης
- 5) Ασφαλή αποθήκευση δεδομένων

✓ **Φιλικό Προς τον Χρήστη:**

- 1) Διάγνωση και ρύθμιση εγκατάστασης σε οποιοδήποτε τερματικό
- 2) Αυτόματη μετάδοση δεδομένων
- 3) Επεξεργασία δεδομένων και απεικόνιση στο διαδίκτυο

Το Sunny SensorBox είναι σταθμός μετρήσεων με πολύ μικρό μέγεθος και μεγάλη ευκολία εγκατάστασης. Στη συσκευή βρίσκεται ενσωματωμένο φωτοβολταϊκό κύτταρο, το οποίο μετρά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Τοποθετείται στην εξωτερική, φωτιζόμενη πλευρά των φωτοβολταϊκών πλαϊσίων και με τη βοήθεια του συμπεριλαμβανόμενου αισθητήρα θερμοκρασίας πραγματοποιεί μέτρηση και της θερμοκρασίας τους.

Το Meter Connection Box καθιστά δυνατή την απλή ενσωμάτωση μετρητών ενέργειας στο σύστημα επιτήρησης της εγκατάστασής. Συνδέεται απευθείας στην έξοδο S0 ενός μετρητή ενέργειας, λαμβάνοντας με αυτό τον τρόπο κάθε μεταβολή του μετρητή. Σε συνδυασμό με το Sunny WebBox και το Sunny Portal το ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί εύκολα να παρουσιασθεί και να αναλυθεί. Ανάλογα με τη διάταξη των συνδεδεμένων μετρητών ενέργειας, η συσκευή επιτρέπει την παραστατική σύγκριση της απορροφόμενης και παραγόμενης ενέργειας καθώς και της φωτοβολταϊκής ιδιοκατανάλωσης. (<http://nefeli.lib.teicrete.gr>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία εκτενής περιγραφή της έννοιας «Συντήρηση». Παρουσιάζονται ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων οι οποίες πρέπει να υλοποιούνται για την σωστή λειτουργία του τομέα της συντήρησης, τα κύρια συστήματα συντήρησης καθώς επίσης και τα συστήματα συντήρησης τα οποία εφαρμόζονται στην πράξη στον βιομηχανικό τομέα.

3.1 Γενικά Στοιχεία Συντήρησης

3.1.1 Ορισμός της Συντήρησης

Η λειτουργία της συντήρησης ορίζεται ως «οτιδήποτε είναι απαραίτητο να επιτρέψει στον εξοπλισμό να διατηρηθεί ή να αποκατασταθεί σε ένα προκαθορισμένο σύνολο συνθηκών έτσι ώστε να μπορεί να εκτελέσει μια δεδομένη λειτουργία».

3.1.2 Στόχος της Συντήρησης

Η Συντήρηση είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων που έχουν ως στόχο τη διατήρηση μιας παραγωγικής μονάδας σε λειτουργία. Περιλαμβάνει δραστηριότητες όπως ο έλεγχος, οι δοκιμές, οι μετρήσεις, οι αντικαταστάσεις, οι ρυθμίσεις εξαρτημάτων, οι επισκευές και σε μερικές περιπτώσεις διοικητικές ενέργειες. Η συντήρηση περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων για τη διατήρηση και την αποκατάσταση του τεχνικού εξοπλισμού ενός συστήματος στη κατάσταση που αρχικά είχε σχεδιαστεί να λειτουργεί, καθώς και τον προσδιορισμό και την αποτίμηση της πραγματικής κατάστασης αυτού.¹⁸ (ΚΑΛΑΜΠΟΚΑ ΕΥΤΥΧΙΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009)

3.2. Κύρια Συστήματα Συντήρησης

Τα κύρια είδη (συστήματα) συντήρησης είναι τα παρακάτω:

- Βελτιωτική (improvement maintenance)
- Προληπτική (preventive maintenance)
 - i. προγραμματισμένη (programmed)
 - ii. οριακή (on-condition)

¹⁸ (ΚΑΛΑΜΠΟΚΑ ΕΥΤΥΧΙΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009)/ Ολική Παραγωγική Συντήρηση σε Εργοστάσιο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

- iii. προγνωστική (predictive)
- Επισκευαστική (corrective maintenance)

3.2.1 Βελτιωτική Συντήρηση

Στόχος της βελτιωτικής συντήρησης είναι η ελάττωση ή εξάλειψη των βλαβών που οφείλονται κυρίως στις συνθήκες λειτουργίας. Εφαρμόζοντας το σύστημα αυτό, η εμπλοκή με τις εργασίες συντήρησης είναι τόσο έντονη, ώστε να παραβλέπεται η έρευνα και η αναζήτηση των αιτιών που τις προκαλούν. Η τάση είναι, σύμφωνα με τους κανόνες της αξιοπιστίας, να ελαττωθούν οι βλάβες που απαιτούν συντήρηση. Δηλαδή, να γίνεται πρόληψη και όχι επιδιόρθωση.

3.2.2 Προληπτική Συντήρηση

Η προληπτική συντήρηση είναι πρόγραμμα συστηματικών ελέγχων λειτουργίας, εξαρτημάτων, συγκροτημάτων ή συστημάτων και μελέτες διάγνωσης, πρόβλεψης, πρόγνωσης και αποκατάστασης βασισμένες στα στοιχεία που προκύπτουν από τους ελέγχους αυτούς. Σχεδιάζεται έτσι ώστε να διορθώνει ή να προλαμβάνει καταστάσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε βλάβες, με αποτέλεσμα την απώλεια παραγωγής, ακριβές επισκευές και αντικαταστάσεις εξαρτημάτων. Είναι πιο οικονομικό να συντηρηθεί κάτι προληπτικά, παρά να έχει ήδη προκαλέσει σταμάτημα της παραγωγής, με όσα δυσάρεστα επακόλουθα αυτό συνεπάγεται. Ακόμα και αν αυτό σημαίνει ότι ορισμένα εξαρτήματα πιθανόν θα αντικατασταθούν πριν εξαντλήσουν τα όρια αξιόπιστης λειτουργίας τους.

Θα πρέπει να γίνει συνείδηση πως η προγραμματισμένη στάση μιας μηχανής είναι απαραίτητη όσο και αν αυτό σημαίνει απώλεια παραγωγής. Η παραγωγή που χάνεται σε μία διακοπή λόγω βλάβης είναι, τις περισσότερες φορές, περισσότερη από αυτή που χάνεται λόγω μιας προγραμματισμένης διακοπής συντήρησης. Με την προληπτική συντήρηση και τον έλεγχο μπορούμε να φτιάξουμε μακροχρόνια προγράμματα, να συλλέξουμε στατιστικά στοιχεία, να οδηγηθούμε από τα αποτελέσματα σε βελτιώσεις και το κυριότερο να αποκτήσουμε συνείδηση «δράσης» για αντικατάσταση εξαρτημάτων ή μηχανημάτων.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στην επιλογή του απαραίτητου προσωπικού που θα κληθεί να εφαρμόσει ένα τέτοιο πρόγραμμα καθώς και στην εκπαίδευσή του. Τονίζεται πως δεν πρέπει να βασιζόμαστε μόνο στις τεχνικές γνώσεις, αλλά και στην τεχνική «συνείδηση». Με το τελευταίο εννοούμε την εξοικείωση του τεχνικού με τη μηχανή, την εγρήγορση της όρασης, της ακοής, ακόμη και της αφής, όσφρησης και γεύσης. Έλεγχος σημαίνει πείρα, αισθήσεις και γρήγορη αντίδραση. Η προληπτική συντήρηση διακρίνεται στην **Προγραμματισμένη**, στην **Οριακή (on condition)** και στην **Προγνωστική**.

Επομένως η προληπτική συντήρηση συνίσταται σε μια σειρά από δραστηριότητες οι οποίες προγραμματίζονται με συχνότητα που υπαγορεύεται από το συνολικό χρονικό διάστημα από την προμήθεια ενός μηχανήματος, τις ώρες λειτουργίας του, την ποσότητα παραγωγής ή κατάσταση και:

1. είτε παρατείνουν τη ζωή ενός εξαρτήματος/ μηχανήματος
2. είτε αποκαλύπτουν ότι ένα εξάρτημα/μηχάνημα έχει φθαρεί σημαντικά και πρόκειται να αστοχήσει.

Ακρογωνιαίος λίθος της προληπτικής συντήρησης είναι η διενέργεια ελέγχων. Έλεγχος είναι η διαδικασία εκείνη που:

- εξετάζει αν ο σχεδιασμός ή οι προδιαγραφές ενός μηχανήματος είναι τα απαιτούμενα
- εκτιμά όλους τους παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν πιθανά προβλήματα
- αναγνωρίζει όλους τους παράγοντες και τα αίτια που μπορούν να οδηγήσουν σε παύση και εκτιμά το χρόνο μέχρι όπου αυτό συμβεί.

i. Προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση

Η προληπτική συντήρηση είναι προγραμματισμένη συντήρηση η οποία στοχεύει στην παράταση της διάρκειας ζωής του εξοπλισμού και στην αποφυγή απρογραμμάτιστων δραστηριοτήτων συντήρησης. Περιλαμβάνει λιπάνσεις, καθαρισμούς, ρυθμίσεις και αντικαταστάσεις. Ένα καλό πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνει:

- ✓ Μη καταστροφικούς ελέγχους
- ✓ Περιοδικές επιθεωρήσεις
- ✓ Προγραμματισμένες δραστηριότητες συντήρησης
- ✓ Διορθωτικές συντηρήσεις των ελαττωμάτων που εντοπίστηκαν κατά τους ελέγχους ή τις επιθεωρήσεις.

Το σύστημα αυτό αποτελεί τη βάση της οργάνωσης της λειτουργίας της συντήρησης. Στηρίζεται σε μια λεπτομερειακή περιγραφή περιοδικών ελέγχων και επεμβάσεων που σαν σκοπό έχουν την αντικατάσταση ή αποκατάσταση λειτουργίας εξαρτημάτων ή μηχανημάτων. Σαν επί μέρους συστήματα του κυρίου προγράμματος αναφέρονται τα εξής είδη συντήρησης:

Ομοιόμορφη συντήρηση: Με την ομοιόμορφη συντήρηση εφαρμόζεται περιοδικά μια συγκεκριμένη διαδικασία που ικανοποιεί τις βασικές απαιτήσεις συντήρησης των μηχανημάτων. Εκδίδεται, έτσι, ένα σύνολο οδηγιών που επαναλαμβάνονται χωρίς την ανάγκη έκδοσης συμπληρωματικών. Δεν λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες του κατασκευαστή ως προς τις λεπτομέρειες, αλλά η παραγωγική διαδικασία φροντίζοντας να υπάρχει ένας ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας.

Τα πλεονεκτήματα αυτού του υποσυστήματος είναι:

- α) είναι απλό στην οργάνωση,
- β) απαιτεί ελάχιστη βοηθητική εργασία και
- γ) επιτυγχάνει αρκετά καλό βαθμό πρόληψης.

Ταυτόχρονα όμως: δεν είναι κατάλληλο για μεγάλες μονάδες, δε δίνει αξιολογικά στοιχεία συμπεριφοράς μηχανολογικού εξοπλισμού, και δεν επιτρέπει τη δημιουργία σοβαρού υπόβαθρου. Είναι όμως κατάλληλο να καλύψει εξοπλισμό ήσσονος σημασίας, παραγωγικές μονάδες όμοιες, που βρίσκονται εγκατεστημένες σε μεγάλο αριθμό ή μηχανήματα που λειτουργούν περιορισμένα σε κάποιες φάσεις της παραγωγής.

Συντήρηση βάσει προδιαγραφών: Εδώ λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι οδηγίες του κατασκευαστή, οι συνθήκες εκμετάλλευσης και περιβάλλοντος και γενικά όλοι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία και απόδοση του εξοπλισμού. Το σύστημα αυτό προϋποθέτει την έκδοση λεπτομερών οδηγιών και προσεκτικό τεχνικό και χρονικό προγραμματισμό, καταγραφή των στοιχείων που προκύπτουν από κάθε επέμβαση, την ανάλυση των ευρημάτων και την κατάλληλη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Το υποσύστημα αυτό είναι κατάλληλο για μεμονωμένες μονάδες, για συστοιχίες όμοιων εξαρτημάτων, για βοηθητικά μηχανήματα, και για μηχανήματα που δε συνδέονται άμεσα με την παραγωγή.

ii. Οριακή συντήρηση

Η οριακή συντήρηση εκτελείται όταν είναι αναγκαίο. Εδώ χρειάζεται επαρκής και λεπτομερειακός έλεγχος από ειδικούς καθώς και η χρήση ειδικών οργάνων μέτρησης. Για την εφαρμογή του συστήματος, είναι απαραίτητος ο καθορισμός ορίων ασφαλούς και ορθής λειτουργίας, θέσπιση οριακών τιμών και μετρήσεων με κατάλληλα όργανα. Όλα αυτά χρειάζονται ώστε κάθε φορά να είναι σαφές από πότε αρχίζει να υπάρχει πρόβλημα.

Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ιδιαίτερα σημαντικός, μια και αυτός καθορίζει τα σταθερά μεγέθη πέρα από τα οποία βρισκόμαστε σε οριακές συνθήκες. Εκείνο που χρειάζεται είναι η αλλαγή της νοοτροπίας και του τρόπου σκέψης του προσωπικού. Επίσης ο έλεγχος και οι μετρήσεις δεν πρέπει να οδηγούν σε επεμβάσεις, αν προηγουμένως δεν έχει εντοπιστεί και αναγνωριστεί το πρόβλημα.

Οι γενικοί κανόνες της οριακής συντήρησης είναι:

- ❖ Έλεγχος όλων των κρίσιμων στοιχείων.
- ❖ Θεώρηση της ασφαλούς λειτουργίας σαν βασικού συντελεστή.
- ❖ Αν κάτι λειτουργεί σωστά, μην το πειράζετε.

iii. Προγνωστική συντήρηση

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής υλικών και εξαρτημάτων, ώστε να υπολογίζεται με μεγαλύτερη ασφάλεια ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών αντικαταστάσεων. Επίσης λαμβάνονται στοιχεία ώστε, συμπερασματικά πλέον να βρίσκονται τα αίτια των βλαβών και να γίνονται οι προληπτικές ενέργειες αποφυγής τους. Εδώ γίνεται χρήση οργάνων διαρκούς παρακολούθησης της λειτουργίας.

Με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η κατάσταση των διαφόρων μερών και εξαρτημάτων κατά τον πραγματικό χρόνο λειτουργίας. Με την ανάλυση και αξιολόγηση των μετρήσεων προβλέπεται ο υπολειπόμενος ωφέλιμος χρόνος ζωής και προσδιορίζονται τα όρια ασφαλούς λειτουργίας. Τέτοια συστήματα βοηθούν στο να παίρνονται λογικές αποφάσεις αντικατάστασης εξαρτημάτων ή μηχανημάτων.

3.2.3. Επισκευαστική Συντήρηση

Η επισκευαστική συντήρηση δεν αποτελεί σύστημα αλλά καταλαμβάνει σε πολλές περιπτώσεις ένα μεγάλο μέρος της συντήρησης. Βεβαίως επισκευές πάντα χρειάζονται, θα πρέπει όμως αυτές να είναι αποτέλεσμα ενός ευρύτερου προγραμματισμού και όχι απλά αντιμετώπιση ζημιών και αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών. Η μετάβαση σε βελτιωμένα προγράμματα συντήρησης μειώνει δραστικά το κόστος και τον χρόνο επισκευών των βλαβών και δίνει μεγαλύτερη δυνατότητα ελέγχου και μελέτης φαινομένων και αιτιών.¹⁹(ΤΣΩΛΗ ΑΣΗΜΙΝΑ. ΑΘΗΝΑ 2007)

3.3. Μέθοδοι Συντήρησης που Εφαρμόζονται στην Πράξη

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν οι μέθοδοι συντήρησης που χρησιμοποιούνται στην πράξη. Οι μέθοδοι οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια είναι οι εξής:

- Συντήρηση βασισμένη σε βλάβη
- Περιοδική συντήρηση
- Συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού
- Οριακό σημείο σε συντήρηση βασισμένη σε δείκτες απόδοσης

¹⁹ ΤΣΩΛΗ ΑΣΗΜΙΝΑ. ΑΘΗΝΑ 2007/Μεθοδολογίες Συντήρησης Μηχανών και Σύγχρονες Τάσεις

3.3.1. Συντήρηση βασισμένη σε βλάβη

Η μέθοδος συντήρησης που βασίζεται σε βλάβη χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι δεν πραγματοποιείται προληπτική συντήρηση. Το σύστημα εγκαθίσταται χωρίς προγραμματισμένα έξοδα συντήρησης, φθείρεται και αντικαθίσταται εξ' ολοκλήρου όταν συμβεί κάποια βλάβη.

Η βασισμένη σε βλάβη μέθοδος συντήρησης είναι επομένως βιώσιμη οικονομικά, μόνο κάτω από τους ακόλουθους όρους:

- 1) Αν το κόστος απόκτησης των συστατικών του συστήματος είναι μικρότερο από αυτό της συντήρησής τους.
- 2) Αν τα συστατικά του συστήματος δε θέτουν σε κίνδυνο την παραγωγή ή την ασφάλεια σε περίπτωση βλάβης, και μπορούν να επισκευασθούν χωρίς σημαντικά έξοδα.
- 3) Αν τα συστατικά του συστήματος έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και δεν είναι ούτε εφικτή ούτε επιθυμητή η επιμήκυνση του.

3.3.2. Περιοδική συντήρηση

Κατά την περιοδική συντήρηση, η προληπτική συντήρηση ενός συστατικού του συστήματος πραγματοποιείται κανονικά μετά από καθορισμένη περίοδο χρήσης. Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι η κανονική προληπτική συντήρηση αυξάνει τη διάρκεια ζωής ενός συστατικού του συστήματος. Σε μερικές περιπτώσεις η νομοθεσία ή οι κανονισμοί ασφαλείας απαιτούν απόδειξη της κανονικής προληπτικής συντήρησης. Ένα μειονέκτημα της περιοδικής συντήρησης είναι ότι η διάρκεια ζωής των συστατικών ενός συστήματος εξαρτάται από το βαθμό χρήσης τους.

3.3.3 Συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού

Από τις παραδοσιακές μεθόδους συντήρησης, η συντήρηση ανάλογα με την κατάσταση του εξοπλισμού είναι αυτή που επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της διάρκειας ζωής με οικονομικό τρόπο. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, εργασίες συντήρησης απαιτούνται μόνο όταν η φθορά του εξοπλισμού έχει φθάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Για να είναι εφικτή αυτή η μέθοδος συντήρησης θα πρέπει η πραγματική λειτουργία του εξοπλισμού να μετράται επακριβώς μέσω κανονικών επιθεωρήσεων.

Μια εταιρία μπορεί να εφαρμόζει και τις τρεις παραπάνω μεθόδους παράλληλα ή να τις συνδυάζει ανάλογα με τις απαιτήσεις. Η ειδική μέθοδος που χρησιμοποιείται εξαρτάται συχνά από τον τύπο και την ποσότητα του υπό συζήτηση εξοπλισμού.

3.3.4 Οριακό σημείο σε συντήρηση βασισμένη σε δείκτες απόδοσης

Στη μέθοδο αυτή έχουμε τη χρήση ειδικών κριτηρίων για τον καθορισμό διαφόρων υπό-περιοχών συντήρησης και τη σύγκριση με τα πρότυπα της εταιρίας ή με αυτά άλλων εταιριών. Για να καταστεί δυνατή η βελτίωση της διοίκησης της συντήρησης, οι ειδικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούνται, καθορίζονται από κριτήρια.²⁰ (Renewable Energy)

²⁰ Renewable Energy/ Augmented reality for photovoltaic pumping systems maintenance tasks.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

Περισσότερες από μία από αυτές τις στρατηγικές συντήρησης είναι απαραίτητη, αλλά μια κατάλληλη στρατηγική μπορεί να περιορίσει την ποσότητα των «εκπλήξεων» και να μειώσει τις πιθανότητες της μη προγραμματισμένης διακοπής. Κατά τον καθορισμό ενός προγράμματος προληπτικής συντήρησης, είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί με βάση κάθε στοιχείο και τις συστάσεις των κατασκευαστών του συστήματος. Διορθωτικές διαδικασίες συντήρησης θα πρέπει επίσης να διενεργούνται για την αντιμετώπιση των στοιχείων που απαιτούν άμεση επισκευή και των στοιχείων που μπορούν να επιδιορθωθούν με επισκέψεις συντήρησης ρουτίνας.

Μερικές τυπικές ανάγκες συντήρησης στις φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν:

- 1) Με την πάροδο του χρόνου, η σκόνη που συλλέγεται στα φωτοβολταϊκά επηρεάζει σημαντικά την αποδοτικότητα του συστήματος. Τα πάνελ πρέπει να καθαρίζονται τακτικά για να ελαχιστοποιείται η απώλεια απόδοσης.
- Οι ιδιοκτήτες των φωτοβολταϊκών και οι προμηθευτές έχουν διαπιστώσει ότι ένα με δυο καθαρισμοί ετησίως εξυπηρετούν επαρκώς τις ανάγκες των περισσότερων σταθμών.
- 2) Τα στοιχεία του συστήματος πρέπει να περάσουν από μια λεπτομερή λίστα ελέγχου συντήρησης τουλάχιστον μία φορά ή δύο φορές το χρόνο. Ο κατάλογος θα πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία όπως:
 - ✓ Έλεγχος των συνδέσεων των καλωδίων.
 - ✓ Δοκιμή τάσης / ρεύματος μέσω των καλωδίων και των φωτοβολταϊκών μονάδων.
 - ✓ Επιθεώρηση των στοιχείων για την υγρασία
 - ✓ Λίπανση του ενεργοποιητή των ταχυτήτων και γέμισμα με υδραυλικό υγρό στα απαραίτητα στοιχεία, εφόσον ισχύει.
 - ✓ Δοκιμές των μετεωρολογικών συστημάτων επικοινωνιών.
 - ✓ Επιβεβαίωση των ρυθμίσεων του μετατροπέα.
 - ✓ Επαναστεγανοποίηση των στοιχείων του συστήματος.
- 3) Πρόσθετες ανάγκες συντήρησης περιλαμβάνουν την απομάκρυνση του χιονιού, του πάγου, του γρασιδιού, και της βλάστησης για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.²¹ (scott madden, September 2010)

²¹ scott madden, September 2010/ Solar Photovoltaic Plant Operating and Maintenance Costs

4.1. Μορφές συντήρησης

Η όλο και μεγαλύτερη διείσδυση των φωτοβολταϊκών στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, φυσικά και αναπόφευκτα, θα οδηγήσει και σε μεγαλύτερη έμφαση στη διατήρηση λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Παράλληλα προσπάθειες επεκτείνονται για την βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας των φωτοβολταϊκών σταθμών μέσω διαδικασιών παρακολούθησης και τεχνικών συντήρησης. Για το λόγο αυτό οφείλουν οι επιχειρήσεις να συντηρήσουν την συνεχής ανάπτυξη του ενεργητικού τους των φωτοβολταϊκών σταθμών όπως ακριβώς γίνεται και με την φροντίδα άνθρακα, πυρηνικών και εγκαταστάσεων φυσικού αερίου.

Αρκετές διαφορετικές προσεγγίσεις για τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για το χειρισμό των διαδικασιών και της συντήρησης της ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας υπάρχουν στην αγορά σήμερα, το καθένα με διαφορετικό δείκτη αποτελεσματικότητας. Στον πυρήνα τους, όμως κάθε προσέγγιση, αποσκοπεί στην επίτευξη των τριών στόχων- κλειδιά για μια αποτελεσματική διαδικασία λειτουργίας και συντήρησης των φωτοβολταϊκών σταθμών: **A) μείωση του κόστους, B) βελτίωση της διαθεσιμότητας και Γ) αύξηση της παραγωγικότητας.**

4.1.1 Προληπτική συντήρηση



Εικόνα 17: Επισκευή φωτοβολταϊκού panel

Προληπτική συντήρηση (PM) συνεπάγεται επιθεώρηση ρουτίνας και συντήρηση του εξοπλισμού για την πρόληψη βλαβών και απώλειες περιττής παραγωγής. Τα συστήματα προληπτικής συντήρησης γίνονται όλο και πιο δημοφιλή, επειδή παρουσιάζουν την ικανότητά τους να αντιλαμβάνονται και να μειώνουν την πιθανότητα των απρογραμμάτιστων βλαβών του συστήματος.²² (electric power research institute July 2010).

Ο πιο πρακτικός δείκτης της απόδοσης των ηλιακών φωτοβολταϊκών συστημάτων μπορεί να αποκτηθεί από την εξ αποστάσεως παρακολούθηση και από

²² electric power research institute July 2010/ Addressing Solar Photovoltaic Operations and Maintenance Challenges

την καταγραφή δεδομένων λογισμικού τα οποία παρέχονται, προμηθεύονται από τους περισσότερους κατασκευαστές μετατροπέων. Το λογισμικό καταγραφής δεδομένων θα καταγράφει την ημερήσια, μηνιαία και ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για να συγκρίνει την πραγματική απόδοση του συστήματος σε σχέση την προσδοκώμενη απόδοση του συστήματος.

Συνιστάται ότι οι προληπτικές εργασίες επιθεώρησης και συντήρησης θα πρέπει να πραγματοποιούνται κάθε έξι έως δώδεκα μήνες. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες απαιτούν τακτική οπτική επιθεώρηση για την εξεύρεση πιθανών σημαδιών βλάβης, συσσώρευσης ακαθαρσιών ή/και υπερκάλυψης σκιάς. Ηλιακά φωτοβολταϊκά σύστημα πρέπει να ελέγχονται επίσης για πιθανή διάβρωση καθώς και μεγέθους αυτής. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί ότι το φωτοβολταϊκό σύστημα καλύπτεται από πλήρης ασφάλεια.

Ενώ η λειτουργία του μετατροπέα μπορεί να ελεγχθεί εξ αποστάσεως, μόνο η επί τόπου επιθεώρηση μπορεί να ελέγχει την κατάσταση, των συνδέσεων των καλωδίων και των λειτουργικών διακοπών. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει κάποιες συστάσεις σχετικά με τις εργασίες προληπτικής συντήρησης από αποσκοπούν στην ομαλή και σωστή λειτουργία των συστατικών και του εξοπλισμού, καθώς και τις αντίστοιχες διορθωτικές ενέργειες που επιβάλλεται να διεκπεραιώνονται από εξειδικευμένο προσωπικό.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ/ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΡΟΤΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ
<u>Φωτοβολταϊκές Μονάδες</u>	έλεγχος για σκόνη και συντρίμια στην επιφάνεια των panels	κάλο σκούπισμα μη χρησιμοποιηθεί διάλυμα μόνο νερό
	έλεγχος για φυσική καταστροφή σε κάθε φωτοβολταϊκή μονάδα	προτεινόμενη αντικατάσταση σε πιθανή βλάβη
	έλεγχος για σύνδεση με χαλαρά καλώδια μεταξύ τμημάτων του σταθμού	πιο σφιχτή σύνδεση των απολήξεων
	έλεγχος για τις συνθήκες καλωδίων	αντικατάσταση καλωδίων αν κρίνεται απαραίτητο
<u>Μετατροπέας Φωτοβολταϊκής Μονάδας</u>	έλεγχος λειτουργίας π.χ. αυτόματος έλεγχος σε περίπτωση απώλειας από τα αποθέματα ενέργειας του δικτύου	Προτεινόμενη αντικατάσταση εάν αποτύχει ο έλεγχος
	έλεγχος κατάστασης	καθαρισμός σκόνης και

	εξαερισμού	βρωμιάς στο σύστημα εξαερισμού
	έλεγχος για χαλαρές συνδέσεις καλωδίων	σφίξιμο σύνδεσης πιο έντονο
	έλεγχος για μη φυσιολογική θερμοκρασία λειτουργίας	Προτεινόμενη αντικατάσταση
<u>Καλωδίωση</u>	έλεγχος για συνθήκες καλωδίου όπως φθορά	αντικατάσταση καλωδίου αν κρίνεται απαραίτητο
	έλεγχος ακροδεικτών καλωδίων για καμένα σημεία	πιο έντονη σύνδεση ή αντικατάσταση
<u>Κουτιά Διακλάδωσης</u>	έλεγχος ακροδεικτών καλωδίων π.χ. φθορά ή χαλαρή σύνδεση	σφίξιμο ή αντικατάσταση
	έλεγχος για τις ενδείξεις προειδοποιήσεων	Αντικατάσταση ενδείξεων
	έλεγχος για φυσική καταστροφή	Προτεινόμενη αντικατάσταση
<u>Μέσα Απομόνωσης</u>	έλεγχος λειτουργικότητας αντικατάστασης	Προτεινόμενη αντικατάσταση
<u>Η γείωση του συστήματος ηλιακού φωτοβολταϊκού</u>	Ελέγξτε τις συνθήκες καλωδίου γείωσης	Προτεινόμενη αντικατάσταση
	Έλεγχος τη συνέχεια του καλωδίου ηλεκτρικής γείωσης	Αντιμετώπιση προβλημάτων
<u>Συγκόλληση της εκτιθέμενης μεταλλικής δομής του συστήματος</u>	έλεγχος σύνδεσης καλωδίων μεταλλικής δομής	Προτεινόμενη αντικατάσταση
	έλεγχος της φυσικής συγκόλλησης σύνδεσης	πιο σφιχτή σύνδεση

Πίνακας 1: Περιγραφή επιμέρους εργασιακών ελέγχων

Προληπτική διαχείριση συντήρησης: συνεχής αναγνώριση της αποτυχίας και ταχύτερη δυνατή κατάργηση κατά την εκτέλεση της λειτουργίας.

Δοκιμή επιδόσεων: 14-ημέρα δοκιμών απόδοσης του συνόλου της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένης της λεπτομερούς καταγραφής με το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας

Εξειδικευμένη τεχνογνωσία: εκτέλεση όλων των εργασιών που συμμετέχουν σε τεχνικές εργασίες, τη συντήρηση και την επισκευή από τους ειδικούς.²³ (handbook for Solar Photovoltaic Systems)

4.1.2 Διορθωτική ή αντιδραστική συντήρηση



Εικόνα 18: Επισκευή και αντικατάσταση καλωδίων

Διορθωτική ή αντιδραστική συντήρηση αντιμετωπίζει βλάβες εξοπλισμού μετά την εμφάνισή τους και, ως εκ τούτου, έχει συσταθεί για την άμβλυση προγραμματιστών διακοπών λειτουργίας. Η μέθοδος επιτρέπει χαμηλό αρχικό κόστος, αλλά ταυτόχρονα και υψηλότερο κίνδυνο αποτυχίας. (electric power research institute July 2010).

4.2 Στάδια προληπτικής συντήρησης

4.2.1. Προληπτική Συντήρηση:

- Επικέντρωση στο σχεδιασμό, τη μηχανική, και την αρχική κατασκευή της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης.
- Υπολογισμός υποβάθμισης του συστήματος με την πάροδο του χρόνου και καθαρισμός των πάνελ όταν το κόστος της χαμένης ενέργειας προσεγγίζει το κόστος του καθαρισμού.
- Μετρίαση των κινδύνων με τη χρήση πολλαπλών μικρότερων μετατροπέων αντί για ένα μεγάλο μετατροπέα.
- Πραγματοποίηση επισκέψεων, τουλάχιστον 1-2 φορές ανά έτος.

²³ handbook for Solar Photovoltaic Systems

4.2.2. Παρακολούθηση:

- Αυτοματοποιημένη παρακολούθηση συστήματος και συμπλήρωμα μέσω αναθεώρησης των εκθέσεων του συστήματος η οποία πραγματοποιείται πολλές φορές όλη την ημέρα.
- εξασφάλιση καλής πρόσβαση σε ιστορικά στοιχεία.
- Απλή εφαρμογή ανάλυσης των δεδομένων μια φορά το μήνα.
- Προσδιορισμός των βασικών παραγόντων που καθορίζουν τα οικονομικά ανταλλάγματα της επιλογής της μεθόδου παρακολούθησης.

4.2.3 Εγγύηση:

- ο Βεβαίωση ότι οι όροι της εγγύησης είναι σαφείς.
- ο Εκτέλεση της δέουσας επιμέλειας πριν από οποιαδήποτε συμφωνία με ένα συμβόλαιο κατασκευής.²⁴ (scott madden September 2010)

4.3. Συντήρηση Επιμέρους Στοιχείων Φ/Β Σταθμών

Ηλιακοί συλλέκτες λάμπουν στον ήλιο μετά την εγκατάσταση. Αλλά μετά από λίγο, τα panels σταδιακά επικαλύπτονται με βρωμιά, όπως σκόνη και περιττώματα πουλιών. Σμήνη πουλιών αφήνουν πίσω τους ένα ‘‘χάος‘‘, ενώ σκόνη, αιθάλη και μούχλα προστίθενται στα στρώματα βρωμιάς, χρωματίζοντας τα πάνελ με καφέ κηλίδες.

Η βρωμιά είναι ένα σημαντικό πρόβλημα για τους ηλιακούς συλλέκτες, και λόγω της αυξανόμενης συσσώρευσης, σε μερικές μόνο εβδομάδες μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα ενός ηλιακού πάνελ κατά σχεδόν 30%. Συνήθως μια κανονική βροχόπτωση είναι επαρκής για να πλύνει την εγκατεστημένη σκόνη από κάθε σειρά με περισσότερες από μια 150tilt σε οριζόντια σειρά. Αν η βροχή είναι σπάνια ή ο πίνακας βρίσκεται σε μια περιοχί βαριάς ρύπανσης ή συσσώρευσης σκόνης όπως κοντά σε ένα πολυχρησιμοποιούμενο χωματόδρομο) ένα εγχειρίδιο καθαρισμού είναι αναγκαίο να ληφθεί. Είναι επομένως, απαραίτητο να διατηρούνται τακτικά καθαρά. Τουλάχιστον κάθε ημέρα εργασίας και η συχνότητα αυτών μπορούν να αποφασιστούν με βάση την εμπειρία σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Συνηθισμένη σκόνη μπορεί να αφαιρέσει με την πίεση από ένα λάστιχο κήπου. Βαρύτερες συσσωρεύσεις σκόνης απαιτούν το πλύσιμο με σαπούνη και νερό. Υπάρχουν αυτόματα συστήματα καθαρισμού όπως το ηλιακό πλύσιμο και άλλα διαθέσιμα στο εξωτερικό. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα προκειμένου να διασφαλίζεται ότι το νερό δεν πρέπει να προσκρούει στα κουτιά σύνδεσης που μεταφέρουν ηλεκτρικές συνδέσεις. Για επίγεια panels, χρησιμοποιείται μια σκάλα για να φτάσουν τα μακρινά εξαρτήματα και η εργασία γίνεται με ένα μαλακό πανί ή σφουγγάρι με ένα εκτεταμένη λαβή. Στη συνέχεια, το νερό παρασύρει τη σκόνη. Αποτρέπεται η χρησιμοποίηση βουρτσών και επιθεμάτων καθαρισμού. Ένα ήπιο σαπούνη θα κάνει μια πολύ καλή δουλειά.

²⁴ scott madden September 2010/ Solar Photovoltaic Plant Operating and Maintenance Costs

Αν ξύνεται η επιφάνεια του γυαλιού του panel, σίγουρα δημιουργεί ένα πρόβλημα πολύ χειρότερο από τη βρωμιά. Η ποιότητα του φωτός που μεταδίδεται από ένα γδαρμένο γυαλί είναι μόνιμα μειωμένη και τα κύτταρα πλέον δεν θα είναι πότε σε θέση να λειτουργήσουν σε κορυφαία απόδοση.

Τα στοιχεία του συστήματος πρέπει να περάσουν από μια λεπτομερή λίστα ελέγχου συντήρησης τουλάχιστον μία φορά ή δύο φορές το χρόνο. Ο κατάλογος θα πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία όπως:

- ✓ Έλεγχος των συνδέσεων των καλωδίων.
- ✓ Δοκιμή τάσης / ρεύματος μέσω των καλωδίων και των φωτοβολταϊκών μονάδων.
- ✓ Επιθεώρηση των στοιχείων για την υγρασία
- ✓ Λίπανση του ενεργοποιητή των ταχυτήτων και γέμισμα με υδραυλικό υγρό στα απαραίτητα στοιχεία, εφόσον ισχύει.
- ✓ Δοκιμές των μετεωρολογικών συστημάτων επικοινωνιών.
- ✓ Επιβεβαίωση των ρυθμίσεων του μετατροπέα.
- ✓ Επαναστεγανοποίηση των στοιχείων του συστήματος.

Έλεγχος κάθε τμήματος φωτοβολταϊκού σταθμού ξεχωριστά.

4.3.1 Φ/Β πλαίσια

- I. Οπτικός έλεγχος για πιθανή επικάλυψη σκόνης ή άλλων αντικειμένων ή σωματιδίων.
- II. Οπτικός έλεγχος για σπασμένο/ραγισμένο γυαλί, hotspot, θερμική καταπόνηση, κ.α. Εάν διαπιστωθεί κάτι τέτοιο, τα συγκεκριμένα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να αντικαθίστανται άμεσα από εξειδικευμένο προσωπικό.
- III. Οπτικός έλεγχος για πιθανό κιτρίνισμα (browning)
- IV. Οπτικός έλεγχος για οξείδωση των τυπωμένων κυκλωμάτων και των ενώσεων της κατασκευής των Φ/Β πλαισίων λόγω εισχώρησης υγρασίας, σπάσιμο κατασκευής, κ.α.
- V. Κάθε 12 μήνες: Έλεγχος ηλεκτρικών χαρακτηριστικών αντιπροσωπευτικού δείγματος συστοιχιών με χρήση πιστοποιημένου οργάνου

4.3.2. Γεννήτριες

- Έλεγχος για ξεφλούδισμα, αποχρωματισμό, ραγισμένα ή σπασμένα κελιά, υπερβολική σκόνη ή περιττώματα πουλιών.
- Έλεγχος για σκιές και τη σκίαση νωρίς το πρωί και κατά τη διάρκεια του απογεύματος
- Διαβεβαίωση ότι δεν υπάρχει υπερβολική ανάπτυξη της βλάστησης γύρω από τη μονάδα
- Διαβεβαίωση ότι οι μονάδες συνδέονται με το πλαίσιο και έλεγχος του πλαισίου για διάβρωση. Επιθεώρηση του κιβωτίου συνδέσεων για ρωγμές και υγρασία

- Εποχική διόρθωση κλίσης όπως απαιτείται
- Μέτρηση ρεύματος και τάσης των επιμέρους γεννητριών

Συντήρηση γεννητριών:

- I. Εάν η μονάδα δεν παράγει ενέργεια εκτελούμε την ακόλουθη διαδικασία:
 - ✓ Οπτικός έλεγχος του κουτιού διακλάδωσης του σταθμού.
 - ✓ Έλεγχος ότι οι συνδέσεις καλωδίων δεν είναι χαλαρές. Αν ναι σφίγγουμε πιο δυνατά.
 - ✓ Χρησιμοποιήστε το πολυμετρητή για να ελέγξετε ότι η παράκαμψη ή δίοδοι φραγής δεν έχουν αποτύχει.
 - ✓ Μέτρηση των τάσεων των σταθμών
- II. Εάν το σύστημα λειτουργεί, μετρήστε την τάση της μπαταρίας
- III. Αν η τάση είναι μηδέν το σφάλμα είναι μεταξύ της μονάδας και των μπαταριών
- IV. Ελέγξτε την καλωδίωση για ανοικτό κύκλωμα.
- V. Εάν η τάση της μπαταρίας είναι εντάξει, ελέγξτε για την τρέχουσα ροή μεταξύ της μονάδας και της μπαταρίας, με τη χρήση της γλώσσας έλεγχου

Αν η τάση είναι διαθέσιμη, αλλά η ροή ρεύματος δεν είναι εκεί τότε συμβαίνουν τα ακόλουθα:

- a) Αποσυνδέστε τους σταθμούς εξερχόμενων από τη μονάδα
- b) Κοντύνετε τους σταθμούς του κυκλώματος και ελέγξτε τους.
- c) Εάν η ροή είναι μηδενική τότε υπάρχει πρόβλημα από την πλευρά της μονάδας.
- d) διαφορετικά το καλώδιο μεταξύ της μονάδας και του κουτιού σύνδεσης της γεννήτριας είναι ελαττωματικό.

Όλες οι παραπάνω εξετάσεις γίνονται υπό πλήρη λάμψη ήλιου. Εάν είναι απαραίτητο καλύπτουμε τη μονάδα με ένα πανί και αποσυνδέουμε τους εξερχόμενους τερματικούς σταθμούς. Αν το φορτίο ρεύματος δεν ρέει, σημαίνει ότι έχει ελαττωθεί η απόδοση της μονάδας εξαιτίας της ρύπανσης της.

4.3.3. Κουτιά διακλάδωσης



Εικόνα 19: Κουτιά διακλάδωσης

- ❖ Έλεγχος της σύνδεσης καλωδίωσης για διάβρωση και χαλαρές συνδέσεις.
- ❖ Έλεγχος της μόνωσης των καλωδίων για πιθανή υποβάθμιση
- ❖ Βεβαίωση ότι όλες οι περιπτώσεις μεταλλικού εξοπλισμού και πλαισίων του συστήματος είναι καλά θεμελιωμένα.
- ❖ Έλεγχος της ανοικτής λειτουργίας όλων των LEDs.
- ❖ Έλεγχος διακόπτων και ασφαλειών.

Ο ελεγκτής θεωρείται ότι έχει αποτύχει στις ακόλουθες διαμορφώσεις. Εάν υπάρχει πλήρης αποτυχία και δεν λειτουργεί καθόλου η μονάδα, όταν δεν έχει φορτώσει η μπαταρία ή ακόμα και όταν έχει υπερφορτωθεί. Εάν η τάση της μπαταρίας είναι πάνω από 15V και το panel εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένο με την μπαταρία μέσω ενός ελεγκτή, ο ελεγκτής έχει πιθανώς έκλεισε αποτυχημένα. Η ασφάλεια θα πρέπει να αφαιρεθεί, έτσι ώστε ο ελεγκτής να μηδενιστεί και ο υπεύθυνος πρέπει να παρακολουθήσει και να δει αν το κάνει ξανά.

Συχνά είναι πιο εύκολο να αντικαταστήσει τον ελεγκτή, λόγω του χρόνου που απαιτείται για την δοκιμή. Εάν η τάση της μπαταρίας είναι πάνω από 12V, αλλά το φορτίο έχει αποσυνδεθεί, δηλαδή η τάση της μπαταρίας δεν μπορεί να μετρηθεί στα τερματικά φορτίου του ελεγκτή, φαίνεται ότι ο ελεγκτής έχει αποτύχει να ανοίξει σε σχέση με τα τερματικά φορτίου. Πάλι αφαιρέστε τις ασφάλειες για να βεβαιωθείτε ότι δεν έχει κλειδώσει. Εάν έχει, τότε χρειάζεται αντικατάσταση. Εάν η τάση της μπαταρίας είναι χαμηλή και το κύκλωμα φορτίου εξακολουθεί να συνδέεται με την μπαταρία, τότε και πάλι ο ελεγκτής μπορεί να έχουν αποτύχει να κλείσει. Αυτό χρειάζεται και πάλι δοκιμές με την αφαίρεση των ασφαλειών. Εάν η σύνδεση εξακολουθεί να συνδέει το φορτίο, ο ελεγκτής έχει αποτύχει.

4.3.4 Κατασκευές

- Οπτικός έλεγχος μεταλλικών στηριγμάτων
- Έλεγχος θεμελίωσης (διάβρωση, καθιζήσεις κτλ)
- Έλεγχος της καλής στήριξης των αντιστροφών και των πινάκων
- Κάθε 12 μήνες: Δειγματοληπτικός έλεγχος σύσφιξης των συγκρατητών των φωτοβολταϊκών πλαισίων (ροπή σύσφιξης μεγαλύτερη από 10 Nm)
- Κάθε 12 μήνες: Δειγματοληπτικός έλεγχος σύσφιξης των βάσεων στήριξης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

4.3.5 Μετατροπείς

Ο μετατροπέας είναι η καρδιά του ηλιακού σταθμού. Ένα ιδανικό περιβάλλον λειτουργίας βελτιώνει την αποτελεσματικότητά του και είναι η προϋπόθεση για την άσκηση των απαιτήσεων για τον παραγωγό. Κατά συνέπεια, ο σταθμός του μετατροπέα πρέπει να έχει τα κατάλληλα συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Τακτική ανταλλαγή των φίλτρων συνιστάται επίσης, μαζί με τις ενημερώσεις λογισμικού και τον καθαρισμό των εξαρτημάτων του μετατροπέα.

- Επισήμανση του σημείου τάσης που επιβαρύνει τον ελεγκτή σε σχέση με τις προδιαγραφές της μπαταρίας και τις απαιτήσεις του συστήματος
- Έλεγχο της σύνδεσης για διάβρωση
- Έλεγχο για τυχόν ασυνήθιστους θορύβους από το ρυθμιστή φόρτισης
- Βεβαίωση ότι ο ελεγκτής φόρτισης είναι υπό κάλυψη, καθαρού και καλά αεριζόμενου περιβάλλοντος

4.3.6. Καλώδια

- ✓ Οπτικός έλεγχος για ανίχνευση πιθανών κρεμασμάτων/κοιλιών και αποκοπή δεματικών.
- ✓ Οπτικός έλεγχος των καλωδίων για ανίχνευση πιθανών κακών ή χαλαρών συνδέσεων (DC καλωδίων MC3/MC4, box).
- ✓ Οπτικός έλεγχος για ανίχνευση πιθανών φθορών της μόνωσης λόγω ακτινοβολίας UV, τρωκτικών, κ.α
- ✓ Έλεγχος για διαρροή ρεύματος προς τη γείωση της εγκατάστασης και ύπαρξη πιθανού βραχυκυκλώματος.
- ✓ Οπτικός έλεγχος των οδεύσεων των καλωδιώσεων για φθορές, χτυπήματα, γδαρσίματα καψίματα κλπ.

4.3.7. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

- a) Έλεγχος στεγανότητας και των στυπιοθληπτών των ηλεκτρικών πινάκων των αντιστροφών
- b) Έλεγχος των αντιστροφών και των ηλεκτρικών πινάκων για διείσδυση ζουφίων.
- c) Έλεγχος των αντιστροφών και του συνόλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για την εγκυρότητα των ηλεκτρικών τους στοιχείων.
- d) Κάθε 12 μήνες: Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των αντιστροφών σύμφωνα με τις οδηγίες και τη συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής.
- e) Κάθε 12 μήνες: Καθαρισμός και έλεγχος του ανεμιστήρα των αντιστροφών
- f) Κάθε 12 μήνες: Σύσφιξη όλων των ενώσεων/κλεμών στο DC και χαμηλής τάσης AC κύκλωμα του Φ/Β σταθμού, συμπεριλαμβανομένων αυτών στην έξοδο Αετων αντιστροφών.
- g) Κάθε 12 μήνες: Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των μετασχηματιστών σύμφωνα με τις οδηγίες και τη συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής
- h) Κάθε 12 μήνες: Έλεγχος και περιοδική συντήρηση των τυποποιημένων πεδίων Μ.Τ. κυψελωτού τύπου σύμφωνα με τις οδηγίες και τη συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής
- i) Κάθε 12 μήνες: Συντήρηση μετρητικών οργάνων και συστημάτων προστασίας σύμφωνα με τις οδηγίες και τη συχνότητα που προδιαγράφει ο κατασκευαστής
- j) Οπτικός έλεγχος επιτηρητών στοιχειοσειρών, πινάκων και κουτιών διασύνδεσης για αστοχία στεγανότητας, κ.α. Σε περίπτωση πιθανής αστοχίας της στεγανότητας, ο συντηρητής αναλαμβάνει την αποκατάσταση του συγκεκριμένου πίνακα ακολουθώντας την προβλεπόμενη διαδικασία (καθάρισμα του πίνακα, επαναστεγανοποίηση με σιλικόνη κλπ). Ο πίνακας / κουτί θα αντικαθίσταται σε περίπτωση που το πρόβλημα δεν επιδέχεται επιδιόρθωση.
- k) Έλεγχος της λειτουργίας των απαγωγών υπερτάσεων
- l) Έλεγχος της αντίστασης γείωσης και του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.
- m) Επισημαίνεται πως ο οπτικός έλεγχος του συστήματος γείωσης και αντικεραυνικής προστασίας είναι εξαμηνιαίος, ενώ λεπτομερέστερος έλεγχος, που περιλαμβάνει μέτρηση της αντίστασης γείωσης, θα γίνεται κάθε 24 μήνες.

4.3.8. Μπαταρίες

- ❖ Επιθεώρηση των τερματικών της μπαταρίας για διάβρωση και χαλαρά καλώδια
- ❖ Έλεγχος της επιφάνειας της μπαταρίας για διαρροή ηλεκτρολυτών
- ❖ Βεβαίωση ότι οι μπαταρίες δεν είναι σε άμεση επαφή με το δάπεδο
- ❖ Έλεγχος των περιβλημάτων της μπαταρίας για κατάλληλο εξαερισμό
- ❖ Έλεγχος της στάθμης του ηλεκτρολύτη και του αποσταγμένου νερού στις μπαταρίες: ανεφοδιασμό της μπαταρίας εάν το επίπεδο είναι κάτω από το καθορισμένο επίπεδο

- ❖ Έλεγχος της ειδικής βαρύτητας του ηλεκτρολύτη των κυττάρων σε τακτά χρονικά διαστήματα

Σε κανονική λειτουργία μιας αποθήκευσης μπαταρίας υπάρχουν τέσσερις κύριοι λόγοι για τη διαδικασία γήρανσης:

1. Βαθιά απαλλαγή (αυτό δίνει μη αναστρέψιμη θείωση)
2. Υπερφόρτιση (αυτή αυξάνει τη διάβρωση)
3. Χαμηλό επίπεδο ηλεκτρολύτη ο οποίος εκθέτει ηλεκτρόδια στον αέρα (αυτό μειώνει την ικανότητα αντίδρασης και αυξάνει την ταχύτητα διάβρωσης)
4. Υψηλή θερμοκρασία της μπαταρίας (αυτή αυξάνει την ταχύτητα διάβρωσης)

Το πλαίσιο της τακτικής συντήρησης, μια διεξοδική μικροσκοπική εξέταση των συστοιχιών των μπαταριών απαιτείται. Η επιθεώρηση πρέπει να περιλαμβάνει:

- a) καθαριότητα των μπαταριών
- b) στάθμη του ηλεκτρολύτη, (δεν απαιτείται για μπαταρίες με κελιά από gel)
- c) Κατάσταση των συστοιχιών των μπαταριών
- d) σημάδια οποιουδήποτε ηλεκτρολύτη σε δείκτες ασφαλείας (εάν παρέχεται) ή στο πάτωμα, υποδηλώνοντας μια πιθανή διαρροή της μπαταρίας ή υπερπλήρωση
- e) κατάσταση των δοχείων των μπαταρίας
- f) επίπεδο της τάσης της μπαταρίας.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό της κατάστασης της φόρτισης και της κατάστασης των συστοιχιών των μπαταριών. Αυτά είναι:

- a. τη μέτρηση της τάσης του κάθε κύτταρου
- b. μέτρηση της ειδικής βαρύτητας του ηλεκτρολύτη σε κάθε κύτταρο.

4.3.9. Μετεωρολογικοί σταθμοί

- Έλεγχος των μετεωρολογικών μετρητικών οργάνων.
- Έλεγχος αντίστοιχων καλωδίων, συνδέσμων και τάσης τροφοδοσίας.

4.3.10. Σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης

- Κάθε 12 μήνες: Οπτικός έλεγχος των πυροσβεστήρων του Φ/Β Σταθμού. Πρέπει να γίνεται έλεγχος και αναγόμωση από πιστοποιημένη εταιρία όποτε απαιτείται.
- Κάθε 12 μήνες: Οπτικός έλεγχος και συντήρηση του συστήματος πυρανίχνευσης του Φ/Β Σταθμού, δηλαδή η λειτουργία των αντίστοιχων ανιχνευτών, οι πίνακες πυρανίχνευσης και οι μπαταρίες αυτών.

4.3.11. Σύστημα ασφάλειας και παρακολούθησης

Χάρη στην απρόσκοπτη παρακολούθηση με αυτοματοποιημένη ανάλυση λάθος, είναι σε θέση να εξασφαλιστεί η βέλτιστη σταθερή κατάσταση λειτουργίας και, αν είναι απαραίτητο, να εφαρμοστούν άμεσα μέτρα μέσω του τοπικού δικτύου των υπηρεσιών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Στόχος είναι είμαστε παρόν επί τόπου πριν εμφανιστούν οποιαδήποτε σφάλματα.

Γίνονται τυποποιημένες εκθέσεις εις βάθος αναλύσεων που δείχνουν την πραγματική απόδοση και την αποτελεσματική χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας του φωτοβολταϊκού σταθμού σας ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Οι εκθέσεις εκδίδονται μηνιαία, τριμηνιαία και ετήσια βάση. Αυτό σημαίνει ότι έχετε πλήρη διαφάνεια σε όλες τις περιπτώσεις.

- Οπτικός έλεγχος ελεγκτών και καταγραφικών καμερών.
- Έλεγχος αισθητηρίων, τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, συστήματος παροχής τάσης, Rack, καμερών κ.α.²⁵ (power from the sun. Prof J N Karamchetti).

4.3.12. Τήρηση Ημερολογίου

Οι παρακάτω διαδικασίες πραγματοποιούνται σε μηνιαία βάση.

Για να έχετε ιστορικές πληροφορίες σχετικά με το κάθε μέρος του εξοπλισμού που μπορεί να βοηθήσει να επισημαίνουν μη φυσιολογική παραλλαγές, μελλοντικά προβλήματα και αλλαγές στην απόδοση με την πάροδο του χρόνου, όλες οι δραστηριότητες συντήρησης και τα αρχεία τους, πρέπει να καταγράφονται. Ένα βιβλίο που συνήθως ονομάζεται ημερολόγιο που αποτελείται από φύλλα χρησιμοποιείται για την καταχώρηση αυτών των απαραίτητων σημειώσεων.

²⁵ power from the sun./Prof J N Karamchetti/ Maintenance of Solar Photovoltaic & Renewable Energy Installations Part-1RV1.

Έλεγχος	Τρόποι Έλεγχου	Συχνότητα
Απόδοση		
Έλεγχος απόδοσης εγκατάστασης	Τηλεμετρία	Καθημερινές εργασίες
Φωτοβολταϊκά πλαίσια		
Έλεγχος καθαριότητας επιφάνειας πλαισίων	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος σπασίματος ή ραγίσματος πλαισίων, hotspot, browning κ.τ.λ	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος οξειδωσης των κυκλωμάτων και των ενώσεων	Με όργανο	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος ηλεκτρικών χαρακτηριστικών αντιπροσωπευτικού δείγματος συστοιχιών	Με όργανο	Ανά 12 μήνες
Σύστημα Στήριξης		
Έλεγχος βάσεων στήριξης	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος θεμελίωσης	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος της καλής στήριξης των αντιστροφών και των πινάκων	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος αντιπροσωπευτικού δείγματος συνδέσεων των βάσεων στήριξης	Με όργανο	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος αντιπροσωπευτικού δείγματος clamps πλαισίων	Με όργανο/οπτικός	Ανά 12 μήνες
Καλώδια		
Έλεγχος ανίχνευσης αποκοπής δεματικών	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος ανίχνευσης συνδέσεων (χαλάρωση, βρωμιά)	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος για ανίχνευση πιθανών φθορών της μόνωσης λόγω ακτινοβολίας τρωκτικών κ.τ.λ.	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος για διαρροή ρεύματος προς τη γείωση της εγκατάστασης και ύπαρξη πιθανού βραχυκυκλώματος	Με όργανο	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος των οδεύσεων των καλωδιώσεων για φθορές, χτυπήματα, γδαρσίματα, καψίματα	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός		
Έλεγχος στεγανότητας πινάκων/κουτιών διασύνδεσης	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Οπτικός έλεγχος επιτηρητών στοιχειοσειρών, πινάκων και κουτιών διασύνδεσης για αστοχία στεγανότητας κ.α.	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος των αντιστροφών και του συνόλου του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για την εγκυρότητα των ηλεκτρικών τους στοιχείων	Με όργανο	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση inverters	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση String-Monitor, Main Box, String-Combiner	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Μετασχηματιστών	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Υποσταθμού	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση μετρητικών οργάνων και συστημάτων προστασίας	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος της ωμικής αντίστασης της γείωσης και του	Με όργανο/οπτικός	Ανά 6 μήνες

συστήματος αντικεραυνικής προστασίας		
Μετρήσεις της αντικεραυνικής προστασίας	Οπτικός	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος των αντιστροφών και των ηλεκτρικών πινάκων για διείσδυση ζουφίων	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Λοιπός Εξοπλισμός		
Έλεγχος και συντήρηση μετεωρολογικών μετρικών οργάνων	Βάσει πρωτοκόλλου του κατασκευαστή	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος συστήματος πυρανάχνευσης και πυρόσβεσης	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος περίφραξης	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος οικίσκου	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος συστήματος ασφαλείας (συναγερμός και CCTV)	Οπτικός	Ανά 6 μήνες

Πίνακας 2: Τρόποι εφαρμογής και συχνότητα εργασιών συντήρησης

4.4. Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του συστήματος μπορεί να γίνει είτε με φυσική παρουσία στο χώρο του Φ/Β σταθμού είτε απομακρυσμένα μέσω εφαρμογής τηλεπαρακολούθησης.

4.4.1. Έλεγχος με φυσική παρουσία

Όταν οι παράμετροι του δικτύου είναι εντός του επιτρεπόμενου εύρους τιμών, υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία και δε σημειώνεται δυσλειτουργία σε κάποιο από τα βασικά παραγωγικά μέρη του Φ/Β σταθμού, τότε οι αντιστροφείς εκκινούν αυτόματα τη λειτουργία τους.

Η κατάσταση λειτουργίας του αντιστροφέα ελέγχεται από τις ενδείξεις στην οθόνη του. Αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με τις καταστάσεις λειτουργίας και τα σφάλματα περιλαμβάνονται στα εγχειρίδια λειτουργίας του κάθε κατασκευαστή. Σε γενικές γραμμές η κατάσταση καλής λειτουργίας πιστοποιείται ως εξής:

- ✓ Η πράσινη ενδεικτική λυχνία του αντιστροφέα πρέπει να είναι αναμμένη όταν υπάρχει ηλιοφάνεια (επομένως ο αντιστροφέας λειτουργεί).
- ✓ Η πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία του αντιστροφέα πρέπει να είναι σβηστή και να μην εμφανίζεται κάποιο μήνυμα σφάλματος στην οθόνη του.
- ✓ Οι ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης στον AC πίνακα πρέπει να είναι αναμμένες και οι τρεις (παρουσία τάσης και στις τρεις φάσεις).
- ✓ Το άθροισμα της παραγόμενης ισχύος που εμφανίζεται στις οθόνες όλων των αντιστροφών πρέπει να συμβαδίζει με την ισχύ που καταγράφει ο μετρητής ΔΕΗ (αποκλίσεις μέχρι 2 % θεωρούνται αποδεκτές).

Κατά τη φυσική παρουσία στο Φ/Β σταθμό εκτελούνται μετρήσεις με χρήση ειδικών διακριβωμένων οργάνων. Οι μετρήσεις αυτές περιλαμβάνουν τα παρακάτω:

- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος και λειτουργίας στοιχειοσειρών που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών συλλεκτών πρέπει να είναι (περίπου οι ίδιες). Μέτρηση διαφορετικών τάσεων μπορεί να είναι ένδειξη ελαττωματικών φωτοβολταϊκών συλλεκτών.
- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος κάθε στοιχειοσειράς πρέπει να ισούται με το άθροισμα των τάσεων ανοικτοκυκλώματος των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αποτελούν τη στοιχειοσειρά.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας στοιχειοσειρών που έχουν τον ίδιο προσανατολισμό και ίδιο αριθμό φωτοβολταϊκών συλλεκτών πρέπει να είναι (περίπου οι ίδιες). Μέτρηση διαφορετικών ρευμάτων μπορεί να είναι ένδειξη ελαττωματικών φωτοβολταϊκών συλλεκτών.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας κάθε στοιχειοσειράς πρέπει να ισούται με το ρεύμα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων που αποτελούν τη στοιχειοσειρά.
- Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας των στοιχειοσειρών πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στη μελέτη εφαρμογής.
- Οι τάσεις ανοικτοκυκλώματος και λειτουργίας των στοιχειοσειρών πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.

Επιπλέον η ορθή λειτουργία του σταθμού επαληθεύεται από τις εξής ενδείξεις:

- ❖ Η AC τάση στην έξοδο του αντιστροφέα πρέπει να είναι ανά φάση 230 Volt με απόκλιση από -20% έως +15%.
- ❖ Η παραγωγή ενέργειας του σταθμού πρέπει να συνάδει με την πρόβλεψη παραγωγής του σταθμού.

4.4.2. Απομακρυσμένος έλεγχος

Στο Φ/Β σταθμό έχει εγκατασταθεί σύστημα τηλεπαρακολούθησης των ηλεκτρικών μεγεθών, το οποίο εμφανίζει και καταγράφει τις μετρήσεις και τις καταστάσεις που λαμβάνει από τα όργανα του Φ/Β σταθμού. Το σύστημα συνδέεται με το μετρητικό στη Μέση Τάση, τον ηλεκτρονόμο, τα πεδία MT (λήψη σημάτων από τον αυτόματο διακόπτη ισχύος, από διακόπτες φορτίου κλπ), τους αντιστροφείς, τα μετεωρολογικά όργανα κλπ και συγκεντρώνει και παρουσιάζει όλα τα σημαντικά μεγέθη του Φ/Β σταθμού.

Μέσω της εφαρμογής τηλεπαρακολούθησης ελέγχεται η καλή λειτουργία του σταθμού και καθίσταται ευκολότερος ο εντοπισμός των σφαλμάτων μέσα από την παρακολούθηση και την ανάλυση συγκεκριμένων ενδείξεων και παραμέτρων. Επιπλέον προσφέρεται η δυνατότητα δημιουργίας αυτόματων ειδοποιήσεων εφόσον παρατηρηθούν τιμές ενδείξεων και παραμέτρων εκτός των ορίων που έχουν κάθε φορά τεθεί. Οι ειδοποιήσεις αυτές φτάνουν στους χρήστες με e-mail ή SMS προκειμένου να υπάρξει άμεση ενημέρωση για την όποια πιθανή δυσλειτουργία.

Η πρώτη περίπτωση της βαθιάς απαλλαγής μπορεί να προκύψει, εάν το φορτίο είναι πολύ μεγάλο σε σχέση με την ενέργεια από το φωτοβολταϊκό πάνελ και ο ελεγκτής δεν έχει χαμηλό επίπεδο της προειδοποίησης ή απευθείας αποσύνδεσης λειτουργίας. Σε μια τέτοια στιγμή η μπαταρία πρέπει να αποσυνδεθεί πλήρως από το φορτίο ή να επαναφορτιστεί με άλλα μέσα μέχρις ότου η μπαταρία είναι πλήρως φορτισμένη.

Στην δεύτερη περίπτωση της υπερφόρτωσης, η συγκέντρωση του οξέος θα πρέπει να προσαρμοστεί σε τακτική βάση δια της προσθήκης απιονισμένου ύδατος. Αυτό γίνεται αυτόματα κατά τη συμπλήρωση στάθμης του ηλεκτρολύτη με το νερό. Το οξύ δεν αφήνει την μπαταρία, εκτός από μακροχρόνιες περιόδους υπερφόρτωσης οπότε ο ηλεκτρολύτης μπορεί να μεταφέρει το οξύ μακριά). Εάν η στάθμη του ηλεκτρολύτη είναι πολύ χαμηλή, η συγκέντρωση οξέος είναι κατά συνέπεια υψηλότερη, η οποία αυξάνει κατά συνέπεια και τη διάβρωση.

Στην τρίτη περίπτωση όπου το επίπεδο του ηλεκτρολύτη είναι χαμηλό κατά το τέλος της διαδικασίας φόρτισης το νερό διαχωρίζεται σε αέριο υδρογόνο και οξυγόνο στα ηλεκτρόδια. Τα αέρια αυτά αφήνουν την μπαταρία σε μια ανοικτή ή αεριζόμενη μπαταρία. Αυτό δίνει μια απώλεια νερού που πρέπει να αντικατασταθεί με αποσταγμένο νερό σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η απώλεια του νερού έχει επίσης το αποτέλεσμα ότι η αντοχή οξέος θα αυξηθεί και η διάβρωση των ηλεκτροδίων θα επιταχυνθεί.

Τέλος όσο αναφορά την περίπτωση της υψηλής θερμοκρασίας επισημαίνεται πως η σύνηθες χωρητικότητα είναι κανονικά στους 20°C θερμοκρασία της μπαταρίας, με ένα σταθερό ρεύμα απαλλαγής, μέχρι μια καθορισμένη διακοπής της τάσης για την μπαταρία. Σε υψηλότερη θερμοκρασία το νερό εξατμίζεται και το επίπεδο του ηλεκτρολύτη έρχεται κάτω από τα επιθυμητά ορια και αφήνει ακάλυπτα ηλεκτρόδια, ως εκ τούτου, επιταχύνεται ο ρυθμός διάβρωσης των ηλεκτροδίων.

Οι αποθηκευτές μπαταριών είναι τα μόνα φωτοβολταϊκά στοιχεία του συστήματος που απαιτούν χρονοδιάγραμμα επιθεώρησης και συντήρησης. Αυτό ταξινομείται σε δύο συγκεκριμένους τομείς: αναπλήρωση των ηλεκτρολυτών και ο καθαρισμός τους. Καθώς η μπαταρία αποφορτίζεται, η περιεκτικότητα του νερού στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη στα κελιά τους είναι μειωμένη. Μια τυπική μπαταρία μολύβδου οξέος θα απαιτήσει την προσθήκη αποσταγμένου ύδατος οπουδήποτε από μία ή δύο φορές κάθε χρόνο, ανάλογα με την ηλεκτρική χωρητικότητα της μπαταρίας, τον όγκο του ηλεκτρολύτη που κατέχει, καθώς και τα πρότυπα χρήσης που απεικονίζει. Ελέγξτε τη μπαταρία πιο συχνά κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους της υπηρεσίας τους. Μη γεμίζετε υπερβολικά κατά την προσθήκη νερού στα κύτταρα. Το νερό πρέπει να συμπληρωθεί μέχρι τη σήμανση που δίνεται στα κύτταρα.

Αν δεν υπάρχει ροή ρεύματος τότε δεν λειτουργούν οι διακόπτες, οι ασφάλειες, και η καλωδίωση είναι σπασμένη ή διαβρωμένη. Αν παρατηρείται χαμηλή ροή τότε μερικές μονάδες είναι υπό σκιά, ενώ πλήρης ήλιος δεν είναι διαθέσιμος, καθώς και η κλίση ή ο προσανατολισμός των μονάδων είναι λανθασμένη. Μερικές μονάδες είναι κατεστραμμένες ή ελαττωματικές και βρώμικες. Αν επικρατεί χαμηλή τάση τότε είναι δόκιμο να κοντύνουμε τα καλώδια ή να χρησιμοποιήσουμε βαρύτερα καλώδια, να επαναφορτίσουμε την μπαταρία, να αφήσουμε τη μονάδα να κρυώσει, να βελτιώσουμε την κυκλοφορία του αέρα, ή ακόμα και να τοποθετήσουμε τη μονάδα σε

ψυχρότερο περιβάλλον. Αν παρατηρείται αντίστροφη πολικότητα του μετατροπέα τότε ένας έλεγχος της σύνδεσης της μπαταρίας κρίνεται απαραίτητος, διότι ο μετατροπέας ενδέχεται να έχει ήδη καταστραφεί και να πρέπει να αντικατασταθεί. Αν ο ελεγκτής δεν λαμβάνει σωστή τάση της μπαταρίας, ελέγχουμε τη σύνδεση της μπαταρίας.

Για τον καθαρισμό των κατόπτρων, χρησιμοποιείται ένα gel οξέος, ακολουθούμενο από υψηλή πίεση ψεκασμού με απιονισμένο νερό. Ενώ η μέθοδος είναι αποτελεσματική στην αποκατάσταση της αντανakλαστικότητας (10% έως 40% πριν, 88% μετά), η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά μόνο σε ένα πολύ μικρό τμήμα του πεδίου λόγω της περιβαλλοντικής ανησυχίας για τη χρήση του οξέος. Το γυαλί-καθρέφτη πάνελ εξασφαλίζει εξαιρετική διάρκεια ζωής με εξαιρετική αντοχή και χωρίς υποβάθμιση της επάργυρου επιφάνειας της. Ένα ασθενές σημείο, ωστόσο, έχει σημειωθεί η θραύση καθρέφτη σε ισχυρούς ανέμους κοντά στις άκρες των ηλιακών πεδίων. Έχει παρατηρηθεί ότι η θραύση γυαλιού από τους ισχυρούς ανέμους είναι σπάνια εμπειρία για την «εσωτερικούς» συλλέκτες όπου μειώνονται οι εντάσεις ανέμων. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, ένα νέο ενισχυμένο πάνελ καθρέφτη θα μπορούσε να εγκατασταθεί κοντά στα άκρα του γηπέδου. Τρεις ξεχωριστές λύσεις έχουν δοκιμαστεί: Στην πρώτη προσπάθεια, έχουν εγκατασταθεί αρκετές εκατοντάδες μη γυάλινα πάνελ που αποτελούνται από στρώσεις αλουμινίου-πλαστικά σύνθετα που χρησιμοποιούν έναν ανακλαστήρα με ασημένια Teflon ταινία. Αν και αυτές οι ομάδες έδειξαν εξαιρετική μηχανική ακεραιότητα κατά τη διάρκεια ισχυρών ανέμων, η προσέγγιση αυτή εγκαταλείφθηκε, διότι η ταινία είχε υποβαθμιστεί σοβαρά. Στη δεύτερη και Τρίτη προσπάθεια, επιχειρήθηκε να ενισχυθούν οι υφιστάμενοι καθρέφτες από γυαλί εφαρμόζοντας λωρίδες αφρού ή ρητίνες υαλοβάμβακα στο πίσω μέρος του καθρέφτη. Μέχρι σήμερα, φαίνεται ότι η προσέγγιση με ύφασμα ρητίνης να είναι προτιμότερη λύση.

4.5. Πρόσθετες διαδικασίες συντήρησης

4.5.1. Σύστημα Απόδοσης / Σκίασης

Ο ειδικός συντηρητής των φωτοβολταϊκών θα πρέπει να διαμορφώσει το σύστημα χρησιμοποιώντας ένα από τα διαθέσιμα προγράμματα λογισμικού προσομοίωσης, τα οποία έχουν μια «βιβλιοθήκη» από πλαίσια και μετατροπείς και μπορεί να επιλέξει τις συνθήκες του ηλιακού φωτός και οι οποίες θα είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές του χώρου. Εάν η σκίαση φαίνεται να είναι ένα πιθανό πρόβλημα στο χώρο, τότε η επίδραση της μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα προσομοίωσης φωτοβολταϊκών προκειμένου να «τελειοποιήσει» τον σχεδιασμό ή να μειώσει την χρήση τμήματος του μηχανισμού εάν αυτό δεν κρίνεται κατάλληλο.

Επίσης, ορισμένοι τύποι των φωτοβολταϊκών λειτουργούν καλύτερα σε πιο διάχυτο φως και αυτές οι ομάδες μπορεί να επιλέγονται υπό ορισμένες προϋποθέσεις.

4.5.2.Αυτόματο κλείσιμο ρελέ

Είναι η ενεργοποίηση του κύριου ρελέ προστασίας που λειτουργεί έξω από τα όρια του δικτύου. Δεν είναι συνήθως εμφανής η θέση σε λειτουργία και θα προκαλέσει το σύστημα να κλείσει. Εάν έχει επιλεγεί μια χειροκίνητη επανεκκίνηση ρελέ, αυτή μπορεί να παραμείνει αδιάγνωστη για κάποιο χρονικό διάστημα πριν το ρελέ επανακινηθεί και η έξοδος από το σύστημα που χρησιμοποιηθεί. Εάν υπάρχουν οποιεσδήποτε ανησυχίες σχετικά με την παροχή ρεύματος στην περιοχή, είναι προτεινόμενο πως ένα αυτόματα επαναφερόμενο ρελέ έχει εγκατασταθεί.

4.5.3.Αναγνώριση των αποτυχιών του συστήματος

Αν και τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε μεγάλο βαθμό χωρίς συντήρηση, όλα παρουσιάζουν τμηματικές αποτυχίες κατά την διάρκεια της περιόδου παρακολούθησης, όπως είναι η ενεργοποίηση των διακοπών κυκλώματος ή και του ρελέ. Αυτό δείχνει τη σημασία της παρακολούθησης για τον εντοπισμό των προβλημάτων, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας κωλύματος του συστήματος και αποκτά την υψηλότερη απόδοση ενέργειας από το σύστημα.

Συνίσταται να ανατίθεται σε ένα άτομο η παρακολούθηση του συστήματος, είτε παρατηρώντας ο ίδιος τα εκθέματα και τις φωτεινές ενδείξεις των μετατροπέων εξετάζοντας τα διαγράμματα τάσης εάν το σύστημα παρακολουθείται στον υπολογιστή, ή από ένα ηλεκτρονικό σύνδεσμο ανατροφοδότησης δεδομένων εάν δεν υπάρχει κάποιος σε θέση στην περιοχή εγκατάστασης του σταθμού προκειμένου να ελεγχτούν από κοντά. Είναι, επίσης, ύψιστης σημασίας η πρόταση πως η θέση των μετατροπέων πρέπει να εξετάζεται πολύ προσεκτικά κατά τη φάση του σχεδιασμού προκειμένου να εξασφαλίζεται η εύκολη πρόσβαση για την παρακολούθηση και την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης τους, όταν είναι απαραίτητο.

4.5.4.Κατάρτιση στην ενεργειακά αποδοτική συμπεριφορά

Ενώ ένα φωτοβολταϊκό σύστημα μπορεί να παρουσιάσει μια αξιοσημείωτη συμβολή στην ενεργειακή ζήτηση και απαιτήσεις ενός κτιρίου, σε πολλές περιπτώσεις η συμπεριφορά των κατοικουμένων μπορεί να έχει ακόμα μεγαλύτερη επίδραση. Η εκπαίδευση των ενοίκων ενός κτιρίου για να διασφαλιστεί ότι χρησιμοποιούνται βασικά μέτρα διατήρησης της ενέργειας είναι ένα ουσιαστικό συστατικό για να εξασφαλιστεί ότι η ενέργεια που παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν σπαταλείται.

Πρόσθετες ανάγκες συντήρησης περιλαμβάνουν την απομάκρυνση του χιονιού, του πάγου, του γρασιδιού, και της βλάστησης για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

4.6. Λίστα Έλεγχου σε Περίπτωση Αστοχίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού

Σε περίπτωση βλάβης-αστοχίας κατά την οποία ο Φ/Β σταθμός δε λειτουργεί σύμφωνα με τα αναμενόμενα, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει τον φωτοβολταϊκό σταθμό ως προς τα ακόλουθα (οι οδηγίες σε ότι αφορά στους αντιστροφείς είναι γενικές και αφορούν κυρίως αντιστροφείς μικρής ισχύος <30kWp και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ακολουθούνται οι ιδιαίτερες οδηγίες του κατασκευαστή για κάθε μοντέλο):

- ✓ Να ελέγξει οπτικά την εξωτερική κατάσταση του αντιστροφέα και των πινάκων.
- ✓ Να ελέγξει εάν οι ενδεικτικές λυχνίες παρουσίας τάσης στον AC πίνακα είναι αναμμένες και οι τρεις (παρουσία τάσης και στις τρεις φάσεις). Εάν κάποια λυχνία δεν είναι αναμμένη είναι πιθανό να έχει συμβεί διακοπή ρεύματος από το Δίκτυο της ΔΕΗ ή να έχει πέσει η ασφάλεια του αντιστροφέα.
- ✓ Να ελέγξει εάν έχει γίνει διακοπή ρεύματος στο δίκτυο της ΔΕΗ.
- ✓ Να ελέγξει εάν οι τρεις (3) ασφάλειες που βρίσκονται στο κουτί του μετρητή της ΔΕΗ είναι στη θέση ON.
- ✓ Να ελέγξει ότι ο μικροαυτόματος του κάθε αντιστροφέα είναι στη θέση ON.
- ✓ Να ελέγξει εάν είναι αναμμένες η πράσινη ή και η πορτοκαλί ενδεικτική λυχνία των αντιστροφέων.
- ✓ Να ελέγξει εάν εμφανίζεται κάποιο μήνυμα σφάλματος στην οθόνη των αντιστροφέων. Σημειώστε τον κωδικό σφάλματος εάν εμφανίζεται.
- ✓ Να ελέγξει εάν το σύστημα λειτουργεί, ελέγξτε εάν η παραγόμενη ισχύς που εμφανίζεται στην οθόνη του αντιστροφέα συμβαδίζει με την ισχύ που καταγράφει ο μετρητής ΔΕΗ.
- ✓ Να επικοινωνήσει με το Τμήμα Συντήρησης της Εταιρίας αναφέροντας τις παραπάνω ενδείξεις.

Ο εγκαταστάτης/συντηρητής επιπλέον μπορεί να ελέγξει τον φωτοβολταϊκό σταθμό ως προς τα ακόλουθα:

- Να μετρήσει την τάση που παρέχει στον αντιστροφέα το δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Η τάση τιμή της τάσης πρέπει να είναι 230Volt σε κάθε φάση με απόκλιση από -20% έως +15%. Η τιμή της συχνότητας πρέπει να ανέρχεται σε 50Hz με απόκλιση $\pm 0,5$ Hz. Σε περίπτωση που η τάση είναι πέραν αυτών των ορίων να ενημερωθεί η ΔΕΗ (βλάβες).
- Έλεγχος των ενδείξεων των αντιστροφέων Ο αντιστροφέας λαμβάνει μετρήσεις από όργανα που διαθέτει (σε είσοδο, έξοδο και εσωτερικά), από την επεξεργασία των οποίων διαπιστώνει την κατάσταση των κυκλωμάτων AC και DC αλλά και του ίδιου του αντιστροφέα και εμφανίζει τις κατάλληλες προειδοποιήσεις και σφάλματα.
- Σε περίπτωση που ο αντιστροφέας έχει εμφανίσει μήνυμα σφάλματος ή δεν λειτουργεί καθόλου, ενώ υπάρχει παρουσία κατάλληλης DC τάσης στην είσοδό του ανατρέξει στο εγχειρίδιο εγκατάστασης του αντιστροφέα. Σε

περίπτωση που οι παραπάνω ενέργειες υποδεικνύουν πρόβλημα στο κύκλωμα DC του Φ/Β σταθμού, ανάλογα με τις ενδείξεις των αντιστροφών, που εξειδικεύουν το πρόβλημα, μπορούν να εφαρμοστούν οι ακόλουθες ενέργειες:

- Να γίνει έλεγχος της κατάστασης διακοπών, ασφαλειών κλπ στη Χαμηλή Τάση
- Να ελέγξει όλες τις ηλεκτρικές συνδέσεις στην DC πλευρά του αντιστροφέα.
- Να ελέγξει όλες τις ηλεκτρικές συνδέσεις στην AC πλευρά του αντιστροφέα και στον πίνακα.
- Να ελέγξει εάν οι στοιχειοσειρές παρέχουν τάση στον αντιστροφέα. Να μετρήσει τις τάσεις ανοιχτοκυκλώματος και λειτουργίας όλων των στοιχειοσειρών. Οι τιμές των τάσεων πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.
- Να μετρήσει τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως και λειτουργίας όλων των στοιχειοσειρών. Οι τιμές των ρευμάτων πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων που προβλέπονται στην μελέτη εφαρμογής.
- Να μετρήσει τη αντίσταση μόνωσης των καλωδίων τόσο στο AC κύκλωμα όσο και στο DC για εύρεση πιθανών βραχυκυκλωμάτων.
- Να γίνει οπτικός έλεγχος καλωδίων, συνδέσεων και ηλεκτρολογικών πινάκων και κουτιών διασύνδεσης.
- Να ελέγξει οπτικά τις οδεύσεις και τα κανάλια των καλωδίων για χτυπήματα, υγρασίες, φθορές, καψίματα κλπ.
- Να ελέγξει εάν υπάρχει εμφανής φθορά στις στοιχειοσειρές των φωτοβολταϊκών πάνελ.
- Να ελέγξει τις βάσεις του φωτοβολταϊκού για φθορές

Για τις περιπτώσεις έργων με σύνδεση στη ΜΤ επιπλέον πρέπει να γίνουν οι παρακάτω ενέργειες:

- Έλεγχος των ενδείξεων του κεντρικού ηλεκτρονόμου στον υποσταθμό ζεύξης. Εάν η οθόνη του ηλεκτρονόμου δείχνει παραγωγή ισχύος, ο Φ/Β σταθμός λειτουργεί. Εάν ο ηλεκτρονόμος παρουσιάζει σφάλμα τότε υπάρχει πρόβλημα, το οποίο πρέπει να ελεγχθεί κατά περίπτωση.
- Έλεγχος των οργάνων προστασίας των μετασχηματιστών.
- Έλεγχος της κατάστασης των διακοπών στη Μέση Τάση.

Όλες οι αναφερόμενες ενέργειες πρέπει να διεξάγονται μόνο από εξειδικευμένο κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό λαμβάνοντας όλα τα απαραίτητα κατά περίπτωση μέτρα προστασίας.²⁶(green project)

²⁶ green project/ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

4.7. Κίνδυνοι και Απαραίτητες Προφυλάξεις κατά τις Διαδικασίες Συντήρησης

Για να ελαχιστοποιηθεί η επικινδυνότητα οι ακόλουθες προφυλάξεις θα πρέπει να λαμβάνονται πριν την ανάληψη οποιαδήποτε εργασία συντήρησης:

- καμιά συντήρηση δεν θα πρέπει να αναλαμβάνεται εάν δεν υπάρχει έντονη μυρωδιά του θεικού οξέος στην περιοχή των συστοιχιών των μπαταριών
- Απαγορεύεται το κάπνισμα και οι φλόγες
- γυαλιά ασφαλείας πρέπει να είναι φορεμένα
- γάντια ανθεκτικά σε οξύ πρέπει να είναι φορεμένα
- ποδιά ανθεκτική στο οξύ και ρούχα θα πρέπει επίσης να είναι φορεμένα
- καθαρό νερό θα πρέπει να είναι κοντά στις μπαταρίες για να πλύνετε τυχόν οξύ που έρχεται σε επαφή με το δέρμα.
- βιοανθρακικό νάτριο θα πρέπει να είναι επίσης διαθέσιμο για να χρησιμοποιείται με νερό για την εξουδετέρωση οποιοδήποτε οξέος που έχει χυθεί στο έδαφος
- και τα κλειδιά (ή οποιαδήποτε άλλα εργαλεία) που θα χρησιμοποιηθούν στην συντήρηση των μπαταριών θα πρέπει να είναι μονωμένα για να αποφευχθούν οποιαδήποτε τυχαία μικροατυχήματα μεταξύ των τερματικών.
- Κατά τις εργασίες στις στέγες υπάρχει πάντα ο κίνδυνος πτώσης. Ποτέ μην ανεβαίνετε πάνω σε μια στέγη για εκτέλεση οποιαδήποτε υπηρεσίας για τις ηλιακές μονάδες (π.χ. τον καθαρισμό τους), εκτός αν υπάρχει ένα υποβοήθημα για να σας αποτρέψει από την πτώση ή αν φοράτε ένα εγκεκριμένο δέσιμο ασφαλείας το οποίο υποστηρίζεται σωστά.

Να θυμάστε πάντα ότι μια μπαταρία είναι μια μορφή αποθήκευσης ενέργειας η οποία, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, μπορεί να απελευθερώσει τις ενέργειες ακαριαία, με εκρηκτικές συνέπειες. Οι συσσωρευτές μπαταριών θα πρέπει να είναι προσβάσιμοι σε άτομα που κατανοούν τη λειτουργία τους και είναι υπεύθυνα για τη συντήρησή τους. Θα πρέπει να μπορούν να περιορίζουν την πρόσβαση σε άλλους ανθρώπους, ιδιαίτερα παιδιά. Στο μέτρο που είναι δυνατό, η περιοχή θα πρέπει να μην είναι χώρος ζώων και τρωκτικών. Ο περιορισμός πρόσβασης στις μπαταρίες θα είναι το πρώτο και συχνά το καλύτερο μέτρο ασφαλείας. Κατάλληλη σήμανση ασφαλείας πρέπει να επισημαίνει.

Οι άνθρωποι που έχουν πρόσβαση στους συσσωρευτές μπαταριών θα πρέπει να καθοδηγούνται στη χρήση ασφαλούς εξοπλισμού.

- ✓ Κάδος καθαρού νερού για ξέβγαλμα πιτσιλιών οξέος
- ✓ Προστατευτικά γυαλιά ή ασπίδα προσώπου- για την προστασία προσώπου και ματιών
- ✓ Λαστιχένια γάντια – για την προστασία των χεριών.
- ✓ Φιάλη κολλύριου – για ξέπλυμα πιτσιλιών οξέος στα μάτια.
- ✓ Φόρμες ή ποδιά – για προστασία του σώματος από οξύ.
- ✓ Μαγειρική σόδα - Για την εξουδετέρωση των οξέων



Εικόνα 20: Απαραίτητα προστατευτικά μέσα

4.7.1 Κίνδυνοι Συντήρησης Επιμέρους Τμημάτων Φ/Β Σταθμού

- Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τις μπαταρίες μολύβδου-οξέος περιλαμβάνουν τον κίνδυνο:
 1. έκρηξης λόγω υδρογόνου φυσικού αερίου
 2. εγκαύματα που προκαλούνται από οξύ στα μεμονωμένα κύτταρα
 3. βραχυκύκλωμα των τερματικών και μεταξύ των επιμέρους κύτταρων
 4. ηλεκτροπληξία που προκαλείται από μια τάση 120V ή μεγαλύτερη

- Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τους ηλιακούς συλλέκτες περιλαμβάνουν το ρίσκο:
 1. ηλεκτροπληξίας λόγω διάταξη ανοικτού κυκλώματος με τάση μεγαλύτερη από 120V
 2. πτώση από την οροφή κατά την εκτέλεση συντήρησης.

- Οι κίνδυνοι που συνδέονται με γεννήτριες περιλαμβάνουν το ρίσκο:
 - I. ηλεκτροπληξίας λόγω εξόδου 240V
 - II. ανάφλεξης εύφλεκτων και / ή εκρηκτικών καυσίμων
 - III. εισπνοή των καυσαερίων
 - IV. καύσης που προκαλούνται από σπινθήρες εξάτμισης
 - V. εγκαύματα από καυτό σωλήνα εξάτμισης
 - VI. η παρουσία μιας μπαταρίας
 - VII. ατυχήματα από κινούμενα μέρη
 - VIII. βλάβη στο αυτί λόγω του θορύβου

Μπορούν επίσης να έχουν περιστρεφόμενα μέρη και αυτά θα πρέπει να προστατεύεται κατά τη λειτουργία.

4.7.2.Προειδοποιήσεις Ασφαλείας

Πολλή μεγάλη προσοχή απαιτείται για όλες τις εργασίες που εκτελούνται σε Φ/Β σταθμό. Ειδικότερα αναφέρονται οι παρακάτω προειδοποιήσεις:

1. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Κίνδυνος-θάνατος λόγω υψηλών τάσεων στο μετατροπέα.
2. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Όλες οι εργασίες στην εγκατάσταση επιτρέπεται να διενεργούνται αποκλειστικά από εκπαιδευμένο ηλεκτρολόγο. Μην ανοίγεται τον μετατροπέα ή τους πίνακες.
3. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Κίνδυνος εγκαυμάτων σε μέρη του κελύφους του αντιστροφέα με υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη λειτουργία το καπάκι του κελύφους και το σώμα του κελύφους μπορεί να αναπτύξουν υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας αγγίζετε μόνο το κάτω μέρος του καπακιού του μετατροπέα.
4. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Πιθανές βλάβες στην υγεία από επίδραση της ακτινοβολίας! Μην παραμένετε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε απόσταση μικρότερη από 20 cm από το μετατροπέα.
5. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Μην αποσυνδέετε τα βύσματα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης ενώ το σύστημα λειτουργεί. Κίνδυνος ηλεκτρικού τόξου !
6. **ΠΡΟΣΟΧΗ!** Σε περίπτωση πυρκαγιάς αποφύγετε τη επαφή με τα γυμνά μεταλλικά μέρη, όπως τις βάσεις και τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Ενημερώστε την πυροσβεστική υπηρεσία για την ύπαρξη της φωτοβολταϊκής μονάδας.²⁷(solar pv systems/ Users' maintenance guide)

²⁷ solar pv systems/ Users' maintenance guide/Australian Business Council for Sustainable Energy

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε: ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Για την εκτίμηση του κόστους διαδικασιών συντήρησης, είναι χρήσιμο να έχουμε πρώτα μια κατανόηση από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Συστατικά των ηλιακών φωτοβολταϊκών σταθμών
- Τα διάφορα επίπεδα της συντήρησης και οι τυπικές ανάγκες συντήρησης
- Τα διάφορα είδη παρακολούθησης που διατίθενται
- Το επιχειρησιακό μοντέλο στήριξης για τη συντήρηση των σταθμών
- Πρόσθετες παρατηρήσεις για τις δαπάνες της συντήρησης των φωτοβολταϊκών σταθμών

5.1. Κόστος Προληπτικής και Επισκευαστικής Συντήρησης

Ο προϋπολογισμός λειτουργίας και συντήρησης των φωτοβολταϊκών σταθμών είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ του κόστους και της επακόλουθης αξίας της διατήρησης της διαθεσιμότητας των περιουσιακών στοιχείων και της απόδοσης. Ορισμένα έξοδα διαδικασιών και συντήρησης, όπως αυτά που σχετίζονται με την παρακολούθηση, μπορεί εύλογα να καθοριστούν και να υπολογιστούν με βάση τον τύπο του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται, την ποσότητα καθώς και το επιθυμητό επίπεδο της ικανότητας παρακολούθησης. Ωστόσο, άλλες δαπάνες, όπως αυτές που σχετίζονται με τις δραστηριότητες συντήρησης, είναι λιγότερο προβλέψιμες και μπορούν να επηρεαστούν από: 1) το μέγεθος και την τοποθεσία του συστήματος (Π.χ., διαθεσιμότητα νερού, οι καιρικές συνθήκες, οι αποστάσεις ταξιδιού), 2) την αρχιτεκτονική των φυτών και η ευκολία πρόσβασης στον τόπο που είναι τοποθετημένα (π.χ. χαμηλό έδαφος σε αντίθεση με ψηλές οροφές), καθώς και 3) το βαθμό που οι μετρητές και μετατροπείς τοποθετούνται σε μία θέση, ανάμεσα σε άλλους παράγοντες. Το κόστος συντήρησης δύναται να διαχωριστεί σε 4 μεγάλες υποκατηγορίες:

- Προγραμματισμένη συντήρηση
- Απρογραμματίστη συντήρηση
- Αντικατάσταση μετατροπέων και εξοπλισμού
- Κόστος χρήσης

Η προγραμματισμένη συντήρηση / καθαρισμός περιλαμβάνει ετήσιες ή διετείς προληπτικής συντήρησης εργασίες και καθαρισμούς μονάδας, ενώ η μη προγραμματισμένη συντήρηση περιλαμβάνει τα έξοδα για την εκτέλεση αντιδραστικών επισκευών, όπως η διαχείριση προβλημάτων των μετατροπέων και μηχανικών ζητημάτων. Η αντικατάσταση εξοπλισμού αντιπροσωπεύει όλα τα κεφάλαια για την ανακαίνιση και όλων των μετατροπέων που έχουν ήδη συμπληρώσει 15 έτη λειτουργίας. Τέλος το κόστος χρήσης αποτελείται από δαπάνες, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης, της ασφάλισης, των φόρων περιουσίας, των επικοινωνιών και της πρόσβασης στην τοποθεσία των σταθμών.

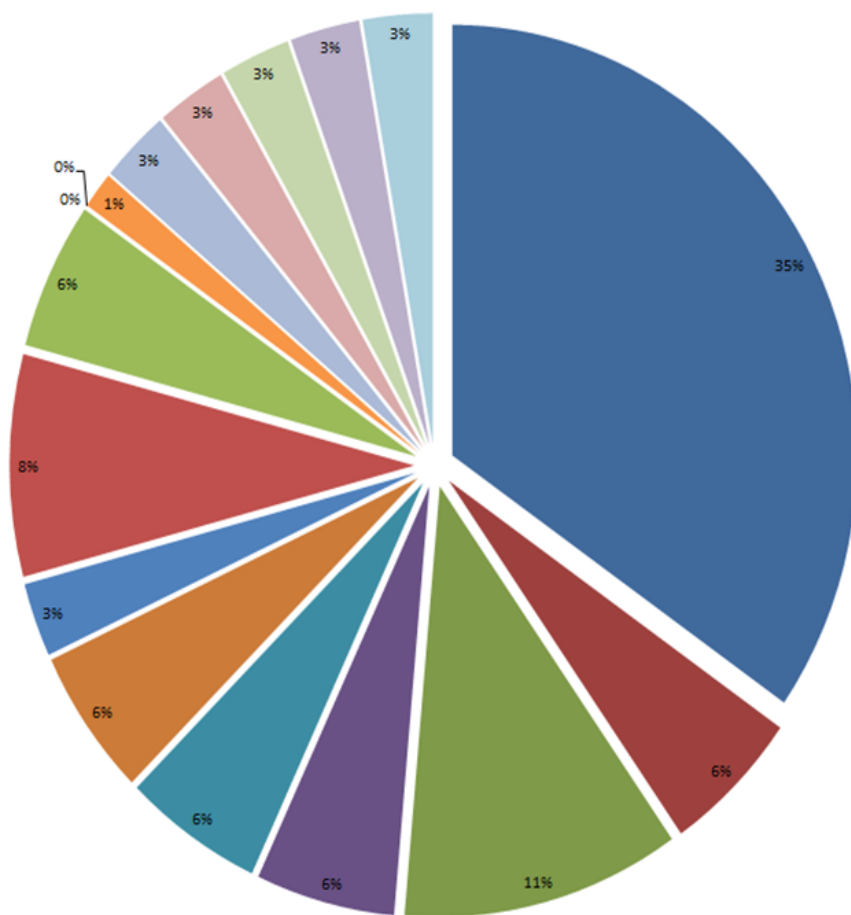
Το ποσό του κόστους συντήρησης συνήθως ανέρχεται σε ποσοστό 1% έως 5% της συνολικής δαπάνης της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Εν τω μεταξύ, το κόστος εργασίας, το οποίο είναι σε μεγάλο βαθμό καθορισμένο, αποτελεί

την πλειοψηφία των εξόδων συντήρησης. Ακολουθεί η συντήρηση των μετατροπέων, οι οποίοι κρίνονται ως οι κύριοι ένοχοι για μια απρογραμμάτιστη διακοπή του σταθμού μιας και είναι από τα πιο ενεργά συστατικά του σταθμού και παρουσιάζει επίσης υψηλό κόστος. Η τρίτη σε σειρά διαδικασία που παρουσιάζει υψηλό κόστος συντήρησης είναι η φροντίδα της περιοχής που είναι εγκατεστημένοι οι σταθμοί καθώς και η πρόσβαση σε αυτούς.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΥΡΑΣ	ΕΡΓΑΤΟΥΡΕΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΕΠΙΣΚΕΨΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ	ΤΡΟΠΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
Καθαρισμός επιφανείας φωτοβολταϊκών πλαισίων	Εργάτης	20,00€	10	150,00€	290,00€	500,00€	νερό/ μηχανικά εργαλεία	ανά 6 μήνες
Έλεγχος ραγίσματος ή σπασίματος φωτοβολταϊκών πλαισίων	Ηλεκτρολόγος	20,00€	2		40,00€	80,00€	οπτικός	ανά 6 μήνες
Έλεγχος ηλεκτρικών συνδέσεων	Ηλεκτρολόγος	20,00€	8		160,00€	160,00€	με όργανο	ανά 12 μήνες
Έλεγχος βάσεων στύβων και θεμελίωσης	Ηλεκτρολόγος	20,00€	2		40,00€	80,00€	γεωμετρικά εργαλεία	ανά 6 μήνες
Έλεγχος καλής κατάστασης ανοικτούς, πλαισίων και βάσεων συνδέσεων και επιδιόρθωση όπου κρίνεται αναγκαίο	Ηλεκτρολόγος ή τεχνικός	20,00€	2		40,00€	80,00€	γεωμετρικά εργαλεία	ανά 6 μήνες
Αντικείμεν συνδέσεων για χαλάρωση και βραχυκύκλωση πιθανόν σοβαρά από μηχανικά και ανκαιόλεσες ή με κρίνεται αναγκαίο	Ηλεκτρολόγος	20,00€	2		40,00€	80,00€	οπτικός και με διασφα εργαλεία	ανά 6 μήνες
Έλεγχος στεγανότητας συνδέσεων και διασφάλιση	Ηλεκτρολόγος	20,00€	1		20,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση inverters	Ηλεκτρολόγος	20,00€	6		120,00€	120,00€	του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση String-Monitor, Mair Box, String-Combiner	Ηλεκτρολόγος	20,00€	4		80,00€	80,00€	Βάσει προσακόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Meters ηλεκτρικών	Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	40,00€			- €	- €	Βάσει προσακόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Υποσταθμίου	Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	40,00€			- €	- €	Βάσει προσακόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση μετρητικών οργάνων και του σταθμίου προστασίας	Ηλεκτρολόγος	20,00€	1		20,00€	20,00€	Βάσει προσακόλλου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Μετρήσεις της ανταρταγωγής προστασίας	Ηλεκτρολόγος	20,00€	2		40,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος συντήρησης πυροσβεστήρων και πυροσβεστήρες	Ηλεκτρολόγος ή τεχνικός	20,00€	1		20,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος περιφράξης	Ηλεκτρολόγος ή τεχνικός	20,00€	1		20,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος οικιακού	Ηλεκτρολόγος ή τεχνικός	20,00€	1		20,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος συστημάτων ασφάλειας (συναγερμός και CCTV)	Ηλεκτρολόγος	20,00€	1		20,00€	40,00€	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
					930,00€	1.440,00€		
Κόστος ανά km		9,30€						

Πίνακας 3: Κατανομή κόστους συντήρησης 100KW φωτοβολταϊκού σταθμού

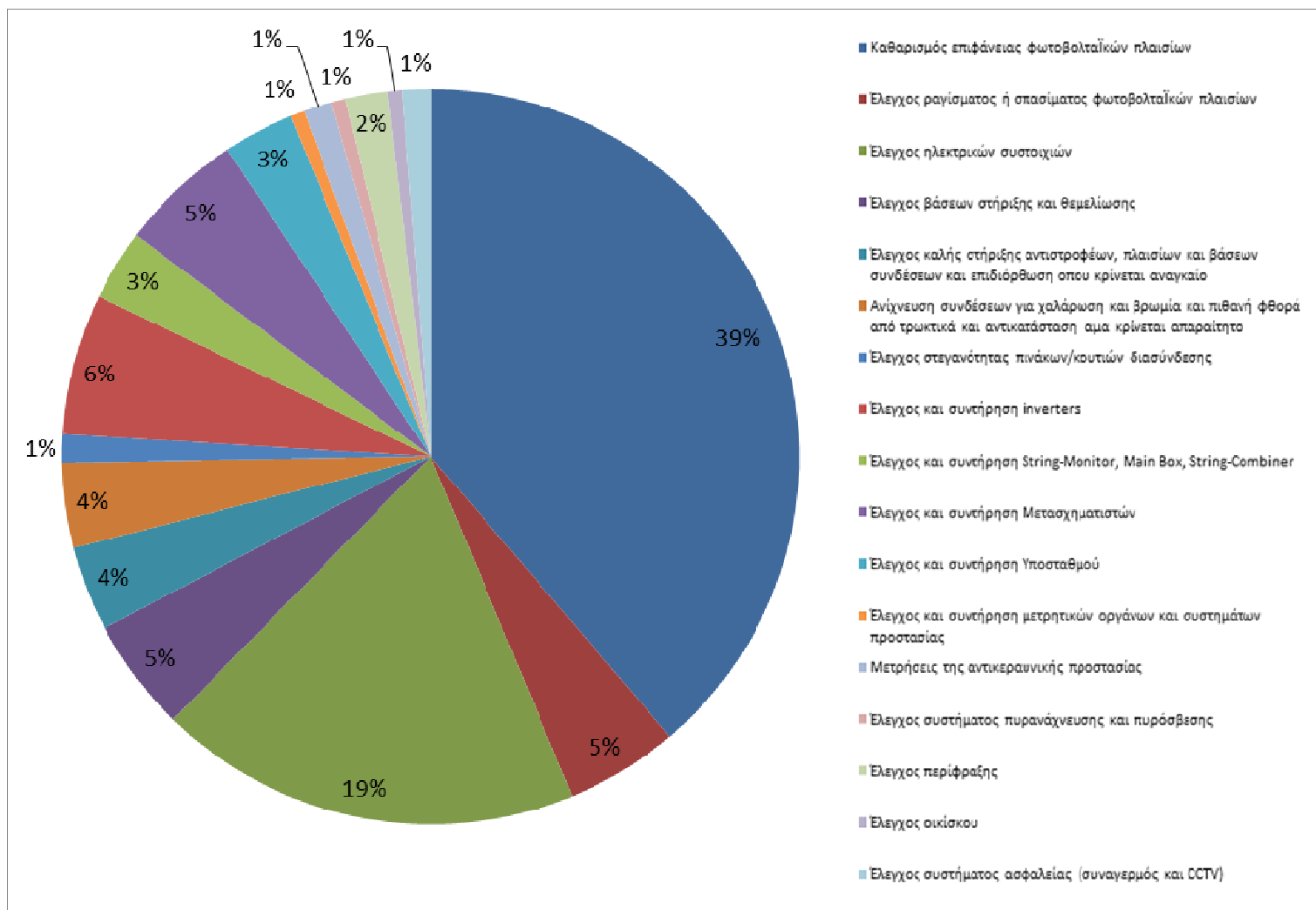
- Καθαρισμός επιφάνειας φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Έλεγχος ραγίσματος ή σπασίματος φωτοβολταϊκών πλαισίων
- Έλεγχος ηλεκτρικών συστοιχιών
- Έλεγχος βάσεων στήριξης και θεμελίωσης
- Έλεγχος καλής στήριξης αντιστροφών, πλαισίων και βάσεων συνδέσεων και επιδιόρθωση όπου κρίνεται αναγκαίο
- Ανίχνευση συνδέσεων για χαλάρωση και βρωμία και πιθανή φθορά από τρωκτικά και αντικατάσταση αμα κρίνεται απαραίτητο
- Έλεγχος στεγανότητας πινάκων/κουτιών διασύνδεσης
- Έλεγχος και συντήρηση inverters
- Έλεγχος και συντήρηση String-Monitor, Main Box, String-Combiner
- Έλεγχος και συντήρηση Μετασχηματιστών
- Έλεγχος και συντήρηση Υποσταθμού
- Έλεγχος και συντήρηση μετρητικών οργάνων και συστημάτων προστασίας
- Μετρήσεις της αντικεραυνικής προστασίας
- Έλεγχος συστήματος πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης
- Έλεγχος περιφράξης
- Έλεγχος οικίσκου
- Έλεγχος συστήματος ασφαλείας (συναγερμός και CCTV)



Πίνακας 4: Ετήσιο κόστος συντήρησης φωτοβολταϊκού σταθμού 100 KW

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΤΟΥΡΑΣ	ΕΡΓΑΤΟΥΡΕΣ	ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΕΠΙΣΚΕΨΗ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ	ΤΡΟΠΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
Καθαρισμός επιφάνεια ς φωτοβολταϊκών πλαισίων	Εργάτης	10,00 €	100	1.500,00 €	2.500,00 €	5.000,00 €	νερό/ μαλακά σφουγγάρια	ανά 6 μήνες
Έλεγχος ραγίσματος ή σπασίματος φωτοβολταϊκών πλαισίων	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	16		320,00 €	640,00 €	οπτικός	ανά 6 μήνες
Έλεγχος ηλεκτρονικών συστατικών	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	60		1.200,00 €	2.400,00 €	με όργανο	ανά 12 μήνες
Έλεγχος βάσεων στήριξης και θεμελίωσης	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	16		320,00 €	640,00 €	γεωμετρικά εργαλεία	ανά 6 μήνες
Έλεγχος καλής στήριξης αντιστροφών, πλαισίων και βάσεων συνδέσεων και επιδιόρθωση όπου κρίνεται αναγκαίο	Ηλεκτρολόγος ή Τεχνικός	20,00 €	12		240,00 €	480,00 €	γεωμετρικά εργαλεία	ανά 6 μήνες
Ανίχνευση συνδέσεων για χαλάρωση και βρωμία και πιθανή φθορά από τριγωνικά και ανακατάσταση ομα κρ ή νεοεισπαράλιθο	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	12		240,00 €	480,00 €	οπτικός και με διάφορα εργαλεία	ανά 6 μήνες
Έλεγχος στεγανότητας πινάκων/κουτιών διασύνδεσης	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	4		80,00 €	160,00 €	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Inverters	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	40		800,00 €	800,00 €	του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση String-Monitor, Main Box, String-Combiner	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	20		400,00 €	400,00 €	θάσει προωκόβλιου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Μετασχηματιστών	Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	50,00 €	8	300,00 €	700,00 €	700,00 €	θάσει προωκόβλιου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση Υποσταθμού	Ηλεκτρολόγος Μηχανικός	50,00 €	8		400,00 €	400,00 €	θάσει προωκόβλιου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος και συντήρηση μετρητικών οργάνων και συστημάτων προστασίας	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	4		80,00 €	80,00 €	θάσει προωκόβλιου του κατασκευαστή	Ανά 12 μήνες
Μετρήσεις της αντιστρευστικής προστασίας	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	8		160,00 €	160,00 €	Οπτικός	Ανά 12 μήνες
Έλεγχος συστήματος πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης	Ηλεκτρολόγος ή Τεχνικός	20,00 €	2		40,00 €	80,00 €	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος περιήραξης	Ηλεκτρολόγος ή Τεχνικός	20,00 €	6		120,00 €	240,00 €	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος ούλιου	Ηλεκτρολόγος ή Τεχνικός	20,00 €	2		40,00 €	80,00 €	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
Έλεγχος συστήματος ασφαλείας (αναγερωμής και ΟΣΤΥ)	Ηλεκτρολόγος	20,00 €	4		80,00 €	160,00 €	Οπτικός	Ανά 6 μήνες
					7.720,00 €	12.900,00 €		
Κόστος ανά km	0,30 €							

Πίνακας 5: Κατανομή κόστους συντήρησης 1MW φωτοβολταϊκού σταθμού



Πίνακας 6: Ετήσιο κόστος συντήρησης φωτοβολταϊκού σταθμού 1 MW

Οι πίνακες αυτοί περιγράφουν τις απαραίτητες εργασίες που πρέπει να λάβουν χώρα κατά την περίοδο της συντήρησης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Αναφέρεται ποιος είναι ο εξειδικευμένος αρμόδιος για κάθε περίπτωση εργασίας συντήρησης καθώς και το ανάλογο κόστος για κάθε διαδικασία. Πραγματοποιείται μια πλήρης κατανομή του ποσού που απαιτείται για τη συντήρηση καθώς και του συνολικού κόστους που δαπανάται. Επισημαίνεται το ακριβές κόστος κάθε εργατοώρας ανά ειδικότητα καθώς επίσης και το σύνολο του εργατοωρών που πραγματοποιούνται στο απαιτούμενο χρονικό διάστημα, κατά το οποίο πραγματοποιείται η κάθε επιμέρους διαδικασία συντήρησης. Δηλώνεται η χρονολογική αυστηρότητα και συχνότητα κάθε εργασίας, όπως επίσης το ποσό που δαπανάται για κάθε εργασία σε ετήσια βάση, όπως και το κόστος των διαφόρων εργαλείων και υλικών μέσων που χρησιμοποιούνται για την πραγμάτωση των εργασιών συντήρησης. Με μια πρώτη ματιά γίνονται εμφανείς κάποιες σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε αυτές τις δυο κατηγορίες φωτοβολταϊκών συστημάτων. Το συνολικό κόστος ενός 1MW φωτοβολταϊκού σταθμού ανέρχεται στις 12.900 ευρώ σε αντίθεση με έναν 100 KW φωτοβολταϊκό σταθμό που έχει κόστος συντήρησης μόλις 1.500 ευρώ. Επίσης, η χρήση υλικών μέσων και εργαλείων είναι συχνότερη στο πρώτο τύπο φωτοβολταϊκού σταθμού, γεγονός που καθιστά πιο δαπανηρή την συντήρηση, ενώ στον άλλο τύπο σταθμού δαπανάται μόλις 150 ευρώ για τεχνικό εξοπλισμό έλεγχου και συντήρησης. Ως κοινό σημείο ορίζεται η συχνότητα των εργασιών και ο τρόπος έλεγχου των επιμέρους συστατικών του σταθμού. Επιπλέον, οι πίτες παρουσιάζουν σε ποσοστά, τον όγκο που καταλαμβάνει η

κάθε εργασία συντήρησης στο πλήρες πρόγραμμα διαδικασιών συντήρησης, με τον καθαρισμό των πλαισίων ως διαδικασία να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο και στους δυο τύπους φωτοβολταϊκών σταθμών, με ποσοστό 39% στον 1MW φωτοβολταϊκό σταθμό και 35% στον 1KW φωτοβολταϊκό σταθμό αντίστοιχα.

5.2. Καθαρισμός panels και περιοχής



Εικόνα 21: Πλύσιμο φωτοβολταϊκών πλαισίων

Η τιμή που προκύπτει για τον καθαρισμό panel και άλλες προληπτική συντήρηση σχετικές εργασίες, όπως η διαχείριση των ζιζανίων και άλλων πιθανών ζωντανών οργανισμών και οι έλεγχοι ασφάλειας, είναι εξαιρετικά μεταβλητή και εξαρτάται από την περιοχή εγκατάστασης του σταθμού. Οι δραστηριότητες αυτές γίνονται πάντα σε συνάρτηση προτεραιότητας των εργασιών καθώς και του προϋπολογισμού.

Για παράδειγμα, το κόστος της αποτελεσματικότητας της πλύσης των πάνελ μπορεί να συνδέεται με την ποσότητα της σκόνης, της βρωμιάς, της γύρης η και της γενικότερης ρύπανσης στο περιβάλλον όπως ακόμα και η συχνότητα βροχής ή χιονιού. Ομοίως, το όφελος της εκκαθάρισης ζιζανίων και των συντριμμιών επηρεάζεται από το κλίμα και τη δυναμική του περιβάλλοντος, ενώ η αξία των μέτρων ασφαλείας επηρεάζεται από την πιθανότητα βανδαλισμού και ζημίας που προκαλείται από διαφορά ζώα. Επισημαίνεται πως η απόδοση των panels τα οποία δεν πλένονται επιδέχεται μείωση της τάξεως 1-5% ενώ αντίθετα μια τακτική συντήρηση δύναται να επιφέρει βελτίωση της απόδοσης που αγγίζει το ποσοστό 10 έως και 15%. Επίσης σε ένα ξηρό, σκονισμένο περιβάλλον τα σχετικά έξοδα της συντήρησης του εκάστου panel ίσως διαφέρουν και καθώς καθένα από τα οποία απαιτεί εργασία μισής ημέρας για 2-3 άτομα σε σταθμό kW 250 15 ώρες θα μπορούσε να αξίζει τον κόπο.

Ωστόσο περιοχές όπου η βροχή είναι ένα συχνό φαινόμενο δεν είναι απαραίτητο το πλύσιμο των πάνελ (σχεδόν καθόλου) γιατί η βροχή έχει παρατηρηθεί ότι συμβάλλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του πάνελ σε ποσοστό της τάξης του 3-5%.

Το κόστος πλυσίματος των πάνελ για μεγάλες φωτοβολταϊκές εμπορικές εγκαταστάσεις και επίπεδες βάσεις στον τελευταίο όροφο ενός κτιρίου είναι περίπου \$ 2.50/kW, ενώ άλλα πιο πολύπλοκα συστήματα μπορούν να κοστίσουν μέχρι και \$ 10/kW. Κατά την διάρκεια της ζωής των φωτοβολταϊκών σταθμών, οι καθαρισμοί των πάνελ προγραμματίζονται σύμφωνα με τα διαθέσιμα κονδύλια του προϋπολογισμού λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους:

- σύμπτωση με την περίοδο αιχμής της παραγωγής
- σύμπτωση με εποχιακά γεγονότα που δημιουργούν εξαιρετικές ακαθαρσίες (π.χ., γύρη κατά τη διάρκεια της άνοιξης, κοκκινόχωμα σκόνη κατά την ξηρή περίοδο, υπερβολικά περιττώματα πουλιών κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού)
- Παρουσία του χιονιού και / ή της βροχής, η οποία μπορεί να καθυστερήσει την ανάγκη για καθαρισμό
- Υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος, η οποία μπορεί να προκαλέσει θερμικά κατάγματα στα πάνελ κατά τον καθαρισμό
- Απόσταση της περιοχής εγκατάστασης του σταθμού το πλήρωμα που θα αναλάβει την διαδικασία της συντήρησης αυτού, το οποίο μπορεί να απαιτεί πολύπλευρες απόψεις προκειμένου να δικαιολογήσει την δαπάνη του καθαρισμού.
- προσβασιμότητα περιοχής, η οποία μπορεί να περιοριστεί σε ορισμένες χρονικές περιόδους (π.χ., μαθητικές συνεδρίες, γεωργικές εγκαταστάσεις κατά την περίοδο της συγκομιδής της σοδειάς)
- Η ασφάλεια των εργαζομένων, οι οποίοι αναλαμβάνουν το πλύσιμο μπορεί να επιτευχτεί χρησιμοποιώντας διαφορετικές λύσεις καθαρισμού και μέσω μιας ποικιλίας μεθόδων.

Μερικά διαλύματα καθαρισμού αποτελούνται από απιονισμένο νερό χρησιμοποιώντας ειδικά φίλτρα, ενώ άλλα αποτελούνται από ένα ασθενές διάλυμα ξυδιού. Ειδικές μέθοδοι καθαρισμού εξαρτάται από τον προσανατολισμό αλλά και από τις δυνατές επιλογές πρακτικής για το ξέπλυμα των panels. Όπου είναι δυνατόν χρησιμοποιούνται μεγάλες, πλατιές και μαλακές βούρτσες για την απομάκρυνση εναπομεινάντων στερεών απορριμμάτων και ύστερα ακλουθεί ένα δεύτερο “χέρι” πλυσίματος. Η αποφυγή της ανάγκης να χρησιμοποιηθούν σπάτουλες με την αντικατάσταση της επιλογής αυτής από μια λύση καθαρισμού που φέρει χημικές ιδιότητες, συμβάλλει στην εξοικονόμηση τόσο χρόνου όσο και χρημάτων.²⁸ (Electric Power Research Institute, July 2010)

²⁸ Electric Power Research Institute, July 2010/ Addressing Solar Photovoltaic Operations and Maintenance Challenges

ΣΤ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η όλο και αυξανόμενη ζήτηση και τάση των ανθρώπων προς τις ΑΠΕ γενικότερα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα ειδικότερα, οδήγησε παράλληλα και στην αναζήτηση τρόπων για τη συντήρησή τους. η συντήρηση χωρίζεται σε τρία διαφορετικά είδη (συστήματα), τη βελτιωτική, τη προληπτική και την επισκευαστική, με πιο συνηθισμένη και υψίστης σημασίας την προληπτική. Η προληπτική συντήρηση που αποτελεί ένα πρόγραμμα συστηματικών ελέγχων λειτουργίας, εξαρτημάτων, συγκροτημάτων ή συστημάτων και μελέτες διάγνωσης, πρόβλεψης, πρόγνωσης και αποκατάστασης διακρίνεται σε προγραμματισμένη, οριακή και προγνωστική. Σκοπός της προληπτικής συντήρησης είναι η παράταση ζωής ενός εξαρτήματος καθώς και η αποκάλυψη πως ένα εξάρτημα έχει φθαρεί. Ο συντηρητής ενός φωτοβολταϊκού σταθμού οφείλει να εξετάσει τις απαιτούμενες προδιαγραφές του μηχανήματος, να εκτιμήσει τους παράγοντες που μπορούν να δημιουργήσουν πιθανά προβλήματα καθώς και να προβλέψει τους παράγοντες και τα αίτια που μπορούν να οδηγήσουν σε παύση και εκτίμηση του χρόνου αυτού.

Ακολουθώντας τέσσερα βασικά βήματα ενός καλού προγράμματος προγραμματισμένης προληπτικής συντήρησης τα οποία είναι, μη καταστροφικοί έλεγχοι, περιοδικές επιθεωρήσεις, προγραμματισμένες δραστηριότητες και διορθωτικές συντηρήσεις των ελαττωμάτων που εντοπίστηκα, επιτυγχάνεται η παράταση διάρκειας ζωής του εξοπλισμού. Η προγραμματισμένη συντήρηση χωρίζεται σε ομοιόμορφη, η οποία είναι απλή στην οργάνωση, απαιτεί ελάχιστη βοηθητική εργασία και επιτυγχάνει αρκετά καλό βαθμό πρόληψης, και σε συντήρηση βάσει προδιαγραφών, η οποία εστιάζεται στις οδηγίες του κατασκευαστή καθώς επίσης και σε αυστηρό τεχνικό και χρονικό προγραμματισμό, καταγραφή των στοιχείων που προκύπτουν από κάθε παρέμβαση καθώς επίσης και την ανάλυση των ευρημάτων και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Απεναντίας η οριακή συντήρηση εκτελείται όταν είναι αναγκαίο. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο καθορισμός ορίων ασφαλούς και ορθής λειτουργίας και οριακών τιμών. Τέλος, κατά την προγνωστική συντήρηση χρησιμοποιούνται στατιστικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του χρόνου ζωής και των υλικών και των εξαρτημάτων προκειμένου να υπολογίζεται ο χρόνος μεταξύ των δύο αντικαταστάσεων.

Ιδιαίτερη φροντίδα και μέριμνα χρειάζονται οι συστοιχίες μπαταριών καθώς και οι μετατροπείς. Όσο αφορά το κόστος της όλης συντήρησης, πρέπει πρώτα από όλα να ληφθούν υπόψη τα συστατικά των φωτοβολταϊκών σταθμών, τα επίπεδα της συντήρησης και οι τυπικές ανάγκες της συντήρησης, τα διάφορα είδη παρακολούθησης και το επιχειρησιακό μοντέλο στήριξης του σταθμού. Οι δαπάνες συντήρησης επηρεάζονται από το μέγεθος και την τοποθεσία του συστήματος καθώς επίσης και την αρχιτεκτονική των panels και ευκολία πρόσβασης στο τόπο. Υπολογίζεται πως το κόστος συντήρησης συνήθως ανέρχεται σε ποσοστό 1% έως 5% της συνολικής δαπάνης της εγκατάστασης ενός φωτοβολταϊκού σταθμού. Καθώς λοιπόν η συντήρηση του σταθμού απαιτεί ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων που επιφέρουν ένα αρκετά μεγάλο ποσό δαπάνης η καθεμία, αλλά σίγουρα μικρότερο από μια πλήρης επισκευή ή αντικατάσταση, έρχεται το αρχαίο ελληνικό ρητό « το προλαμβάνειν κάλλιον του θεραπεύειν», για να επαληθεύσει τη σπουδαιότητα και τη σημαντικότητά της.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κατανομή μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.....	8
Πίνακας 2: Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	10
Πίνακας 3: Ηλιοφάνεια στην Ελλάδα.....	14
Πίνακας 4: Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	15
Πίνακας 5: Λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος.....	16
Πίνακας 6: Φωτοβολταϊκά πλαίσια σε στέγη κατοικίας.....	21
Πίνακας 7: Φωτοβολταϊκά πλαίσια στο έδαφος.....	24
Πίνακας 8: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλασίων.....	26
Πίνακας 9: Φωτοβολταϊκό panel.....	32
Πίνακας 10: Διάφορα είδη φωτοβολταϊκών πλασίων.....	33
Πίνακας 11: Αντιστροφέας φωτοβολταϊκού σταθμού.....	33
Πίνακας 12: Μπαταρίες φωτοβολταϊκού σταθμού.....	35
Πίνακας 13: Βάσεις στήριξης φωτοβολταϊκών πλασίων.....	37
Πίνακας 14: Μετασχηματιστής φωτοβολταϊκού σταθμού.....	40
Πίνακας 15: Μέτρηση πεδίων τάσης του σταθμού.....	42
Πίνακας 16: Καλώδια σύνδεσης μπαταριών και μετατροπέων.....	43
Πίνακας 17: Επισκευή φωτοβολταϊκού panel.....	56
Πίνακας 18: Περιγραφή επιμέρους εργασιακών έλεγχων.....	58
Πίνακας 19: Επισκευή και αντικατάσταση καλωδίων.....	59
Πίνακας 20: Κουτιά διακλάδωσης.....	63
Πίνακας 21: Τρόποι εφαρμογής και συχνότητα εργασιών συντήρησης.....	69
Πίνακας 22: Απαραίτητα προστατευτικά μέσα.....	77
Πίνακας 23: Κατανομή κόστους συντήρησης 100KW φωτοβολταϊκού σταθμού.....	80
Πίνακας 24: Ετήσιο κόστος συντήρησης φωτοβολταϊκού σταθμού 100 KW.....	81
Πίνακας 25: Κατανομή κόστους συντήρησης 1MW φωτοβολταϊκού σταθμού.....	82
Πίνακας 26: Ετήσιο κόστος συντήρησης φωτοβολταϊκού σταθμού 1 MW.....	83
Πίνακας 27: Πλύσιμο φωτοβολταϊκών πλασίων.....	84

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καλκάνης Γ. 1997 “ Η ενέργεια και οι πηγές της: Τι, πως, γιατί”, ΚΑΠΕ / Υπουργείο Ανάπτυξης, Πικέρμι, ISBN 960-85449-7-1
2. ΚΑΠΕ, 1997: “Ενέργεια και Βιομηχανία”, ΚΑΠΕ / Υπ. Ανάπτυξης ΕΠΕΤ II, Πρόγραμμα Ανοιχτές Θύρες, Αθήνα.
3. Στεφανάκος Ι., Εισαγωγή στην Ενεργειακή Τεχνολογία, Αθήνα, Ε.Μ.Π., 2011
4. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, 1999: “Η ενέργεια και εμείς” , Σχολικό πρόγραμμα για τη χρήση φυσικών πόρων και ενέργειας, Αθήνα
5. Τσίππρας Κώστας και Θέμης Στέφανος, Οικολογική Αρχιτεκτονική, Εκδόσεις Κέρδος, Αθήνα 2005
6. Solar Energy and Buildings Symposium Proceedings, Athens 8-10/12/1993
7. http://www.helapco.gr/ims/file/Parks/PV_Investment_Guide_Sep2012.
8. <http://el.wikipedia.org/wiki/Φωτοβολταϊκά>
9. Σαμολαδάς Χρήστος, Ενσωμάτωση Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Κτίρια Γραφείων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικής Ενέργειας, Θεσσαλονίκη 2008.
10. (green project. Διαδικασίες Επαλήθευσης Σωστής Λειτουργίας Φωτοβολταϊκού Σταθμού)
11. Κατσέλης Χρ., Φωτοβολταϊκά, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών / 2.5 Βασικά μέρη Φ/Β Συστήματος, 2012.
12. (green energy parts οδηγός χρήσης, Γενικές Πληροφορίες - Inverter - Μετατροπή από DC 12V/24V σε AC 230V).
13. Τσιουμπρή Ελένη, Συσσωρευτές στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα Αντιμετώπιση των συνηθισμένων προβλημάτων των συσσωρευτών μολύβδου οξέος στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής, Πανεπιστημίου Πατρών, Κεφάλαιο 3 – Γενικά για τις μπαταρίες, Οκτώμβριος 2012.
14. (portal.tee.gr) Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων.
15. (<http://nefeli.lib.teicrete.gr>)/ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΜΙΚΡΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ/ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΖΕΡΙΤΗΣ
16. (ΚΑΛΑΜΠΟΚΑ ΕΥΤΥΧΙΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2009)/ Ολική Παραγωγική Συντήρηση σε Εργοστάσιο Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.
17. ΤΣΩΛΗ ΑΣΗΜΙΝΑ. ΑΘΗΝΑ 2007/Μεθοδολογίες Συντήρησης Μηχανών και Σύγχρονες Τάσεις

18. Renewable Energy/ Augmented reality for photovoltaic pumping systems maintenance tasks.
19. Scott Madden, September 2010/ Solar Photovoltaic Plant Operating and Maintenance Costs
20. electric power research institute July 2010/ Addressing Solar Photovoltaic Operations and Maintenance Challenges
21. handbook for Solar Photovoltaic Systems
22. power from the sun./Prof J N Karamchetti/ Maintenance of Solar Photovoltaic & Renewable Energy Installations Part-1RV1.
23. green project/ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ & ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ
24. solar pv systems/ Users' maintenance guide/Australian Business Council for Sustainable Energy
25. Electric Power Research Institute, July 2010/ Addressing Solar Photovoltaic Operations and Maintenance Challenges