

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	5
1.1. ΑΕΝΑΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	5
1.2. ΜΟΡΦΕΣ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕ	7
2. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	10
2.1 . Ο ΗΛΙΟΣ.....	10
2.2. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	13
2.3.ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	17
2.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ	20
2.4.1. Γεωγραφικό Πλάτος	20
2.4.2. Γεωγραφικό Μήκος.....	21
2.5. ΟΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ.....	22
2.6. ΗΛΙΑΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ.....	23
3.ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.....	26
3.1. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΦΡΑΓΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	26
3.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ	28
3.3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ/ΚΥΨΕΛΩΝ (PV CELLS)	28
3.4.1. Το Πυρίτιο (Si)	29
3.4.1.2. Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	30
3.4.1.3.Ribbon Πυρίτιο	30
3.4.1.4.Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ (c-SiTFc)	30
3.4.1.5. Άμορφο πυρίτιο (a-Si).....	31
3.4.2. Αρσενικούχο γάλλιο (GAAS)	32
3.4.3. Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CuInSe ₂ ή CIS).....	32
3.4.4. Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe)	33
4.ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	36
4.1.ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	36

4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	37
4.3. ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	38
4. 4. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	38
4. 5. ΙΣΧΥΣ ΑΙΧΜΗΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	39
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	41
5.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ.....	41
5.2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	47
5.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ	50
5.3.1.Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια	51
5.3.2. Αναστροφείς DC/AC (inverters).	53
5.3.3. Καλωδιώσεις	57
5.3.3.1. Δίκτυο συνεχούς τάσης	57
5.3.3.2. Δίκτυο AC.	59
5.3.3.3. Εκλογή διατομής	61
5.3.3.4. Ασφάλειες στοιχειοσειρών.	64
5.3.4. Προκατασκευασμένος Οικίσκος	65
5.3.5. Ηλεκτρικός Πίνακας Διανομής	67
5.3.6. Trackers	68
5.3.7.Δίκτυο επικοινωνίας – Μετεωρολογικός Σταθμός.....	71
5.3.7.1. Web-Control	71
5.3.7.2. Μετεωρολογικός Σταθμός.....	76
5.3.8.Αντικεραυνική Προστασία-Γειώσεις	78
5.3.8.1 Πρότυπα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ).....	78
5.3.8.1.1 Εξωτερικό ΣΑΠ.....	78
5.3.8.1.2. Εσωτερικό ΣΑΠ.	78
5.3.8.2.Πρότυπα Υλικών.	78
5.3.8.2.1 Υλικά Αντικεραυνικής Προστασίας	79
5.3.8.2.2 Απαγωγή κρουστικών υπερτάσεων.....	79
5.3.8.2.3. Τεχνική περιγραφή συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.	80
5.3.8.2.4. Εξωτερική αντικεραυνική προστασία φ/β πάρκου 80 kW.....	85
5.3.8.2.4.1 Συλλεκτήριο σύστημα φ/β πάρκου.....	85

5.3.9. Σύστημα ασφαλείας.....	93
5.3.8.1. Τεχνικά στοιχεία οργάνων συστημάτων ασφαλείας	94

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή έχει ως αντικειμενικό σκοπό τον σχεδιασμό και την ηλεκτρομηχανολογική μελέτη ενός Φωτοβολταϊκού σταθμού ισχύος 80 KWp με 2-αξονικό σύστημα ιχνηλάτησης .Η διαστασιολόγηση έγινε με γνώμονα την απόδοση, την σταθερότητα ,την ασφάλεια του συστήματος καθώς και τα διεθνή πρότυπα .

Στο **πρώτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στις κατηγορίες τους. Γίνεται σύντομη ιστορική αναδρομή και επισημαίνονται τα πλεονεκτήματά τους.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** αναλύεται η ηλιακή ακτινοβολία και η πορεία της στην ατμόσφαιρα. Παρουσιάζονται οι ηλιακές και οι γεωγραφικές συνιστώσες και μελετάται η ηλιακή γεωμετρία .

Το **τρίτο κεφάλαιο** περιλαμβάνει τη θεωρητική προσέγγιση του φωτοβολταϊκού φαινομένου και τη δημιουργία φωτορεύματος. Επίσης ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις φωτοβολταϊκές τεχνολογίες και υλικά. .

Το **τέταρτο κεφάλαιο** αναφέρεται σε βασικές έννοιες και τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πάνελ. Η χαρακτηριστική καμπύλη, το σημείο μέγιστης ισχύος, ο βαθμός απόδοσης και η ισχύς αιχμής παρουσιάζονται και αναλύονται.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** γίνεται η μελέτη εγκατάστασης. Παρουσιάζεται το τοπογραφικό σχέδιο και γίνεται ο ενεργειακός προσδιορισμός της θέσης .Αναφέρονται τεχνικές λεπτομέρειες για όλες τις ηλεκτρομηχανολογικές εφαρμογές που επιλέχθηκαν .Τέλος όλα τα σχέδια και τα τεχνικά φυλλάδια της μελέτης είναι συνημμένα στο παράρτημα .

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΑΕΝΑΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ορίζονται οι ενεργειακές πηγές (ο ήλιος, το νερό, ο άνεμος, η βιομάζα, κλπ.), οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον. Είναι οι πρώτες μορφές ενέργειας που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, σχεδόν αποκλειστικά, μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, οπότε και στράφηκε στην εντατική χρήση του άνθρακα και των 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 κρίση του 1979 και παγιώθηκε την τελευταία δεκαετία, μετά τη συνειδητοποίηση των παγκόσμιων περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα εγγενή πλεονεκτήματα των ΑΠΕ και κυρίως η ουσιαστική συμβολή τους στην ενεργειακή ανεξάρτηση της ανθρωπότητας από τους εξαντλήσιμους ενεργειακούς πόρους, επιτάσσουν αυτήν τη στροφή. Για πολλές χώρες, οι ΑΠΕ αποτελούν μία 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 στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο πρωταρχικός υπεύθυνος για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Πραγματικά, σχεδόν το 95% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται στην παραγωγή, το μετασχηματισμό και τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (άνθρακας και πετρέλαιο). Φαίνεται συνεπώς ότι ο μόνος δυνατός τρόπος για να μπορέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση να ανταποκριθεί στο

φιλόδοξο στόχο που έχει θέσει, για σημαντικό περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), είναι να επιταχύνει την ανάπτυξη των ΑΠΕ.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), είναι τα εξής:

- Είναι πρακτικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας και συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης από εξαντλήσιμους συμβατικούς ενεργειακούς πόρους
- Είναι εγχώριες πηγές ενέργειας και συνεισφέρουν στην ενίσχυση της ενεργειακής ανεξαρτητοποίησης 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 εγκαταστάσεις εκμετάλλευσης των ΑΠΕ έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών και σε μικρή κλίμακα εφαρμογών ή σε μεγάλη κλίμακα, αντίστοιχα, έχουν μικρή διάρκεια κατασκευής, επιτρέποντας έτσι τη γρήγορη ανταπόκριση της προσφοράς προς τη ζήτηση ενέργειας
- Οι επενδύσεις των ΑΠΕ είναι εντάσεως εργασίας, δημιουργώντας 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. θερμοκηπιακές καλλιέργειες με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας)

- Είναι φιλικές προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο και η αξιοποίησή τους είναι γενικά αποδεκτή από το κοινό.

1.2. ΜΟΡΦΕΣ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΕ

Οι μορφές των ΑΠΕ που είναι σήμερα τεχνικοοικονομικά εκμεταλλεύσιμες είναι οι ακόλουθες:

- Ηλιακή Ενέργεια(Παθητικά Ηλιακά Συστήματα, Ενεργητικά Ηλιακά συστήματα, Φωτοβολταϊκά Συστήματα)
- Βιομάζα
- Αιολική Ενέργεια
- Γεωθερμική Ενέργεια
- Υδροηλεκτρική Ενέργεια

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου, που, αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και ειδικότερα, στην είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του γυαλιού ή άλλου διαφανούς υλικού και τον εγκλωβισμό της θερμότητας στο εσωτερικό του χώρου. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα συνδυάζονται και με τεχνικές φυσικού φωτισμού καθώς και παθητικά συστήματα και τεχνικές για το φυσικό δροσισμό των κτιρίων το καλοκαίρι. Μπορούν δε να εφαρμοστούν τόσο σε καινούργια, όσο και σε ήδη υπάρχοντα κτίρια.

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ενεργητικά (ή θερμικά) ηλιακά συστήματα αποτελούν μηχανολογικά συστήματα που συλλέγουν, την ηλιακή ενέργεια, τη μετατρέπουν σε θερμότητα, την αποθηκεύουν και τη διανέμουν, χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας. Χρησιμοποιούνται για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για τη θέρμανση και ψύξη χώρων, για βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές, για θέρμανση του νερού σε πισίνες κ.λ.π. Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι οι γνωστοί σε όλους μας ηλιακοί θερμοσίφωνες. Η χώρα μας είναι η πρώτη χώρα στην Ευρώπη μετά την Κύπρο σε εγκατεστημένους ηλιακούς συλλέκτες ανά κάτοικο.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική, λύνοντας έτσι το πρόβλημα της ηλεκτροδότησης περιοχών που είναι δύσκολο να πάρουν ρεύμα από το ηλεκτρικό δίκτυο (απομονωμένα σπίτια, φάροι, κ.α.). Μικροί υπολογιστές και ρολόγια χρησιμοποιούν τα Φ/Β για την λειτουργία τους. Στην Ελλάδα υπάρχουν προϋποθέσεις για ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων, λόγω του ιδιαίτερα υψηλού δυναμικού ηλιακής ενέργειας.

ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου υπήρξε από την αρχαιότητα μια λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου: ιστιοφόρα, ανεμόμυλοι κ.λ.π. Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούμε σήμερα τις ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική. Οι νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας είναι από τις ευνοϊκότερες γεωγραφικές θέσεις παγκοσμίως για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

ΒΙΟΜΑΖΑ

Με τον όρο βιομάζα εννοούμε τα καυσόξυλα, τα φυτικά και δασικά υπολείμματα (κλαδοδέματα, άχυρα, πριονίδια, ελαιοπυρήνες, κουκούτσια), τα ζωικά απόβλητα (κοπριά, άχρηστα αλιεύματα), τα φυτά που καλλιεργούνται στις ενεργειακές φυτείες ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας, καθώς επίσης και τα αστικά απορρίμματα και τα υπολείμματα της βιομηχανίας τροφίμων και της αγροτικής βιομηχανίας.

ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η υδραυλική ενέργεια, όπως λέγεται η ενέργεια του νερού, είναι μια παραδοσιακή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια από τον άνθρωπο. Το νερό πέφτοντας από κάποιο ύψος ή ρέοντας με μεγάλη ταχύτητα μπορεί να περιστρέψει τροχούς με πτερύγια (υδροστροβίλους). Αυτή την περιστροφή την αξιοποιούμε παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια σε ειδικές εγκαταστάσεις (υδροηλεκτρικοί σταθμοί).

2. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

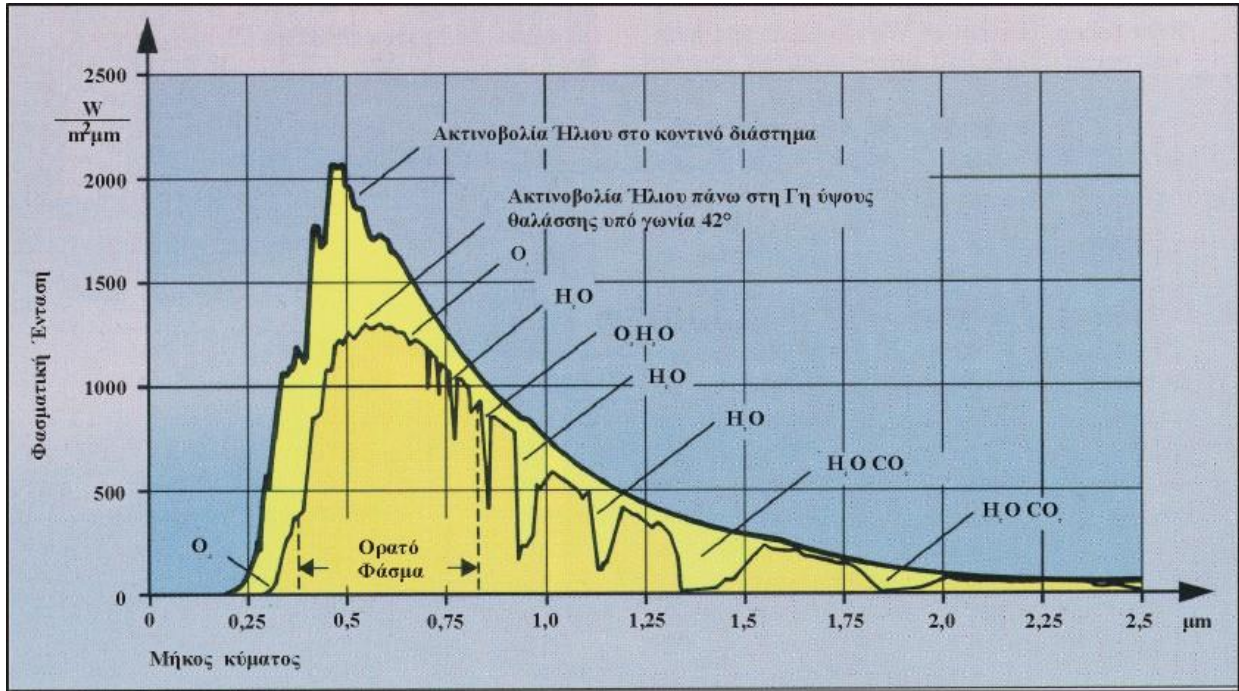
2.1. Ο ΗΛΙΟΣ

Ο ήλιος είναι ένας αστέρας με μάζα 2×10^{30} kg, ακτίνα 700.000 km, ηλικία 5 δισεκατομμύρια χρόνια και προσδόκιμο ζωής άλλα τόσα χρόνια περίπου. Η επιφανειακή θερμοκρασία του εκτιμάτε σε 5.800 K , η θερμοκρασία του πυρήνα του σε 14.000.000 K και η μέση απόσταση από τη γη είναι 150.000.000 km. Για να διανύσει την απόσταση αυτή το φως , με την ταχύτητα των 300.000 km/h , απαιτούνται περίπου 8,5 min.

Η υψηλή θερμοκρασία του ηλίου οφείλεται στις αυτοσυντηρούμενες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις , που συμβαίνουν στον πυρήνα του. Αυτές μετατρέπουν κάθε δευτερόλεπτο 564 εκατ. τόνους υδρογόνου . Η μάζα που χάνεται μετασχηματίζεται σε ενέργεια. Υπολογίζεται ότι από την μετατροπή 1 gr υδρογόνου σε ήλιο παράγεται ενέργεια ίση με $1,67 \times 10^5$ KWh . Η ηλιακή ενέργεια διαδίδεται στο σύμπαν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία , αλλά και με σωματιδιακή μορφή . Η σωματιδιακή ακτινοβολία αποτελείται από ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια , κυρίως ηλεκτρόνια και πρωτόνια , αλλά δεν παρουσιάζει ενδιαφέρον από πλευράς ενεργειακής εκμετάλλευσης . Τέλος, η ηλιακή ενέργεια που εκπέμπεται σε 20 min είναι ίση με την ενέργεια που καταναλώνει ο πληθυσμός της γης σε έναν ολόκληρο χρόνο.

Η διαμόρφωση του φάσματος του φωτός που εκπέμπει ο ήλιος , προσαρμόζεται συνήθως με την ακτινοβολία ενός μελανού σώματος θερμοκρασίας 5.800 K . Στην επιφάνεια της γης το ηλιακό φως αποκτά τελικά μια πολύ ανώμαλη φασματική κατανομή , η οποία οφείλεται σε εκλεκτικές απορροφήσεις και σκεδάσεις στα συστατικά της ατμόσφαιρας που διασχίζει .

Η ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ,που αντιστοιχεί στη μέση απόσταση πλανήτη - ηλίου σε ένα ηλιακό σύστημα ,ονομάζεται ηλιακή σταθερά του πλανήτη. Στο ηλιακό μας σύστημα η ηλιακή σταθερά της γης είναι 1.367 W/m^2 .



Σχήμα 1: Κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μεταδίδεται με τη μορφή διακεκριμένων ποσοτήτων ενέργειας ,που ονομάζονται φωτόνια ή κβάντα φωτός .Τα φωτόνια κινούνται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός ($c=300.000 \text{ km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) και καθένα από αυτά μεταφέρει ενέργεια E

$$E = h \times \nu = \frac{h \times c}{\lambda} \quad [\text{J}]$$

όπου $h = 6,67 \times 10^{-34} \text{ J s}$ (σταθερά Plank), $[\nu^{-1}]$ η συχνότητα της ακτινοβολίας και $\lambda(\text{m})$ το μήκος κύματος. Δεδομένου ότι το μήκος κύματος λ εκφράζεται συνήθως σε nm ,όπου $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ και η ενέργεια φωτονίου E σε $[\text{eV}]$, η προηγούμενη σχέση γράφεται

$$E = \frac{1240}{\lambda} \text{ [eV]} \quad \lambda \text{ [nm]}$$

Γενικά ,η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα σε ένα υλικό ,οφείλεται στη διέγερση των ταλαντευόμενων ηλεκτρικών φορτίων του υλικού(ηλεκτρόνια-πυρήνες ατόμων) σε ανώτερες ενεργειακές καταστάσεις.

Αν ΕΠ είναι η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός σώματος ,ΕΑ είναι το μέρος της που ανακλάται, ΕΔ το μέρος της που διαπερνά την επιφάνεια πρόσπτωσης και ΕΑΠ το μέρος της ΕΔ που απορροφάται από το υλικό του σώματος ,μπορούμε να ορίσουμε τα παρακάτω μεγέθη :

Απορροφητικότητα σώματος

$$\alpha = \frac{ΕΑΠ}{ΕΠ}$$

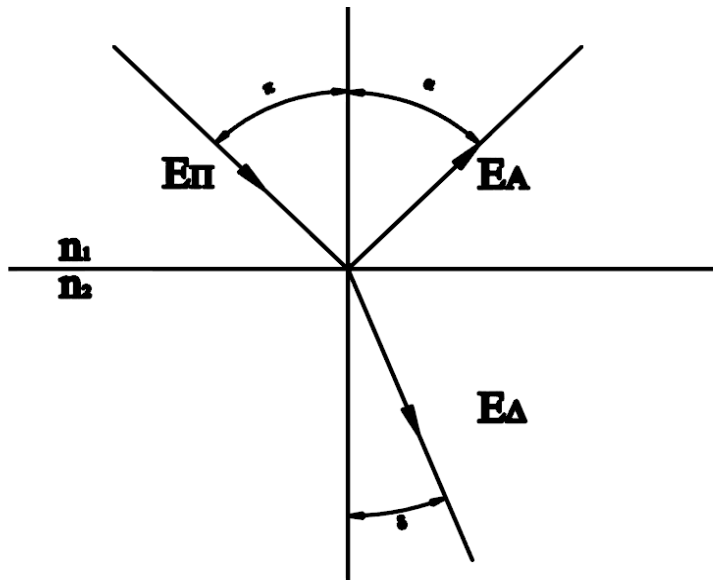
Ανελαστικότητα σώματος

$$\rho = \frac{ΕΑ}{ΕΠ}$$

Διαπερατότητα σώματος

$$\tau = \frac{ΕΔ}{ΕΠ}$$

Σύμφωνα με την διατήρηση της ενέργειας $\alpha + \rho + \tau = 1$



Σχήμα 2: Ηλιακές συνιστώσες

2.2. Η ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα ελαττώνεται με το ύψος λόγω της συμπιεστότητας του αέρα και της ελάττωσης του βάρους του υπερκείμενου τμήματος της ατμόσφαιρας, το οποίο συμπιέζει το υποκείμενο αέριο στρώμα στο συγκεκριμένο ύψος.

Εξετάζοντας την ατμόσφαιρα διακρίνουμε τα εξής στρώματα:

Τροπόσφαιρα

Είναι το πρώτο στρώμα της ατμόσφαιρας και σε αυτό αναπτύσσονται τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως τα σύννεφα, οι άνεμοι, οι βροχές κ.λπ. Έχει πάχος 7-17 km και η θερμοκρασία μειώνεται γραμμικά με το ύψος από τους 20 C (επιφάνεια της θάλασσας) στους -60 C (όρια στρώματος)

Στρατόσφαιρα

Βρίσκεται πάνω από την Τροπόσφαιρα, έχει πάχος 30 km και η θερμοκρασία αυξάνεται από τους -60 C στους 0 C.

Μεσόσφαιρα

Βρίσκεται πάνω από την Στρατόσφαιρα ,έχει πάχος 30 km και η θερμοκρασία μειώνεται από τους 0 C στους -90 C.

Θερμόσφαιρα

Βρίσκεται πάνω από την Μεσόσφαιρα ,έχει πάχος 210 km και φτάνει σε ύψος 300 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας .Μέσα σε αυτήν η θερμοκρασία αυξάνεται εκθετικά από τους -90 C στους 1200 C.

Εξώσφαιρα

Είναι το τελευταίο στρώμα πάνω από τα 300 km ύψος και η θερμοκρασία παραμένει στους 1200 C.

Το 99% του συνολικού όγκου της ατμόσφαιρας βρίσκεται μέσα στα πρώτα 37 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ,δηλαδή στην Τροπόσφαιρα και τη Στρατόσφαιρα. Η Ιονόσφαιρα, που έχει μεγάλη σημασία για τις τηλεπικοινωνίες λόγω των ιονισμένων ατόμων και ηλεκτρονίων τα οποία περιέχει ,εκτείνεται από 80 -500 km και βρίσκεται κατά ένα μέρος στη Θερμόσφαιρα και κατά το υπόλοιπο στην Εξώσφαιρα .

Τα κύρια συστατικά των κατώτερων στρωμάτων της ατμόσφαιρας είναι το άζωτο (N) και το οξυγόνο (O₂), σε ποσοστά 78% και 21% κατ' όγκο αντίστοιχα στην επιφάνεια της θάλασσας. Εκτός αυτών ,αλλά σε πολύ μικρότερα ποσοστά υπάρχουν και άλλα αέρια όπως υδρατμοί (H₂O),το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂,) ,το υποξείδιο του αζώτου (N₂O),το μεθάνιο (CH₄) ,το όζον (O₃) κ.λπ.

Το όζον δημιουργείται από τη δράση των υπεριωδών ακτινών (UV) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του Ήλιου στα αέρια οξείδια του αζώτου και τους υδρογονάνθρακες ,που περιέχονται στην τροπόσφαιρα .Συσσωρεύεται σε ένα στρώμα 20 - 40 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και ο ρυθμός δημιουργίας του αυξάνεται πάνω από τις μεγάλες πόλεις ,λόγω της υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε αυτές τις περιοχές .Έτσι ,μαζί με άλλους ρύπους ,συμβάλλει δραστικά στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.

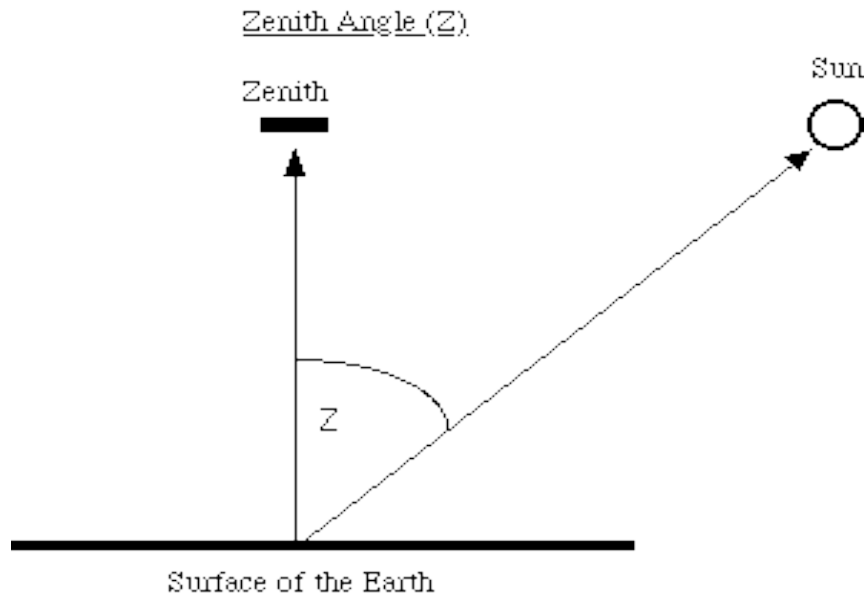
Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ανησυχητική μείωση της πυκνότητας του όζοντος. Έτσι μειώνεται η δυνατότητα προστασίας των γήινων οργανισμών δεδομένου ότι το όζον απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της επικίνδυνης υπεριώδους ακτινοβολίας. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη διασπαστική δράση των χλωροφθορανθράκων (CFC) δηλαδή των ουσιών εκείνων που χρησιμοποιούνται στην ψύξη, τους πυροσβεστήρες, τα προϊόντα ψεκασμού, τα καθαριστικά κ.λπ. Μόλις οι χλωροφθοράνθρακες φτάσουν στην Στρατόσφαιρα, διασπώνται από την υπεριώδη ακτινοβολία και ελευθερώνουν το χλώριο (Cl). Στη συνέχεια κάθε άτομο χλωρίου διασπά πολλά μόρια όζοντος (O₃), που βρίσκονται εκεί, παράγοντας οξυγόνο.

Η τελική μορφή και η ενέργεια της ηλιακής ακτινοβολίας, που φθάνει στην επιφάνεια της Γης, εξαρτάται από το υψόμετρο, τη γεωγραφική θέση, την περιεκτικότητα της υγρασίας στην ατμόσφαιρα, τις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες και τη θέση του Ηλίου στον ουρανό.

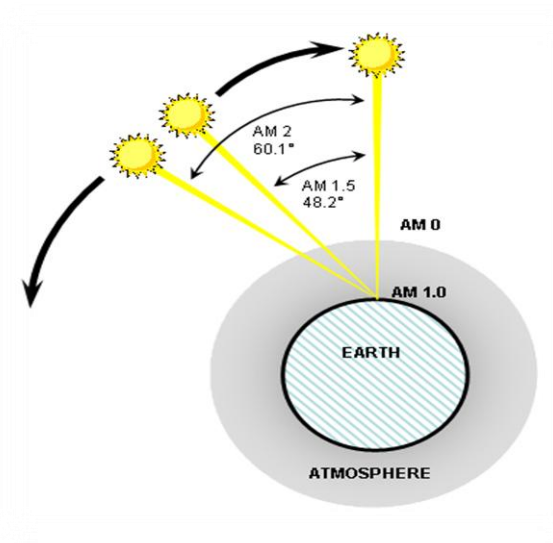
Συμβατικά, το μήκος της διαδρομής της ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα μέχρι το επίπεδο της θάλασσας, χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό που ονομάζεται μάζα αέρα AM (air mass) και υπολογίζεται από τη σχέση

$$AM = \frac{1}{\cos z}$$

όπου z είναι η ζενιθία γωνία (*σχήμα*), δηλαδή η γωνία μεταξύ των ηλιακών ακτινών και της διεύθυνσης του Ζενίθ του τόπου. Μπορούμε λοιπόν, να πούμε ότι η μάζα αέρα δείχνει πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, σε σύγκριση με την κατακόρυφη διαδρομή της.



Σχήμα 3: Ζενιθία γωνία



Σχήμα 4: Μάζα αέρα

Ορισμένες ενδεικτικές τιμές της ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας δίνονται στον παρακάτω πίνακα .

ΜΑΖΑ ΑΕΡΑ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΙΣΧΥΣ (W/m²)
AM0	Στο διάστημα ,σε απόσταση ίση με την απόσταση Γης-Ηλίου	1367
AM1	Ο Ήλιος στο ζενίθ (z=0°)	1000
AM1,5	Ζενιθία γωνία (z=48,19°)	830
AM2	Ζενιθία γωνία (z=60°)	700

Πίνακας1: Αντιστοιχίες μάζας αέρος με πυκνότητα ισχύος

2.3.ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Όταν οι ακτίνες του Ηλίου περάσουν από τη γήινη ατμόσφαιρα ,τα φωτόνια σκεδαζονται στους υδρατμούς ,τη σκόνη ,τον καπνό και τα διάφορα σωματίδια .Ένα μέρος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της γης και το υπόλοιπο διαχέεται προς το διάστημα . Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από ορισμένα συστατικά της ατμόσφαιρας , όπως για παράδειγμα η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από τα μόρια του όζοντος . Τέλος ένα τρίτο μέρος ανακλάται στα σύννεφα και στη συνέχεια διαχέεται προς το έδαφος .

Έτσι , σε κάθε τόπο της Γης και φυσικά σε κάθε ηλιακό συλλέκτη ,φτάνουν τρεις συνιστώσες της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας :

Η απ' ευθείας ή άμεση B

Η διάχυτη D

Η διάχυτη ανακλώμενη από το έδαφος GR

Η απ' ευθείας και η διάχυτη ακτινοβολία εξαρτώνται από

α) τη γωνία πρόσπτωσης των ηλιακών ακτινών στην επιφάνεια (γωνία ύψους Ηλίου)

β) την ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους

γ) την κατάσταση της ατμόσφαιρας (υγρασία ,αιωρήματα ,κ .λπ)

Η διάχυτη ανακλώμενη ακτινοβολία εξαρτάται από την πυκνότητα των νεφών , τη μορφολογία και το χρώμα του εδάφους ή της επικάλυψης του. Ο συντελεστής διάχυτης ανάκλασης ονομάζεται albedo και εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας .

Πίνακας 2: Συντελεστής διάχυσης *ALBEDO*

ΕΙΔΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	ALBEDO [-]
Λίμνη ,θάλασσα	0,05
Ασφαλτος	0,07
Χώμα	0,08
Γρασίδι	0,15
Ασφαλτος βρεγμένη	0,18
Βράχος	0,20
Τσιμέντο	0,24-0,30
Κεραμίδια	0,33
Χιόνι	0,60

Η ολική οριζόντια ακτινοβολία G , δηλαδή , η ολική ακτινοβολία που προσπίπτει σε μία οριζόντια επιφάνεια , δίνεται από τη σχέση :

$$G = B_n \times \sin z + D \text{ [W/m}^2\text{]}$$

όπου

$B_n \text{ [W/m}^2\text{]}$: απ' ευθείας κάθετη ακτινοβολία (η επιφάνεια είναι προσανατολισμένη κάθετα προς τις ακτίνες του Ηλίου)

$D \text{ [W/m}^2\text{]}$: διάχυτη ακτινοβολία στην επιφάνεια

$z \text{ [}^\circ\text{]}$: ζενιθία γωνία

Η απ' ευθείας ακτινοβολία B_n σε μια επιφάνεια κάθετη στις ακτίνες του Ηλίου, είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την απ' ευθείας ακτινοβολία B σε μία οριζόντια επιφάνεια. Αντίθετα, η διάχυτη ακτινοβολία D μπορεί να είναι μεγαλύτερη σε μία οριζόντια επιφάνεια, γιατί αυτή βλέπει μεγαλύτερο τμήμα του ουράνιου θόλου. Έτσι σε περιοχές με πολύ μικρή ηλιοφάνεια είναι προτιμότερο να εκμεταλλευτούμε το μέγιστο της διάχυτης ακτινοβολίας και γι' αυτό τοποθετούμε τον συλλέκτη μας σε οριζόντια θέση.

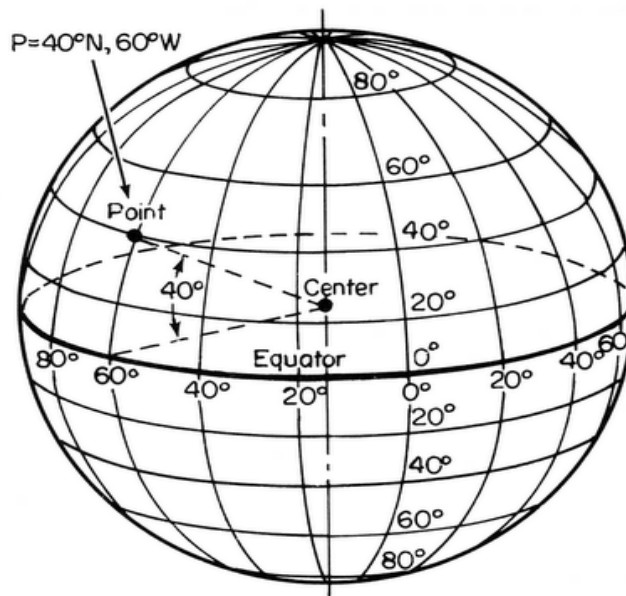
2.4. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

2.4.1. Γεωγραφικό Πλάτος

Γεωγραφικό πλάτος (latitude) (φ) ενός σημείου που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης είναι η γωνία που σχηματίζει η κατακόρυφος του τόπου με το επίπεδο του ισημερινού. Το γεωγραφικό πλάτος χαρακτηρίζεται Βόρειο Β (North N) ή Νότιο Ν (South S) ανάλογα σε ποιά ημισφαίριο βρίσκεται το σημείο. Σημεία του ίδιου ημισφαιρίου έχουν ομώνυμα πλάτη (same names) σε αντίθεση με σημείο διαφορετικού ημισφαιρίου που έχουν ετερόνυμα πλάτη (contrary names). (Αυτό λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη στους υπολογισμούς). Το γεωγραφικό πλάτος μετράται σε μοίρες και υποδιαιρέσεις αυτών, πρώτα και δεύτερα από $0^\circ - 90^\circ \text{ B}$ ή $0^\circ - 90^\circ \text{ N}$ (αρχής γενομένης της μέτρησης από τον ισημερινό του οποίου το γεωγραφικό πλάτος είναι 0°).

2.4.2. Γεωγραφικό Μήκος

Γεωγραφικό μήκος (longitude) (λ) ενός σημείου στην επιφάνεια της γης είναι η στερεή γωνία που σχηματίζεται από το επίπεδο του μεσημβρινού που διέρχεται από το εν λόγω σημείο με το επίπεδο του πρώτου μεσημβρινού. Το γεωγραφικό μήκος χαρακτηρίζεται Ανατολικό Α (East E) ή Δυτικό Δ (West W) ανάλογα σε ποιά ημισφαίριο βρίσκεται το σημείο. Σημεία του ίδιου ημισφαιρίου έχουν ομώνυμα μήκη (same names) σε αντίθεση με τόπους διαφορετικού ημισφαιρίου που έχουν ετερόνυμα μήκη (contrary names). (Αυτό λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη στους υπολογισμούς). Το γεωγραφικό μήκος μετράται σε μοίρες και υποδιαίρεσεις αυτών, πρώτα και δεύτερα από $0^\circ - 180^\circ$ Α ή $0^\circ - 180^\circ$ Δ (αρχής γενομένης της μέτρησης από τον πρώτο μεσημβρινό με γεωγραφικό μήκος 0°).



Σχήμα 5: Γεωγραφικό μήκος – πλάτος

Παράδειγμα, το σημείο που δείχνει το βέλος στο σχήμα έχει γεωγραφικές συντεταγμένες $40^\circ 00' B - 60^\circ 00' A$

2.5. ΟΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ

Η θέση του Ηλίου στον ουράνιο θόλο , μια δεδομένη στιγμή , μπορεί να καθοριστεί ως προς το σύστημα του τοπικού παρατηρητή , με βάση δύο συντεταγμένες γωνίες :

α) Το ύψος του Ηλίου (το οποίο εδώ συμβολίζεται με **EL**) , είναι η γωνία μεταξύ της ευθείας από τον παρατηρητή ή τον τόπο , προς τον Ήλιο , με το οριζόντιο επίπεδο. Ισούται με τη συμπληρωματική γωνία της ζενιθίας απόστασης του Ηλίου , z , δηλαδή , της γωνίας μεταξύ της ευθείας παρατηρητή - Ηλίου και της κατακόρυφου του τόπου , ($EL = 90^\circ - z$) .

β) Το αζιμούθιο ή αζιμουθιακή γωνία του Ηλίου που αφορά στην αντίστοιχη γωνία μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου , που περιέχει τον Ήλιο και του γεωγραφικού μεσημβρινού , συμβολίζεται συνήθως , με A .Μετρείται κατά τη φορά κίνησης των δεικτών του ωρολογίου , με αναφορά στην κατεύθυνση του βορρά από $0^\circ - 360^\circ$. Στα Φ/Β συστήματα ,συνηθίζεται η αναφορά του αζιμούθιου του Ήλιου , ως προς την κατεύθυνση του νότου , ανατολικά , από $0^\circ - 180^\circ$ και δυτικά , από $0^\circ - 180^\circ$. Το άθροισμα των αζιμουθιακών γωνιών ως προς τις κατευθύνσεις αναφοράς βορρά νότου , αντιστοίχως , έχουν άθροισμα 180° . Αυτό εξηγεί την προσήμανση της αζιμουθιακής γωνίας ως προς το νότο . Το ύψος και το αζιμούθιο του ηλίου προσδιορίζονται απ' τις επόμενες σχέσεις :

$$\eta\mu h = \eta\mu\lambda \eta\mu\delta + \sigma\upsilon\nu\lambda \sigma\upsilon\nu\delta \sigma\upsilon\nu\omega$$

$$\eta\mu A = - \sigma\upsilon\nu\delta \eta\mu\omega / \sigma\upsilon\nu h$$

όπου :

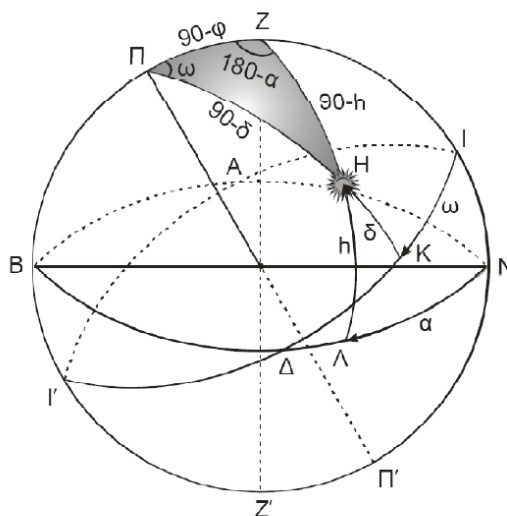
λ : το γ.π. του τόπου

δ :η απόκλιση του Ήλιου τη δεδομένη μέρα και

ω : η ωριαία γωνία του Ηλίου τη χρονική στιγμή tA (ηλιακός χρόνος) ,όταν το ύψος και το αζιμούθιο του είναι h και A . Προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\omega = \frac{12 - tA}{24} 360$$

2.6. ΗΛΙΑΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ



Σχήμα6: Ηλιακές γωνίες

Θεωρούμε το σφαιρικό τρίγωνο ΠΖΗ όπως φαίνεται στο (σχήμα 6) στην ουράνια σφαίρα. Ο τύπος του συνημίτονου για την πλευρά ΖΗ του σφαιρικού αυτού τριγώνου δίνει:

$$\text{συν} (90 - h) = \text{συν} (90 - \delta) \text{συν} (90 - \varphi) + \eta\mu(90 - \delta) \eta\mu (90 - \varphi) \text{συν}\omega \quad (2.7)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να γραφεί:

$$\eta \mu h = \eta \mu \delta \eta \mu \varphi + \sigma \nu \nu \delta \sigma \nu \nu \varphi \sigma \nu \nu \omega \quad (2.8)$$

Αν αντικατασταθεί το ύψος του ήλιου h από την εξίσωση 2.5 τότε η παραπάνω εξίσωση γράφεται:

$$\sigma \nu \nu \theta_{z=0} = \eta \mu \delta \eta \mu \varphi + \sigma \nu \nu \delta \sigma \nu \nu \varphi \sigma \nu \nu \omega = + \quad (2.9)$$

Για τον υπολογισμό του μεγαλύτερου ύψους h_{\max} που θα έχει ο ήλιος στη διάρκεια μιας ημέρας, αρκεί να τεθεί στην εξίσωση 2.8 $\omega=0$, οπότε:

$$h_{\max} = 90 - |\varphi - \delta| \quad (2.10)$$

3.ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

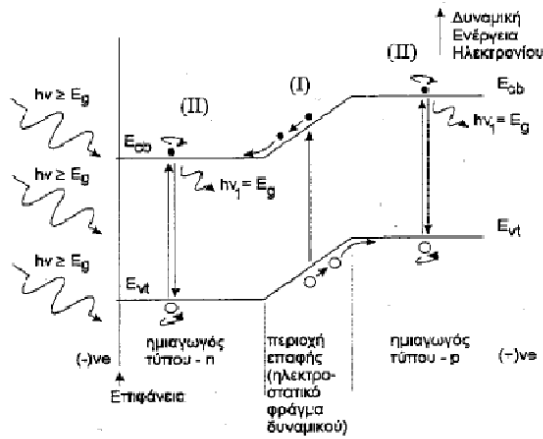
Φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποκαλείται η εμφάνιση διαφοράς δυναμικού στα άκρα μιας διόδου η οποία ακτινοβολείται με ηλιακή ενέργεια. Για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η ακτινοβολία παράγεται συνεχές ρεύμα από την διόδο, το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει ένα οποιοδήποτε φορτίο συνεχούς ρεύματος και κατά συνέπεια να έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Όταν διακοπεί η ακτινοβολία της διόδου, σταματάει και η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

3.1. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΟ ΦΡΑΓΜΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Τα ηλιακά στοιχεία είναι διόδοι ημιαγωγού με την μορφή ενός δίσκου, που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Πρόκειται για διόδους επαφής τύπου-n και τύπου- p, οι οποίες εκτείνονται σε όλο το πλάτος του δίσκου. Τα ηλιακά στοιχεία βασίζουν τη λειτουργία τους στη δημιουργία ενός ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού, το οποίο εκτείνεται σε όλο το πλάτος του στοιχείου που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία.

Αυτό το φράγμα δυναμικού βρίσκεται κατανεμημένο σε μικρό βάθος από την επιφάνεια και τοποθετείται από την πλευρά από την οποία προσπίπτει το φώς. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να δημιουργηθεί ένα ζεύγος φορέων, δηλαδή ένα ηλεκτρόνιο της ζώνης αγωγιμότητας και μια οπή της ζώνης σθένους. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μια περίσσεια από ζεύγη φορέων, πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν σε συνθήκες ισορροπίας. Η αναγκαιότητα ύπαρξης του ηλεκτροστατικού δυναμικού πηγάζει από την απαίτηση για διαχωρισμό των θετικών και αρνητικών φορέων φορτίου και την συγκέντρωσή τους πάνω στις δύο όψεις του ηλιακού στοιχείου. Συγκεκριμένα, επειδή μερικά από τα ζεύγη των φορέων αυτών δημιουργούνται μέσα ή-και δίπλα από την περιοχή του ηλεκτροστατικού φράγματος δυναμικού διαχωρίζονται προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τη δυναμική τους ενέργεια. Μπορούμε να

υποθέσουμε ότι τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται σαν σφαίρες που κυλούν πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο, ενώ οι οπές συμπεριφέρονται σαν φυσαλίδες που αιωρούνται μέσα σε ένα υγρό (Σχήμα 7) Στο μοντέλο αυτό, το ηλεκτρόνιο ελαχιστοποιεί την ενέργεια του κινούμενο της τα κάτω, ενώ η οπή ελαχιστοποιεί την ενέργειά της κινούμενη της τα πάνω σε ένα διάγραμμα δυναμικής ενέργειας. Σε μια δίοδο p-n τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται της το τμήμα τύπου-n και οι οπές εκτρέπονται της το τμήμα τύπου-p. Αποτέλεσμα είναι να συσσωρευούνται φορτία της δύο αντικρινές επιφάνειες και να δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα της ακροδέκτες των δύο τμημάτων του ηλιακού στοιχείου, για όσο διάστημα υπάρχει οπτική διέγερση, η εμφάνιση δηλαδή του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Σχήμα7: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το ηλιακό στοιχείο αποτελείται από την επαφή ημιαγωγού τύπου-n και τύπου-p. Το σχήμα παρουσιάζει το διάγραμμα της δυναμικής ενέργειας σε συνάρτηση με το βάθος από την επιφάνεια. Στο ηλιακό στοιχείο προσπίπτει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με ενέργεια $E=h \cdot \nu \geq E_g$, όπου $E_g = E_{cb} - E_{vt}$ η τιμή του ενεργειακού διακένου, E_{cb} ο πυθμένας της ζώνης αγωγιμότητας και E_{vt} η κορυφή της ζώνης σθένους .

3.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΦΩΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όταν ένα φ/β στοιχείο δέχεται μια κατάλληλη ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, το φωτόρευμα $I_{\text{φ}}$, που η τιμή του είναι ανάλογη προς τα φωτόνια που απορροφά και κατά συνέπεια ανάλογη προς τη ηλιακή ακτινοβολία.

Για τον υπολογισμό του μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση:

$$I_{\text{φ}} = e \int_0^{\lambda_g} S(\lambda) [1 - R(\lambda)] \Phi(\lambda) d\lambda$$

όπου e το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο, $R(\lambda)$ ο δείκτης ανάκλασης για ακτινοβολία μήκους κύματος λ , $\Phi(\lambda)$ το πλήθος των φωτονίων με ενέργεια που αντιστοιχεί σε μήκος κύματος από λ μέχρι $\lambda+d\lambda$, $S(\lambda)$ η φασματική απόκριση, δηλαδή το πλήθος των φωτονίων της ακτινοβολίας που δέχεται το στοιχείο ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου, λ_g το μέγιστο μήκος κύματος ακτινοβολίας σε έναν ημιαγωγό, ενεργειακού διακένου E_g : ($\lambda_g = h \cdot c / E_g$).

Η τιμή του φωτορεύματος ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου εξαρτάται από πολλούς κατασκευαστικούς παράγοντες, όπως ο συντελεστής ανάκλασης στην επιφάνεια του στοιχείου, ο συντελεστής απορρόφησης, το πάχος του ημιαγωγού, το πλήθος των επανασυνδέσεων των φορέων κλπ.

3.3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ/ΚΥΨΕΛΩΝ (PV CELLS)

Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή φ/β στοιχείων είναι:

- Τεχνολογία παραγωγής ημιαγωγίμων υλικών με κρυσταλλική δομή, την πλειοψηφία των οποίων αποτελεί το πυρίτιο.
- Τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film), η οποία ονομάζεται έτσι επειδή το πάχος των στοιχείων είναι πολύ μικρό (μερικά μόνο μm).

- Άλλες τεχνολογίες που σκοπό έχουν να γίνει λιγότερο ενεργοβόρα η παραγωγή του καθαρού πυριτίου, περιορίζοντας τις απώλειες σε ακριβό καθαρό πυρίτιο (π.χ. μέθοδος EFG, edge defined film fed growth και μέθοδος String Process).

Οι κρύσταλλοι και η μορφή λεπτού φιλμ διαφέρουν μεταξύ τους όσον αφορά την απόδοση απορρόφησης του φωτός, την απόδοση μετατροπής της μια μορφής ενέργειας στην άλλη, την τεχνολογία κατασκευής και το κόστος κατασκευής.

3.4.1. Το Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο είναι ένας ημιαγωγός με έμμεσο ενεργειακό διάκενο 1,1eV. Αν και οι δύο αυτές ιδιότητές του, δηλαδή έμμεσο και σχετικά μικρή τιμή ενεργειακού διακένου δεν είναι ιδεώδεις για την φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας, το πυρίτιο είναι ο ημιαγωγός που κυριάρχησε από την αρχή αλλά μέχρι και σήμερα, σαν υλικό κατασκευής φ/β στοιχείων. Οι λόγοι για τους οποίους συμβαίνει αυτό έχουν να κάνουν με το γεγονός ότι το πυρίτιο είναι το κύριο υλικό των διατάξεων ηλεκτρονικής για πολλές δεκαετίες. Επομένως οι ιδιότητες του είναι καλά μελετημένες και το υλικό κυκλοφορεί στη αγορά σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, με ικανοποιητική χημική καθαρότητα και τελειότητα κρυσταλλικής δομής, με την χρησιμοποίηση τεχνολογικών μεθόδων δοκιμασμένων με επιτυχία. Επιπλέον τα φ/β στοιχεία πυριτίου έχουν λειτουργήσει με απόλυτα ικανοποιητική αξιοπιστία σε ακραίες καιρικές συνθήκες, τόσο σε διαστημικές όσο και σε επίγειες εφαρμογές. Εκτός του οξυγόνου, το πυρίτιο είναι το πιο άφθονο στοιχείο στην επιφάνεια του εδάφους. Σχεδόν πάντα, όμως απαντάται με τη μορφή οξειδίου στο περιβάλλον, συγκεκριμένα ως διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂). Για την αξιοποίησή του, επομένως, απαιτείται επεξεργασία έτσι ώστε να αποκτήσει υψηλή καθαρότητα.

3.4.1.1. Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο έχει μια ομοιόμορφη μοριακή δομή. Συγκρινόμενο με υλικά που δεν είναι σε μορφή κρυστάλλου, η υψηλή του ομοιομορφία έχει ως αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό απόδοσης (δηλαδή την αναλογία της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται από το

ηλιακό στοιχείο προς την διαθέσιμη από την ηλιακή 47 ακτινοβολία ισχύ). Η απόδοση των μονοκρυσταλλικών στοιχείων του εμπορίου κυμαίνεται από 14-18%.

3.4.1.2. Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο

Το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο αποτελείται από περιοχές μονοκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά δεν έχει την ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν χαμηλότερο βαθμό απόδοσης από τα στοιχεία που αποτελούνται από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Ο βαθμός απόδοσης για μια βαθμίδα εμπορίου κυμαίνεται μεταξύ 10 και 14 %

3.4.1.3. Ribbon Πυρίτιο

Το πυρίτιο σε μορφή ταινίας μπορεί να παραχθεί με πολλές τεχνικές. Στόχος είναι η αποφυγή του κόστους που συνεπάγεται η διαδικασία κοπής, όπως περιγράφηκε παραπάνω, καθώς και η μείωση των απωλειών σε καθαρό πυρίτιο που συνεπάγεται. Από τις πολυάριθμες τεχνικές ουσιαστικά μόνο δύο κατέληξαν σε εμπορική χρησιμοποίηση.

3.4.1.4.Κρυσταλλικό Πυρίτιο λεπτού φιλμ (c-SiTFC)

Η τεχνολογία λεπτού φιλμ έχει ως σκοπό την μείωση του κόστους, μέσω της μείωσης του απαιτούμενου υλικού για την παραγωγή των στοιχείων. Η εναπόθεση μπορεί να γίνει κατευθείαν σε γυαλί, κεραμικό ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υπόστρωμα. Εκτός από το μειωμένο κόστος πλεονεκτούν και στην ευκολία με την οποία μπορεί να γίνει σύνδεσή τους σε σειρά, φτιάχνοντας έτσι ολόκληρα πλαίσια κατά τη διαδικασία εναπόθεσης. Από την άλλη όμως η διαδικασία αυτή είναι απαιτητική καθώς μεγάλες περιοχές πρέπει να παραχθούν χωρίς ελαττώματα.

Παρόλο που το c-SiTFC έχει πάχος μερικών μόνο μm (5 μέχρι 50 μm), έχει αποδειχθεί θεωρητικά, αλλά και στην πράξη ότι εμφανίζει αξιόλογη απόδοση. Το κλειδί στην τεχνολογία είναι ο έξυπνος οπτικός σχεδιασμός, με αποτέλεσμα το φως μέσω ανακλάσεων να διαγράφει τελικά διαδρομή 30 φορές ή και περισσότερο, μεγαλύτερη από το πάχος του φιλμ. Εκτός από το

πλεονέκτημα της μειωμένης απαίτησης σε πυρίτιο, το c-SiTFC δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις στο υλικό του υποστρώματος, το οποίο μπορεί να είναι χαμηλής ποιότητας πυρίτιο, γυαλί, κεραμικά ή γραφίτης. Υπάρχει εκτεταμένη έρευνα όσον αφορά το c-SiTFC που έχει αναδείξει την υψηλή απόδοση που μπορεί να πετύχει (μέχρι 21% κάτω από ιδανικές συνθήκες). Παρόλο που έχει εμφανίσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία λίγες εταιρίες το έχουν περάσει στη γραμμή παραγωγής ως εμπορικό προϊόν.

3.4.1.5. Άμορφο πυρίτιο (a-Si)

Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται για την παραγωγή φ/β στοιχείων σύμφωνα με την τεχνολογία λεπτού φιλμ. Ως υλικό εμφανίζει μεγάλη αταξία στη δομή του, παρά ταύτα βρίσκει εφαρμογή στη φ/β τεχνολογία με τη μορφή κράματος με υδρογόνο. Η προσθήκη υδρογόνου βελτιώνει τις ηλεκτρικές ιδιότητές του και περιέχεται σε 10-40% ατομική αναλογία. Διαφέρει ουσιαστικά από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο καθώς εμφανίζει ενεργειακό διάκενο με μεταβλητή τιμή που κυμαίνεται μεταξύ 1,12eV και 1,7eV περίπου. Το κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και μάλιστα περίπου 40 φορές υψηλότερη από αυτή του μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Ως προς αυτή την ιδιότητά του το a-Si συμπεριφέρεται σχεδόν σαν ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου, για αυτό μια λεπτή επίστρωση είναι αρκετή για την κατασκευή φ/β στοιχείων. Επιπλέον το άμορφο πυρίτιο μπορεί να εναποτεθεί σε ποικίλα, χαμηλού κόστους υποστρώματα, συμπεριλαμβανομένου του χάλυβα, του γυαλιού και του πλαστικού. Η κατασκευαστική διαδικασία απαιτεί χαμηλότερες θερμοκρασίες και επομένως λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι το συνολικό κόστος του υλικού και του κόστους κατασκευής είναι χαμηλότερο ανά μονάδα επιφάνειας, συγκρινόμενο με τα στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου.

Δυο είναι τα κυριότερα μειονεκτήματά του. Ο χαμηλός βαθμός απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 6 – 9 % για στοιχεία του εμπορίου και φτάνει το 13% για στοιχεία που έχουν φτιαχτεί στο εργαστήριο και η βαθμιαία μείωση του βαθμού απόδοσης. Μέσα σε μερικούς μήνες μπορεί η απόδοση να μειωθεί από 10% έως και 15 %.

3.4.2. Αρσενικούχο γάλλιο (GAAS)

Το αρσενικούχο γάλλιο είναι ένας ημιαγωγός με ενεργειακό διάκενο 1,43 eV, τιμή η οποία είναι στη βέλτιστη περιοχή για τη φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας με θεωρητική απόδοση περίπου 25-30%. Ένα ακόμη πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι το ενεργειακό διάκενο είναι άμεσο.

Επομένως το GaAs συνδυάζει καταρχήν ιδανικά τις προϋποθέσεις για να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής ηλιακών φ/β στοιχείων. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος παραγωγής, περίπου πενταπλάσιο από αυτό του κρυσταλλικού πυριτίου. Έχει εφαρμογή κυρίως σε ηλιακά στοιχεία συγκεντρωμένης ακτινοβολίας, όπου το υψηλό κόστος του αντισταθμίζεται από την υψηλή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μονάδα επιφάνειας. Επίσης το GaAs συναντάται συχνά σε διαστημικές εφαρμογές λόγω της υψηλής θερμικής αδράνειάς του και του υψηλού βαθμού απόδοσης.

Συγκεκριμένα η απόδοση των στοιχείων GaAs πέφτει στο μισό, σε σύγκριση με την απόδοσή τους σε συνηθισμένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, όταν θερμανθούν στους 200 οC. Η αντίστοιχη μείωση στα στοιχεία πυριτίου παρατηρείται ήδη στους 120 οC.

3.4.3. Δισεληνιούχος Ινδιούχος Χαλκός (CuInSe₂ ή CIS)

Το ημιαγώγιμο υλικό του δισεληνιούχου ινδιούχου χαλκού είναι ένα ημιαγώγιμο υλικό, το οποίο μπορεί να είναι τύπου-n ή τύπου-p και έχει μια άμεση οπτική απορρόφηση με τον υψηλότερο συντελεστή απορρόφησης που έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του CIS εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον λόγο χαλκού/ινδίου, ενώ ο καλός έλεγχος της στοιχειομετρίας του θεωρείται ουσιώδης για αποδοτικές διατάξεις. Είναι δυνατόν να κατασκευασθούν ομοεπαφές τύπου p-n των CIS αλλά αυτές δεν θα είναι ούτε σταθερές ούτε αποδοτικές και οι καλύτερες διατάξεις μέχρι σήμερα είναι ετεροενώσεις με θειούχο κάδμιο (CdS). Το CdS μπορεί να αναπτυχθεί μόνο ως υλικό τύπου-n για αυτό και το CIS πρέπει να είναι τύπου-p. Το CIS έχει ενεργειακό διάκενο 1eV και παράγεται ως κιονοειδής πολυκρυσταλλική μεμβράνη, ενώ το CdS έχει ενεργειακό διάκενο 2,4eV και έτσι αυτό θα απορροφά έντονα όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία από το πράσινο μέχρι το μπλε άκρο φάσματος. Οι βέλτιστες διατάξεις χρησιμοποιούν ένα πολύ λεπτό στρώμα (0,03μm) του CdS με στρώμα παραθύρου ενός

υλικού με μεγάλο ενεργειακό διάκενο και υψηλή αγωγιμότητα. Το οξείδιο του ψευδαργύρου έχει βρεθεί ότι είναι ένα κατάλληλο υλικό για το στρώμα του παραθύρου.

Μια σημαντική προσπάθεια έχει αφιερωθεί στην άνοδο της τεχνολογίας CIS κυρίως από τη SIEMENS. Έχουν φτιαχτεί στοιχεία CIS του εμπορίου, η απόδοση των οποίων πλησιάζει το 10%. Πλεονεκτούν σε σχέση με τα στοιχεία άμορφου πυριτίου, καθώς δεν εμφανίζουν βαθμιαία πτώση της απόδοσης για μια περίοδο μερικών ετών.

Επίσης όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω προσφέρουν μεγάλη οικονομία σε ημιαγώγιμα υλικά. Από την άλλη όμως το CIS είναι ένα πολύπλοκο υλικό που δυσκολεύει την κατασκευή του. Τέλος πολύ σημαντική είναι η ασφάλεια του προσωπικού κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, αφού η παραγωγή του περιλαμβάνει το σεληνιούχο υδρογόνο, ένα εξαιρετικά τοξικό αέριο.

3.4.4. Τελλουριούχο Κάδμιο (CdTe)

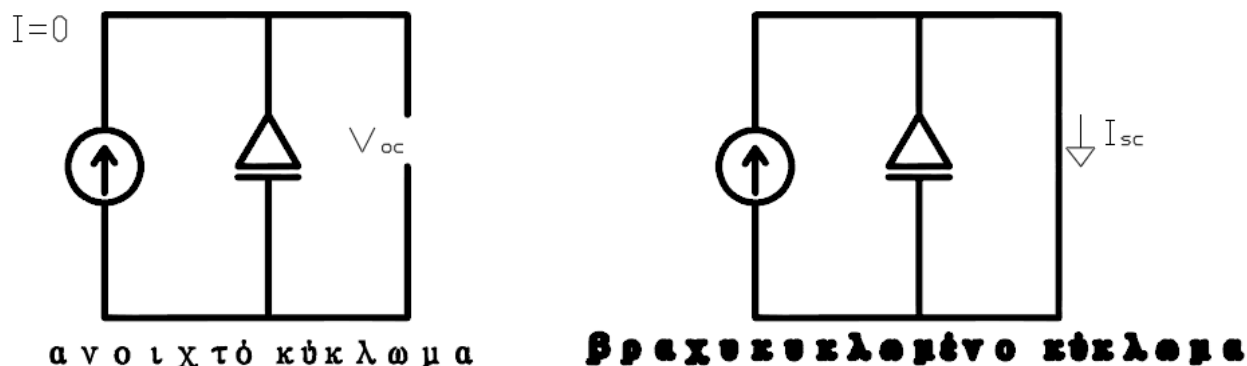
Το τελλουριούχο κάδμιο είναι ένα ημιαγώγιμο υλικό που αποτελείται από κάδμιο και τελλούριο, το οποίο έχει υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και το ενεργειακό του διάκενο είναι πολύ κοντά στο ιδανικό. Αρκεί ένα όγκος πάχους ενός μικρόμετρου για να απορροφηθεί το 90 % του ηλιακού φάσματος. Η δομή του ηλιακού στοιχείου είναι αυτή που παρουσιάζεται στο σχήμα 3.11. Υπάρχουν μερικές χαμηλού κόστους τεχνικές, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόθεση του CdTe και όλες αυτές, μπορούν, αφού υποστούν μια επεξεργασία μετά την απόθεση, να παράγουν υλικό υψηλής ποιότητας και αποδοτικά ηλιακά στοιχεία. Η διαδικασία πλεγματικής εκτύπωσης των στοιχείων CdTe προσφέρει μια τεχνολογία με χαμηλό κόστος παραγωγής, αλλά από την άλλη και μια εντελώς χαμηλού ρυθμού παραγωγή. Το βήμα που περιορίζει το ρυθμό παραγωγής είναι η θερμοκρασιακή επεξεργασία της μελάνης εκτύπωσης μετά την απόθεση, η οποία απαιτεί σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (γύρω στους 500 οC) για περιόδους μιας ώρας ή και περισσότερο. Με αυτή την τεχνολογία έχουν παραχθεί βασικές μονάδες με απόδοση 6% και έχουν ελεγχθεί σε εξωτερικές συνθήκες. Η εμπορική τους όμως διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη. Μια ακόμα τεχνολογία είναι αυτή της ηλεκτροτυπίας. Η τεχνολογία αυτή είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για τα στοιχεία CdTe, λόγω της πολύ μικρής χρήσης του υλικού και του

χαμηλού κόστους. Η BP Solar έχει παράγει βασικές μονάδες με αποδόσεις πάνω από 10% και στοιχεία με αποδόσεις γύρω στο 13%. Οι έλεγχοι σταθερότητας σε εξωτερικές συνθήκες έχουν επιτευχθεί με ικανοποιητική επιτυχία. Από την άλλη όμως όπως και στο CIS, το κάδμιο είναι ένα τοξικό υλικό και θα πρέπει να λαμβάνονται αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγή του.

4.ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΟΙΕΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

4.1.ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Προκειμένου να μελετήσει κάποιος τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός φ/β στοιχείου ,που δέχεται σταθερή ηλιακή ακτινοβολία θεωρούμε ότι αποτελεί μια πηγή ρεύματος ελεγχόμενη από μια δίοδο επαφής (Σχήμα 8). Αν στο απλοποιημένο ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα τα άκρα της επαφής συνδεθούν με χάλκινο σύρμα μεγάλης διατομής , άρα πρακτικά μηδενικής αντίστασης ,το κύκλωμα είναι βραχυκυκλωμένο και διαρρέεται από ρεύμα ίσο με το φωτόρρευμα , που ονομάζεται ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{sc} του φ/β στοιχείου . Αν τα άκρα της επαφής δεν συνδέονται μεταξύ τους , δηλαδή έχουμε ανοιχτό κύκλωμα , η τάση στα άκρα ονομάζεται τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} φ/β στοιχείου .

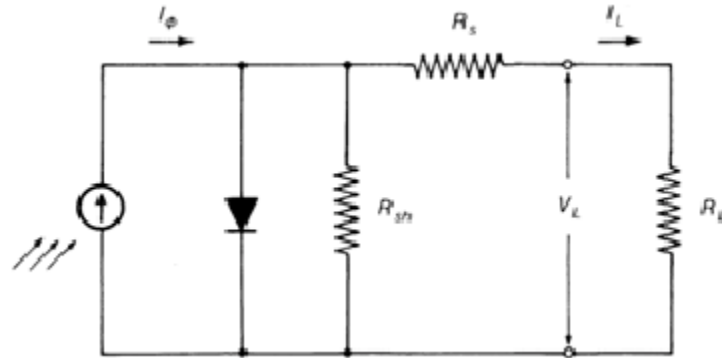


Σχήμα 8

Στην πραγματικότητα το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα(Σχήμα 9) ενός φ/β στοιχείου περιλαμβάνει ακόμα δύο αντιστάσεις :

- την σειριακή αντίσταση R_s η οποία συνδέεται σε σειρά με τη δίοδο επαφής και αφορά στις αντιστάσεις κατά το πέρασμα του ρεύματος μέσα από τη δίοδο και στις επαφές με τα ηλεκτρόδια .
- Την αντίσταση διαρροής R_{sh} ,η οποία συνδέεται παράλληλα με την δίοδο επαφής και αφορά στη διαρροή ρεύματος μεταξύ των άκρων της επαφής .Τα φ/β του εμπορίου έχουν συνήθως $R_s < 5\Omega$ και $R_{sh} > 500\Omega$.

Στα φ/β συστήματα η ηλεκτρική ενέργεια αποδίδεται με σταθερή ηλεκτρική τάση και ανάλογα με την κατανάλωση το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να έχει πολύ μικρή έως πολύ μεγάλη ένταση .Τα φ/β στοιχεία έχουν την δυνατότητα να διατηρούν σταθερή την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος προσαρμόζοντάς τη τάση στα άκρα της κατανάλωσης .



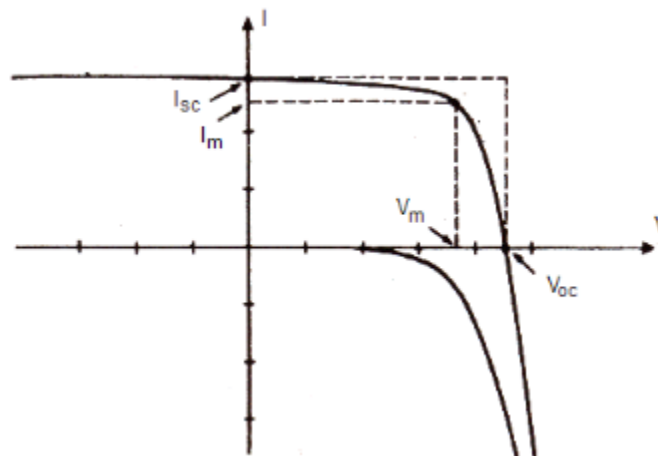
Σχήμα 9 το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα

4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Σύμφωνα με όσα αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο , η τάση των φ/β στοιχείων μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την ένταση του ρεύματος που δίνουν στο κύκλωμα , έστω και αν παραμένει σταθερή η ηλιακή ακτινοβολία που δέχονται .

Όταν το κύκλωμα είναι βραχυκυκλωμένο , η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος παίρνει τη μέγιστη τιμή I_{sc} και η ηλεκτρική τάση μηδενίζεται ($V=0$) .Αντίθετα ,όταν το κύκλωμα ήταν ανοιχτό , η ένταση του ρεύματος μηδενίζεται ($I=0$) και η τάση παίρνει τη μέγιστη τιμή V_{oc} .

Οι μεταβολές τάσης και έντασης φαίνονται στο διάγραμμα του σχήματος 10 ,με μια καμπύλη που αποτελεί την χαρακτηριστική καμπύλη του φ/β στοιχείου .Η καμπύλη αυτή ισχύει συνθήκες σταθερής ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας και για μεταβαλλόμενη αντίσταση του κυκλώματος από μηδέν (βραχυκύκλωμα) μέχρι άπειρη (ανοιχτό κύκλωμα).Είναι προφανές ότι ανάμεσα στις παραπάνω ακραίες καταστάσεις η τάση και η ένταση του ρεύματος παίρνουν ενδιάμεσες τιμές .



Σχήμα 10 χαρακτηριστική καμπύλη του φ/β στοιχείου

Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική ισχύς P ορίζεται ως το γινόμενο της έντασης I επί την τάση U του ρεύματος ($P = V I$). Το μέγιστο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο μέσα στην καμπύλη $I-U$ με πλευρές I_m και U_m , έχει εμβαδό ίσο με τη μέγιστη αποδιδόμενη ισχύ P_m από το φ/β στοιχείο (Σχήμα 10). Άρα εκτός από την τάση και την ένταση του ρεύματος, μεταβάλλεται ομαλά και η ηλεκτρική ισχύς P που παράγει το φ/β στοιχείο, με μέγιστη τιμή την P_m ένα ορισμένο ζεύγος τιμών έντασης I_m και τάσεως U_m . Το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με πλευρές I_{sc} και U_{oc} που βρίσκεται εξωτερικά της καμπύλης $I-U$ περιγράφει την ιδανική συμπεριφορά του φ/β στοιχείου ως πηγή σταθερού ρεύματος. Το πηλίκο των εμβαδών των 2 παραλληλογράμμων ονομάζεται συντελεστής πλήρωσης FF του φ/β στοιχείου και δίνει το μέτρο προσέγγισης της λειτουργίας ενός στοιχείου προς την ιδανική συμπεριφορά.

$$FF = \frac{I_m U_m}{I_{sc} U_{oc}}$$

Η τιμή του FF κυμαίνεται από 0 έως 1. Μια τιμή από 0,8 έως 0,9 χαρακτηρίζει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με αποδεκτή έως πολύ καλή ενεργειακή απόδοση.

4.3. ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Η απόδοση του Φ/Β στοιχείου δεν είναι σταθερή και εξαρτάται και από το φορτίο που τροφοδοτεί π.χ. μια συνδεδεμένη αντίσταση στα άκρα του. Αν δεν υπάρχει συνδεδεμένη αντίσταση παρουσιάζεται η μέγιστη τάση εξόδου (V_{oc} : Τάση ανοιχτού κυκλώματος) ενώ όταν τα άκρα του είναι βραχυκυκλωμένα η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η μέγιστη (I_{sc}). Η καμπύλη του σχήματος 10 μας δείχνει ότι η παραγόμενη ισχύς δεν είναι πάντα σταθερή. Σε περιπτώσεις βραχυκυκλώματος- ανοιχτού κυκλώματος μηδενίζεται ενώ παρουσιάζει μέγιστο γινόμενο ($I_{max} V_{max}$) σε συγκεκριμένο σημείο, το **σημείο μέγιστης ισχύος**.

4.4. ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Ένα φ/β στοιχείο αποδίδει μέγιστη ηλεκτρική ισχύ P_m και δέχεται ηλιακή ακτινοβολία ισχύος P_{HA} . Το πηλίκο της μέγιστης αποδιδόμενης ηλεκτρικής ισχύος προς την προσπίπτουσα ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας, ονομάζεται βαθμός απόδοσης η του φ/β στοιχείου.

$$\eta = \frac{P_m}{P_{HA}} = \frac{I_m V_m}{P_{HA}} = \frac{FF I_{sc} V_{oc}}{P_{HA}}$$

όπου :

P_m [W] : μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς φ/β στοιχείου

P_{HA} [W] : ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

I_m [A] : ένταση ρεύματος στο σημείο μέγιστης ισχύος

V_m [V]: τάση ρεύματος στο σημείο μέγιστης ισχύος

FF [-]: συντελεστής πλήρωσης

I_{sc} [A] : ρεύμα βραχυκύκλωσης

V_{oc} [V]:τάση ανοιχτού κυκλώματος

4. 5. ΙΣΧΥΣ ΑΙΧΜΗΣ Φ/Β ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Με βάση τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC (Standar Test Conditions) , που έχουν καθοριστεί διεθνώς :

- Θερμοκρασία φ/β στοιχείου ίση με $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ισχύος $P_{stc} = 1000\text{ W/m}^2$ και φάσματος αντίστοιχου του ηλιακού με μάζα αέρα $AM=1,5$

εισάγεται η έννοια της **ισχύος αιχμής** ως χαρακτηριστικό του φ/β στοιχείου .Ισχύς αιχμής P_p (pick power) ονομάζεται η μέγιστη ηλεκτρική ισχύς , που αποδίδεται από το φ/β στοιχείο κάτω από τις πρότυπες συνθήκες ελέγχου STC και έχει μονάδα μέτρησης το W_p (Watt αιχμής) .

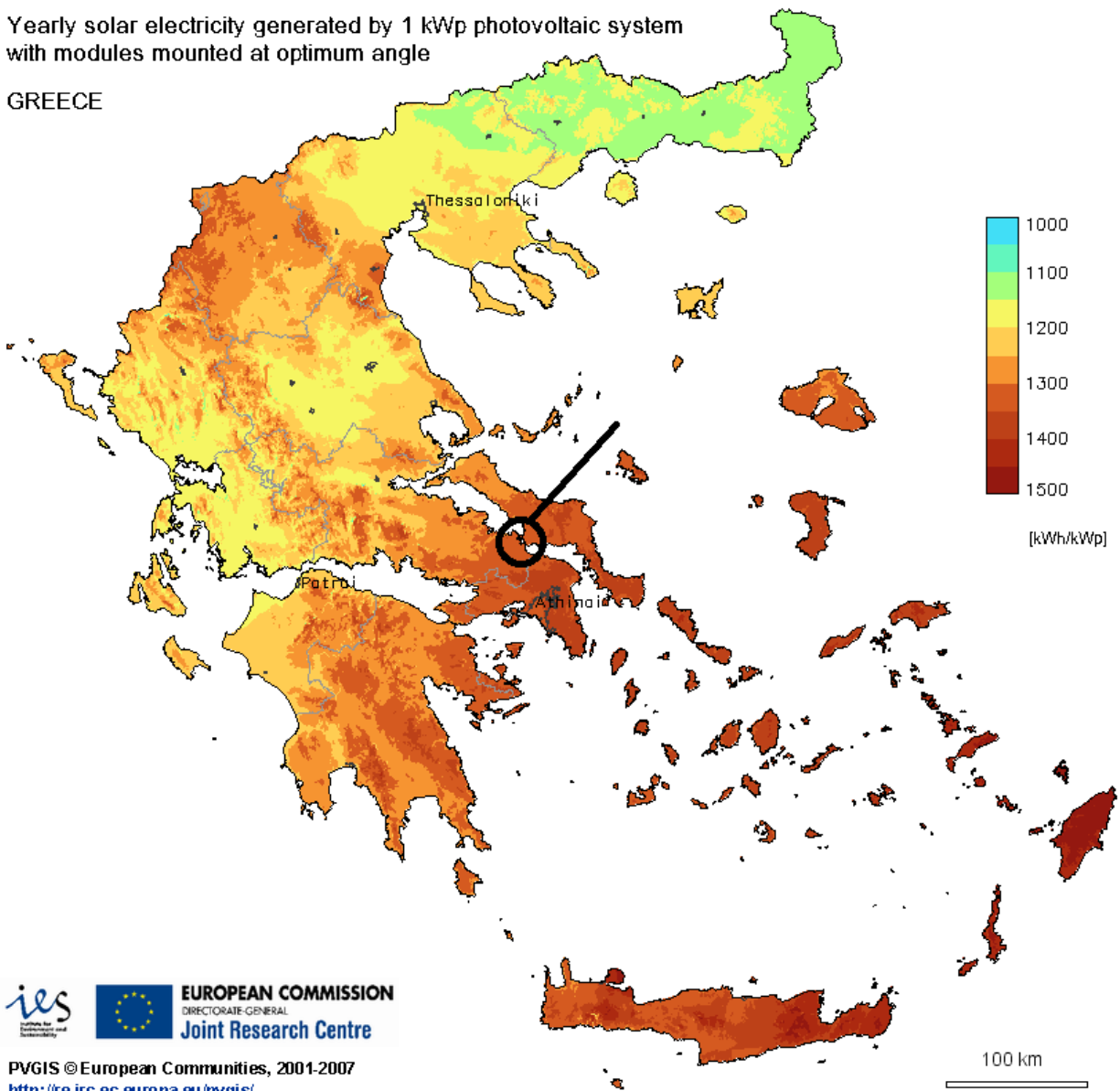
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ-ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

5.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Νομός Ευβοίας

Yearly solar electricity generated by 1 kWp photovoltaic system
with modules mounted at optimum angle

GREECE

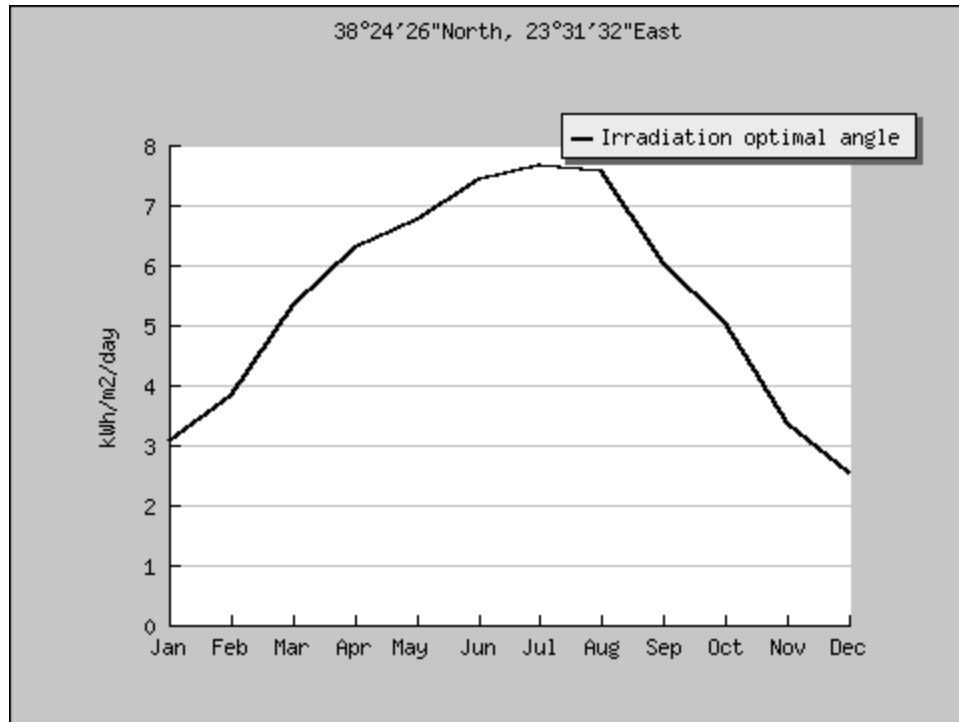


Περιοχή: «ΠΙΤΣΩΝΑ», του Δήμου Αυλίδας, του νομού Ευβοίας.

- ❖ Τοποθεσία: 38°24'26" Βόρεια, 23°31'32" Ανατολικά
- ❖ Κοντινότερη πόλη: Χαλκίδα
- ❖ Βέλτιστη γωνία κλίσης: 31⁰

Μήνας	Διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία (kWh/m ² /ημέρα)	
	Οριζόντια επιφάνεια (0 ⁰)	Βέλτιστη κλίση (31 ⁰)
ΙΑΝ	2,000	3,080
ΦΕΒ	2,790	3,850
ΜΑΡ	4,320	5,350
ΑΠΡ	5,830	6,300
ΜΑΪ	6,900	6,770
ΙΟΥΝ	7,970	7,450
ΙΟΥΛ	8,040	7,680
ΑΥΓ	7,220	7,570
ΣΕΠ	5,120	6,030
ΟΚΤ	3,700	5,020
ΝΟΕ	2,270	3,380
ΔΕΚ	1,620	2,530
Μ.Ο. έτους	4,83	5,43

Πίνακας 3 Διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία



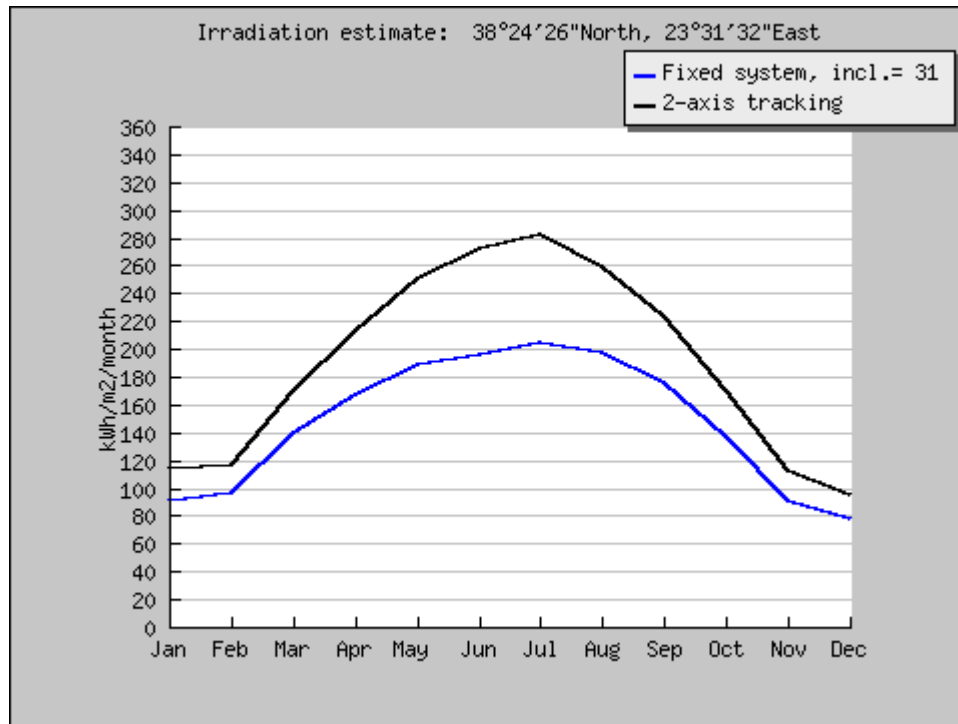
Σχήμα 11 Γράφημα διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²/ημέρα) στη βέλτιστη κλίση

Χαρακτηριστικά και παραγωγή ενέργειας Φ/Β σταθμού

- Ονομαστική ισχύς Φ/Β σταθμού: 80 kW_p
- Γωνία κλίσης των Φ/Β στοιχείων: 0° έως 58°
- Προσανατολισμός (αζιμούθιο) των Φ/Β στοιχείων: -130° έως 130°
- Εκτίμηση απωλειών λόγω θερμοκρασίας: 10,2% (βάσει τοπικών θερμοκρασιακών συνθηκών)
- Εκτίμηση απωλειών λόγω γωνιακής ανάκλασης: 2,9%
- Άλλες απώλειες (καλωδιώσεις, inverters, κλπ.): 15%
- Συνολικές απώλειες του Φ/Β συστήματος: 28.1%

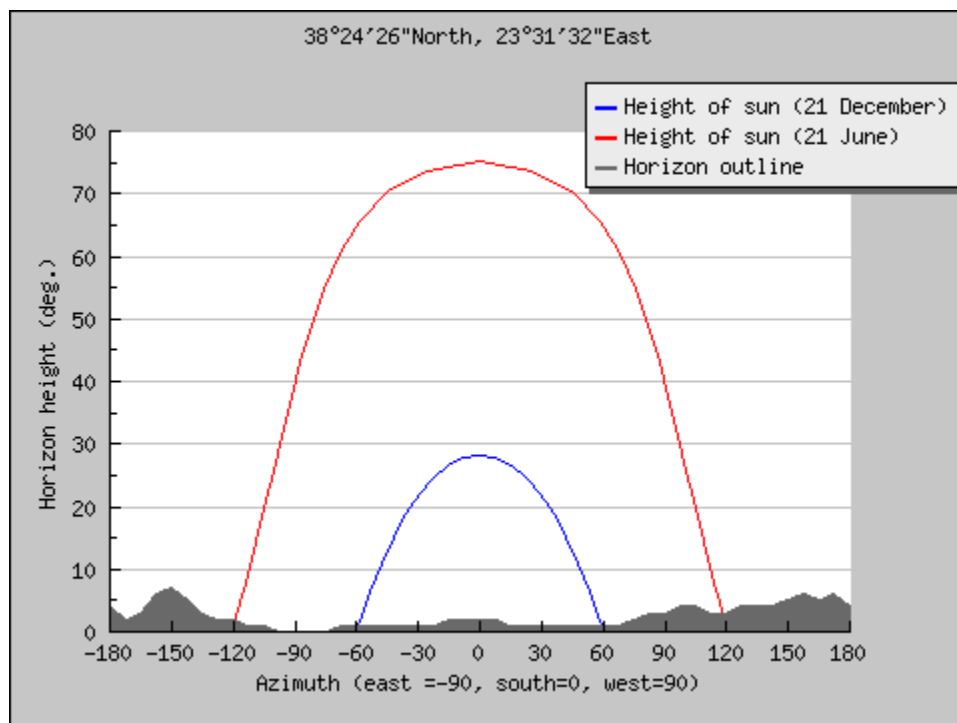
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟ 80 kW_p		
Μήνας	Μηνιαία Παραγωγή (kWh/μήνα)	Ημερήσια Παραγωγή (kWh/ημέρα)
ΙΑΝ	7.260	234.00
ΦΕΒ	7.330	262.00
ΜΑΡ	10.600	342.00
ΑΠΡ	13.000	434.00
ΜΑΪΟΣ	15.000	483.00
ΙΟΥΝ	15.900	530.00
ΙΟΥΛ	16.300	525.00
ΑΥΓ	15.000	483.00
ΣΕΠ	13.200	441.00
ΟΚΤ	10.300	333.00
ΝΟΕ	6.990	233.00
ΔΕΚ	6.070	196.00
Μ.Ο. έτους	11.400	375
Συνολική ετήσια παραγωγή (kWh)		137.000

Πίνακας 4 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 12

Γράφημα μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας (kWh/m²/ημέρα) στη βέλτιστη κλίση καθώς και στο διαζονικό σύστημα ιχνηλάτησης.



Σχήμα 13 Γράφημα πορείας του ήλιου

Month	H_h	H_{opt}	$H(90)$	I_{opt}	T_D	T_{24h}
Jan	1960	2930	2870	59	9.0	8.0
Feb	2600	3440	2940	50	9.8	8.7
Mar	3820	4530	3230	39	11.6	10.5
Apr	5230	5590	3100	25	15.2	13.9
May	6260	6140	2650	13	20.7	19.1
Jun	7000	6570	2390	6	25.5	23.7
Jul	6940	6650	2570	9	27.6	26.0
Aug	6180	6420	3150	21	27.3	25.7
Sep	5020	5900	3860	36	23.3	21.8
Oct	3390	4460	3650	48	19.0	17.5
Nov	2130	3060	2870	57	14.3	13.0
Dec	1650	2490	2480	60	10.4	9.5
Year	4360	4860	2980	31	17.8	16.5

Πίνακας 5 Γενικά στοιχεία ηλιακής ακτινοβολίας

Όπου :

H_h : η οριζόντια ηλιακή ακτινοβολία

H_{opt} : η ακτινοβολία στη βέλτιστη κλίση

$H(90)$: η ηλιακή ακτινοβολία με κλίση συλλέκτη στις 90°

I_{opt} : η βέλτιστη κλίση του συλλέκτη

T_D : η μέση ημερήσια θερμοκρασία

T_{24h} : η μέση ωριαία θερμοκρασία

Η παραπάνω ενεργειακή μελέτη καθώς και τα ηλιακά δεδομένα της περιοχής προέρχονται από χρήση του λογισμικού της E.E. PVGIS: Geographical Assessment of Solar Energy Resource and Photovoltaic Technology, για την περιοχή της Εύβοιας.

Μετά από καταχώρηση των στοιχείων της τοποθεσίας στο όργανο παρακολούθησης υπήρξε η δυνατότητα να ελεγχθεί η συμπεριφορά της συγκεκριμένης περιοχής σε σχέση με το ηλιακό δυναμικό της.

Στη συνέχεια, και δεδομένης της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας έγινε παρακολούθηση των αποδόσεων για καθορισμένη εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα αφού εντοπίστηκε η ακριβής περιοχή εγκατάστασης εισήχθησαν οι απαιτούμενες παράμετροι που οδήγησαν στην ιδανική προσέγγιση της μέγιστης απόδοσης του συστήματος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της εξομοίωσης του λογισμικού προκύπτει η μέση ετήσια τιμή της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στην επιφάνεια των συλλεκτών καθώς και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η θερμοκρασία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη συμπεριφορά των φωτοβολταϊκών συστημάτων, δεδομένου ότι η σχέση αύξησης της θερμοκρασίας στην επιφάνεια του συλλέκτη και της απόδοσης είναι αντιστρόφως ανάλογη (συντελεστής θερμοκρασίας).

Παράγοντες που εισήχθησαν στον αλγόριθμο του λογισμικού είναι ο τύπος του δικτύου και ο βαθμός απορρόφησης της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον ο τύπος και ο κατασκευαστής του συλλέκτη, η ονομαστική του απόδοση, ο συντελεστής θερμοκρασίας και διάφορες άλλες απώλειες που μπορεί να προκύψουν. Τέλος ελήφθησαν υπόψη η μέση απόδοση των μετατροπέων και η ισχύς τους καθώς και η συνολικά εγκατεστημένη ισχύς και απαιτούμενη επιφάνεια που καταλαμβάνεται.

5.2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Σύμφωνα με το σχέδιο, το πολύγωνο A-B-Γ-Δ-E-Z-H-Θ-A (δες σχέδιο χωροθέτησης στο παράτημα) αποτελεί το γήπεδο εγκατάστασης του Φ/Β σταθμού. Είναι σχεδόν επίπεδο με κλίση μόλις $\lambda=3\%$. Έχει εμβαδό $E=8.125,68 \text{ m}^2$ (ο συντελεστής δόμησης δεν λαμβάνεται υπόψη καθώς δεν πρόκειται να υπάρξει δόμηση). Η κολώνα του μετασχηματιστή της Δ.Ε.Η. βρίσκεται έσω του νοτιοανατολικού συνόρου και έχει απόσταση 6,63 m από τον προκατασκευασμένο οικίσκο. Το γήπεδο εγκατάστασης :

- Δεν βρίσκεται σε ζώνη υψηλής παραγωγικότητας

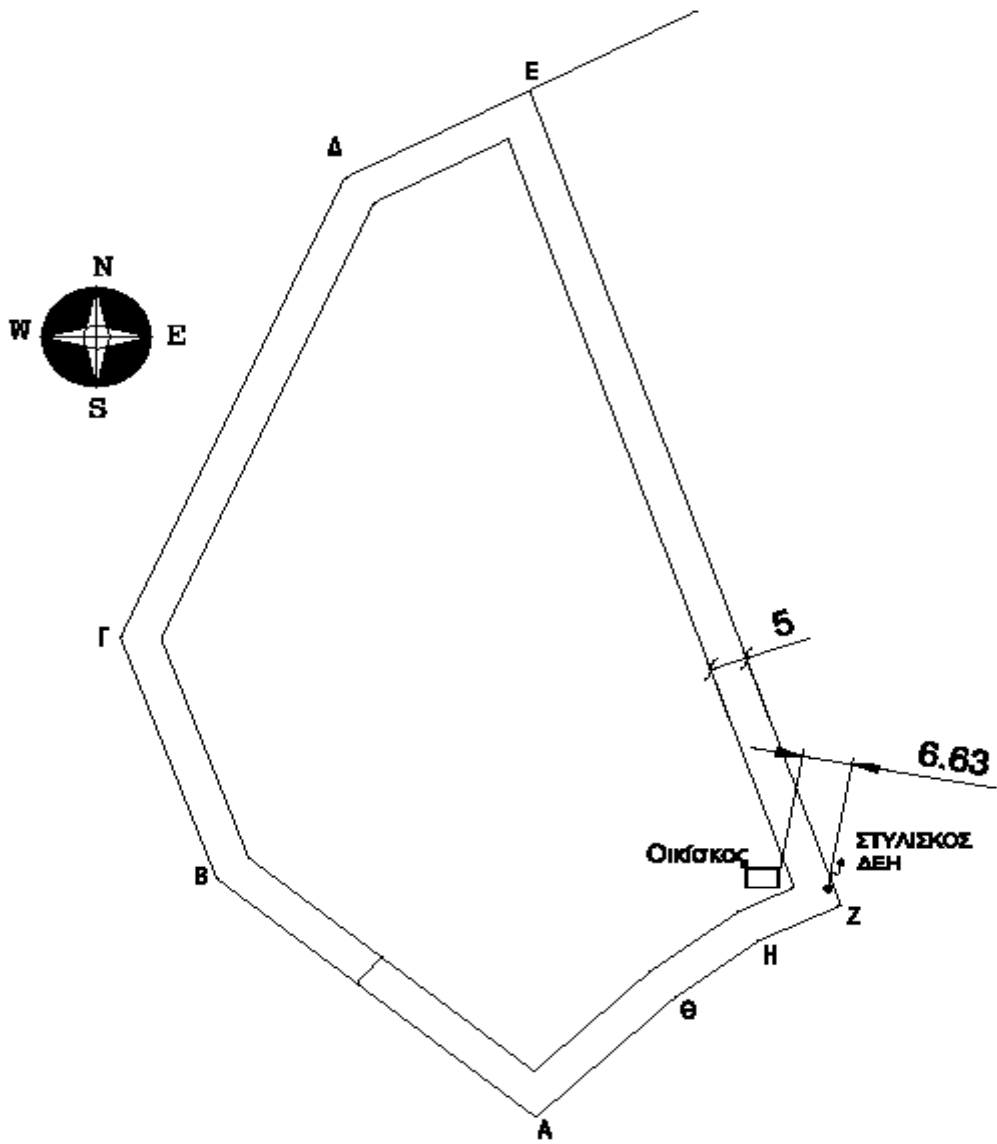
- Δεν παρουσιάζει αρχαιολογικό ενδιαφέρον
- Δεν είναι ενταγμένο σε προστατευόμενο δίκτυο Natura
- Δεν είναι χαρακτηρισμένο ως δασική περιοχή

όλα τα παραπάνω αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την αδειοδότηση

Ισχύει **πολεοδομικός περιορισμός** περιμετρικά έσω του γηπέδου 5m

Η παρούσα εγκατάσταση περιορίζεται στην έκδοση άδειας εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας καθώς το μέγιστο ύψος της εγκατάστασης υπερβαίνει τα 2,5m. οπότε θα πρέπει να εκδοθεί άδεια εργασιών από την αρμόδια πολεοδομική αρχή.

Εμβαδόν γηπέδου	8.125,68 m²
Ποσοστό κάλυψης	60 %
Πλάγια απόσταση	5 m
Επιτρεπόμενη κάλυψη	0,60 x 8.125,68 m² = 4.875,4 m²
Πραγματοποιούμενη κάλυψη	Επιφ.trackers + Επιφ. οικίσκου 580 m² + 10 m² = 590 m²



Σχήμα 14 τοπογραφικό σχέδιο εγκατάστασης

5.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ Φ/Β ΣΤΑΘΜΟΥ

Η εκτέλεση του έργου απαιτεί την διεξαγωγή εργασιών που σχετίζονται με την εγκατάσταση και σύνδεση των επιμέρους στοιχείων της εγκατάστασης, τις απαραίτητες λειτουργικές δοκιμές και ελέγχους και την τελική έναρξη εργασιών. Συνοπτικά τα παραπάνω στάδια διεξαγωγής του έργου θα μπορούσαν να περιγραφούν ως εξής:

Μεταφορά και τοποθέτηση του εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει τα Φ/Β πλαίσια, τα trackers ,τον χώρο συγκέντρωσης-προστασίας του εξοπλισμού (προκατασκευασμένος οικίσκος), τους μετατροπείς, το rack καθώς και τον ηλεκτρικό πίνακα παραγωγής- κατανάλωσης και διασύνδεσης με το δίκτυο. Επίσης τον πίνακα συναγερμού και την συσκευή αυτόματης τηλεφωνικής κλίσης όπως και το DVR για την απομακρυσμένη παρακολούθηση του Φ/Β πάρκου.

Τα Φ/Β πλαίσια και τα inverters θα τοποθετηθούν πάνω στα trackers στο terrain του γηπέδου ενώ ο υπόλοιπος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός μέσα στον οικίσκο. Η διασύνδεση των strings μεταξύ τους θα γίνει υπόγεια σε βάθος μισό μέτρου με τα καλώδια-ac να οδεύουν μέσα σε σωλήνες δομημένου διπλού τοιχώματος πολυαιθυλενίου HDPE (High Density Polyethylene). Στις διακλαδώσεις θα χρησιμοποιηθούν πλαστικά φρεάτια 550x550x550 και πλαστικά καπάκια. Ειδικής αντοχής όσον αφορά τα καλύμματα-καπάκια 5 ton θα χρησιμοποιηθούν σε φρεάτια τα οποία είναι εκτεθειμένα σε δρόμο στον οποίο διέρχονται αυτοκίνητα.. Μέσα στους σωλήνες θα οδεύσουν τα ac καλώδια των μετατροπέων ενώ τα Φ/Β πλαίσια θα συνδεθούν μεταξύ τους κατά ομάδες με καλώδια dc 4mm² μέχρι τους μετατροπείς όπως επίσης και τα καλώδια ac από τον πίνακα παραγωγής στον στύλο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ταυτόχρονα σε διαφορετικούς σωλήνες θα οδεύσουν τα καλώδια επικοινωνίας του συστήματος για την απομακρυσμένη παρακολούθηση του πάρκου όπως και τα καλώδια για τις κάμερες και τον συναγερμό.

Σύνδεση επιμέρους στοιχείων

Οι εργασίες σύνδεσης θα πραγματοποιηθούν από εξειδικευμένο προσωπικό. Η σύνδεση των πλαισίων εν σειρά και εν παραλλήλω κατά περίπτωση γίνεται με την χρήση ειδικής έτοιμης καλωδίωσης με βύσματα ασφαλείας και επιπλέον κατάλληλους ακροδέκτες. Οι επιμέρους συνδέσεις με τους μετατροπείς και τον πίνακα παραγωγής θα γίνει με κατάλληλα καλώδια ισχύος καθώς και με τις απαιτούμενες διατάξεις προστασίας και ασφαλείας.

Λειτουργικές δοκιμές, έλεγχοι και έναρξη λειτουργίας

Η τελική αυτή φάση του έργου αποτελείται από δύο διακριτές ενότητες. Αρχικά προβλέπεται ο έλεγχος των συνδέσεων στο εσωτερικό του σταθμού ανά τμήματα (πλαίσια, μετατροπείς, όρια εγκατάστασης του χρήστη). Σε συνέχεια, οι δοκιμές και έλεγχοι θα πραγματοποιηθούν σε συνεννόηση με τον αρμόδιο διαχειριστή του δικτύου. Τέλος μετά το πέρας της δοκιμαστικής λειτουργίας ο σταθμός θα ενταχθεί στο δίκτυο σε εμπορική λειτουργία.

Περιγραφή κύριου εξοπλισμού

5.3.1. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια

Τα Φ/Β πλαίσια θα είναι αποκλειστικά επιπέδου τύπου, όχι συγκεντρωτικού τύπου και χωρίς την χρήση ανακλαστήρων, καθρεπτών κλπ. Στο συγκεκριμένο έργο θα χρησιμοποιηθούν τριακόσιες σαράντα οκτώ (348) Φ/Β γεννήτριες πολυκρυσταλλικού πυριτίου της Γερμανικής εταιρίας BP Solar, τύπου ENDURA 3230N ισχύος 230 Watts έκαστη. Οι Φ/Β γεννήτριες είναι πιστοποιημένες σύμφωνα με IEC 61215:2005 κατάλληλες και ενδεικνυόμενες για μεγάλα διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα.

Μέγιστη ισχύς P_{max}	230 W
Τάση στο P_{max} (V_{mpp})	29,2 V
Ένταση στο P_{max} (I_{mpp})	7,9 A
Ρεύμα βραχυκυκλώσεως (I_{sc})	8,7 A
Τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc})	36,4 V

Πίνακας 6 Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά

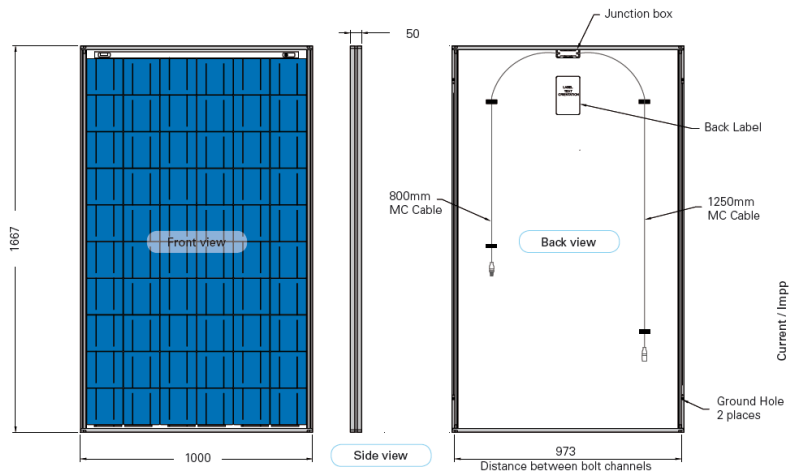
Οι τιμές που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα ισχύουν για τις τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου λειτουργίας των πλαισίων, δηλαδή για AM 1,5 ,ηλιακή ακτινοβολία 1.000W/m² και θερμοκρασία 25°C.

Τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά της παραπάνω γεννήτριας είναι:

Ηλιακές Κυψέλες	60 πολυκρυσταλλικές κυψέλες πυριτίου (156mm x 156mm) σε σειρά
Πρόσθια Επικάλυψη	Υψηλής διαπερατότητας 3,2mm, ενισχυμένο αντανακλαστικό γυαλί
Περίβλημα	EVA
Οπίσθια Επικάλυψη	Λευκός πολυεστέρας
Πλαίσιο	Αλουμίνιο
Δίοδοι	Integrabus™ with Schottky diodes
Κουτί Σύνδεσης	Κλειστό (IP67), πιστοποιημένο κατά UL 1703 flammability test. Διαστάσεις (mm) 39,60 x 100,60 x 13,20
Καλώδια Σύνδεσης	3,3mm ² καλώδια με weatherproof Multi – Contact III συνδέσμους. Ασύμμετρο μήκος καλωδίων 1250mm(-) και 800mm(+)
Διαστάσεις (mm)	1667 ± 3 x 1000 ± 3 x 50
Βάρος (kg)	19,4

Πίνακας 7 Μηχανολογικά Χαρακτηριστικά

Η επιφάνεια κάλυψης των Φ/Β γεννητριών (χωρίς τις πλάγιες μεταξύ τους αποστάσεις) είναι 580,11m².



Σχήμα 15 Σκαρίφημα φωτοβολταϊκής γεννήτριας

Η επιλογή του αριθμού και του τύπου των συγκεκριμένων Φ/Β γεννητριών έγινε με γνώμονα την μεγιστοποίηση της εγκατεστημένης ισχύος στο χώρο, την βελτιστοποίηση της απόδοσης του Φ/Β συστήματος κατά την ετήσια λειτουργία του, με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του κόστους επένδυσης. Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε οι 348 Φ/Β γεννήτριες να συνδέονται σε 16 παράλληλες συστοιχίες οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούνται από 21 x 2 ή 22 x 2 πλαίσια συνδεδεμένα εν σειρά .

5.3.2. Αναστροφείς DC/AC (inverters).

Η διασύνδεση του πάρκου με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. καθιστά αναγκαία την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος που παράγουν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, σε τριφασική εναλλασσόμενη τάση ($3 \times 400V_{AC\ RMS}$) και συχνότητας (50Hz).



Εικόνα 1 Inverter Refusol 10K

Στο συγκεκριμένο σύστημα θα χρησιμοποιηθούν οχτώ (8) αναστροφείς DC/AC (inverters), τύπου REFUSOL 10K 10KW 3ph τριφασικοί της Γερμανικής εταιρείας REFU Elektronik , με τριφασική ημιτονική έξοδο 400V/50Hz. Οι αντιστροφείς συνδέονται απευθείας με το δίκτυο. Για εξοικονόμηση ενέργειας θα συνδεθούν σε ένα τριφασικό πίνακα ανά δύο inverters. Αυτό υπαγορεύεται από την δομή του πάρκου αφού θα τοποθετηθούν δύο Inverters ανά tracker και συνολικά οχτώ inverters και τέσσερις trackers. Στους έξι inverters θα τοποθετηθούν 44 σαράντα τέσσερα panels (2 strings με είκοσι δύο panels/string) και στους άλλους δύο inverters θα τοποθετηθούν σαράντα δύο panels (2 strings με είκοσι ένα panels/string).

Με λίγα λόγια ο αντιστροφείας:

- Παρακολουθεί και προστατεύει την «πλευρά» του DC έναντι υπερτάσεων και έναντι σφαλμάτων γης.
- Παρακολουθεί την «πλευρά» του AC έναντι σφαλμάτων γης.
- Παρακολουθεί την τάση, συχνότητα και σύνθετη αντίσταση του δικτύου και αποκόπτει αυτόματα αν χρειάζεται – λειτουργία αποφυγής νησιδοποίησης.
- Ενημερώνει για την κατάστασή του με την βοήθεια RS 485 επικοινωνίας αλλά και απεικόνιση στοιχείων απόδοσης ενέργειας σε real time αλλά και σε παρελθοντικό χρόνο. Δηλαδή με το κατάλληλο software και μέσω internet είναι δυνατή η παρακολούθηση του πάρκου από μακριά όσον αφορά την απόδοση του ή την συμπεριφορά του.

Οι αντιστροφείς λειτουργούν με διαμόρφωση εύρους παλμών και τα διακοπτικά στοιχεία είναι τεχνολογίας IGBT. Δέχονται τάση στην είσοδο 380-850VDC, εύρος εντός του οποίου υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης του βέλτιστου σημείου λειτουργίας (MPP). Στην έξοδο του κάθε αναστροφέα υπάρχει φίλτρο αρμονικών, το οποίο ελαχιστοποιεί την αρμονική παραμόρφωση του ρεύματος εξόδου, σε ποσοστό μικρότερο του 3%. Ο βαθμός απόδοσης του κάθε αντιστροφέα είναι 97,4% - 98%, ανάλογα με το επίπεδο φόρτισής του.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αντιστροφέα REFUSOL 10K φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τιμές εισόδου	
Μέγιστη ισχύς DC	11000W
Εύρος τάσης DC	380-850V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	29 A
Μέγιστος αριθμός strings	5
Μέγιστη τάση DC	1000V
Τιμές εξόδου	
Μέγιστη ισχύς AC	10000W 40C
Μέγιστο ρεύμα	18A

Πίνακας 8 Τεχνικά χαρακτηριστικά αναστροφέα REFUSOL 10K

Παράλληλα οι αντιστροφείς διαθέτουν εσωτερικό σύστημα προστασίας έναντι υπερφορτίσεων και σφαλμάτων. Επίσης, ελέγχεται και καταγράφεται μια σειρά μετατροπών όπως η τάση και το ρεύμα εισόδου και εξόδου, καθώς και η αντίστοιχη ισχύς του.

Σε συνδυασμό με το επιλεγμένο Φ/Β πλαίσιο, οι inverters λειτουργούν ιδανικά, εντός των προδιαγραφών τους, καθώς η τάση MPP λειτουργίας βρίσκεται εντός των ορίων ελάχιστης και μέγιστης τάσης, ενώ η ένταση δεν ξεπερνά την μέγιστη επιτρεπόμενη.

Προκειμένου να αποφασιστεί η τελική συνδεσμολογία των Φ/Β χρησιμοποιήθηκε ειδικό λογισμικό

Κατασκευαστής ΦΒ Πλαισίων	BP Solar		BP Solar	
Τύπος ΦΒ Πλαισίων	BP 3230 N poly		BP 3230 N poly	
Απαγωγή θερμότητας ΦΒ Πλαισίων	Φυσική Κυκλοφορία Αέρα		Φυσική Κυκλοφορία Αέρα	
Αντιστροφέας	REFUSOL 10 K		REFUSOL 10 K	
Αριθμός απαιτούμενων αντιστροφέων	6	τεμάχιο	2	τεμάχιο
Ονομαστική ισχύς AC αντιστροφέα	60,0	kW	20,0	kW
Διαθέσιμη επιφάνεια	1000	m ²	70000	m ²
Απαιτούμενη επιφάνεια	420,1	m ²	146,7	m ²
Συνολικός αριθμός βρόχων	12	τεμάχιο	4	τεμάχιο
Αριθμός ΦΒ πλαισίων σε σειρά#	21	τεμάχιο	22	τεμάχιο
Ελάχιστη θερμοκρασία ΦΒ πλαισίων	-5	°C	-5	°C
Μέγιστη θερμοκρασία ΦΒ πλαισίων	80	°C	80	°C
Φόρτιση επιφάνειας	11,6	kg/m ²	11,6	kg/m ²
Ισχύς AC αντιστροφέα για την ελάχιστη U-MPP	60,0	kW	20,0	kW
Μεγίστη Ισχύς ΦΒ πλαισίων υπό ΚΣ Ελέγχου (STC)	58,131	kW	20,3	kW
Τάση MPP υπό STC	613,2	V	642,4	V
Ελάχιστη Τάση MPP	489,6	V	512,9	V
Ισχύς AC ΦΒ Πλαισίων για την ελάχιστη U-MPP	45,2	kW	15,8	kW
Ελάχιστη τάση ανοικτού κυκλώματος	613,0	V	642,2	V
Μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος	847,0	V	887,3	V
Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση DC	1000,0	V	1000,0	V

Πίνακας 9 Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά Φ/Β εγκατάστασης

Τα φωτοβολταϊκά (PV) πανέλα ομαδοποιούνται σε συστοιχίες – στοιχειοσειρές (strings) και συνδέονται σε σειρά κατά τέτοιο τρόπο ώστε η προκύπτουσα τάση της συστοιχίας να είναι αυτή που μπορεί να «χειριστεί» ο μετατροπέας συνεχούς σε εναλλασσόμενο ρεύμα (DC to AC μετατροπέας). Ο εν λόγω μετατροπέας δέχεται ένα αριθμό ομοειδών στοιχειοσειρών, μετατρέπει το συνεχές ρεύμα τους σε εναλλασσόμενο και αναλαμβάνει να το διαθέσει στο δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ.

Όλα τα καλώδια σύνδεσης των Φ/Β γεννητριών είναι εύκαμπτα με διπλή μόνωση, κατάλληλα για εξωτερική εγκατάσταση, τα οποία είναι σχεδιασμένα ειδικά για χρήση σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα.

Τα καλώδια είναι αναλόγου διατομής σύμφωνα με την απόσταση, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. Όλα τα καλώδια επενδύονται μέσα σε σωλήνες ή μεταλλικές σχάρες και κανάλια για επιπλέον προστασία από τις καιρικές συνθήκες ή άλλες αιτίες. Όλα τα μεταλλικά τμήματα του συστήματος συνδέονται με χάλκινους αγωγούς και γειώνονται για προστασία από υπερτάσεις.

Τα Φ/Β πλαίσια και τα inverters θα τοποθετηθούν σε trackers όπου θα τοποθετηθούν στο terrain του γηπέδου ενώ ο υπόλοιπος ηλεκτρικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός μέσα στον οικίσκο. Η διασύνδεση των strings μεταξύ τους θα γίνει υπόγεια σε βάθος μισό μέτρου με τα καλώδια-ac να οδεύουν μέσα σε σωλήνες δομημένου διπλού τοιχώματος πολυαιθυλενίου HDPE (High Density Polyethylene). Στις διακλαδώσεις θα χρησιμοποιηθούν πλαστικά φρεάτια 550x550x550 ειδικής αντοχής. Μέσα στους σωλήνες θα οδεύσουν τα ac καλώδια από τους μετατροπείς όπως επίσης και τα καλώδια ac από τον πίνακα παραγωγής στον στύλο διασύνδεσης με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. Ταυτόχρονα σε διαφορετικούς σωλήνες θα οδεύσουν τα καλώδια επικοινωνίας του συστήματος για την απομακρυσμένη παρακολούθηση του πάρκου.

5.3.3. Καλωδιώσεις

5.3.3.1. Δίκτυο συνεχούς τάσης

Τα PV panel διαθέτουν καλώδια με στεγανούς Multi – contact συνδέσμους για την μεταξύ τους σύνδεση. Ίδιου τύπου σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται επίσης για την σύνδεση της συστοιχίας με τον μετατροπέα(ενδεικτικός τύπος prysmian tecplug connectors). Κάθε στοιχειοσειρά προστατεύεται έναντι αναστροφών ρευμάτων με την βοήθεια κατάλληλων ασφαλειών..

Οι inverters REFUSOL 10K συνδέονται με connectors MC4 και το panel συνδέεται με MC3 connectors.

Τα καλώδια διασύνδεσης των panel θα οδεύσουν πίσω από τα panel αυτοστηριζόμενα με δεματικά στοιχεία.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ DC.

Λόγω της ενδιάμεσου διασύνδεσης των πάνελ απαιτείται επιπλέον καλώδιο για τη σύνδεση κάθε στοιχειοσειράς του πιο απομακρυσμένου panel με τον μετατροπέα. Στην προκειμένη περίπτωση που τα πλαίσια στηρίζονται σε tracker τα οποία απέχουν από την θέση των inverter θα χρησιμοποιηθεί ειδικό καλώδιο για dc φορτία. Ενδεικτικός τύπος Tecsun (pv)

PV1-F. Το καλώδιο που θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση τόσο στον θετικό όσο και στον αρνητικό πόλο είναι PV1-F 4mm² το οποίο παρουσιάζει απώλειες ισχύος στα 35m 0,93% .Για αποστάσεις πάνω από τα 35 m θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο PV1-F 6mm² το οποίο στα 55m παρουσιάζει απώλειες 0,98%.

Τα καλώδια διασύνδεσης των panel θα οδεύσουν πίσω από τα panel αυτοστηριζόμενα με δεματικά στοιχεία.

Χαρακτηριστικά καλωδίων DC.

- Ελεγμένα και πιστοποιημένα από τα Εργαστήρια VDE και TÜV της Γερμανίας.
- Καθορισμένοι με ακρίβεια και περιεκτικοί κανονισμοί για τις δοκιμές (Tests) των καλωδίων καθώς και των μονωτικών μειγμάτων.
- Επιτρεπτή τάση λειτουργίας συστήματος μέχρι 2kV DC. Τάση δοκιμής 10kV DC.
- Εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας από -40°C έως +120°C.
- Αναμενόμενη διάρκεια ζωής 30 έτη, για τα οποία παρέχεται εγγύηση του κατασκευαστή.

Πιστοποίηση της μεγάλης διάρκειας ζωής σύμφωνα με το IEC 60216.

- Άριστη συμπεριφορά κατά την καύση όσον αφορά μετάδοση και διασπορά της φλόγας, χαμηλές εκπομπές καπνού, μη έκλυση διαβρωτικών αερίων και χαμηλή τοξικότητα.
- Ανθεκτικά στην αμμωνία.
- Ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV) και στο όζον.
- Οικολογικά αβλαβή όσον αφορά την ανακύκλωση, την απόθεση και την οικονομία ενεργειακών πόρων στη διαδικασία παραγωγής.
- Αντί των «ανώνυμων» υλικών, όπως είναι τα θερμοπλαστικά ελαστομερή (thermoplastic elastomers –TPE), δηλαδή Πολυολεφίνες, Πολυαλκένια ή Radox, χρησιμοποιείται ευρέως γνωστά μείγματα ελαστικών που έχουν δοκιμαστεί για πάνω από 40 χρόνια κάτω από τις πιο δυσμενείς συνθήκες και έχει αναπτύξει υλικά κορυφαίας και σύγχρονης (state of the art) τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, έχει αναπτύξει ελεύθερα αλογόνου δικτυωμένα (cross linked) υλικά: Μόνωση = Hard Grade Ethylene

Propylene Rubber (HEPR), Μανδύας = Ethylene Vinyl Acetate (EVA).

- Τα καλώδια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις καθώς και σε αντικρηκτικά περιβάλλοντα.
- Μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες όδευσης καλωδίων, μέσα, πάνω ή κάτω από γύψο, ασβεστοκονίαμα ή σοβά και σε εξοπλισμό. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές μέσα ή πάνω σε εξοπλισμό με προστατευτική μόνωση.
- Δυνατός ο απευθείας ενταφιασμός στο έδαφος χωρίς απαίτηση για σωλήνες, κανάλια κλπ.

Τα καλώδια αυτά είναι ανθεκτικά σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία καθώς επίσης και στο όζον. Έχουν βελτιωμένη συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς και διαθέτουν χαμηλές εκπομπές καπνού.

Τα καλώδια αυτού του τύπου προορίζονται για ελεύθερη κίνηση, ελεύθερη ανάρτηση, σταθερή εγκατάσταση ή ενταφιασμένα σε φωτοβολταϊκά συστήματα και σε εύρος θερμοκρασιών από -40°C έως $+120^{\circ}\text{C}$.

Τα καλώδια μπορούν να εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους, στο ύπαιθρο, σε αντικρηκτικές περιοχές, σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες, σωλήνες, επίτοιχα, χωνευτά και για τροφοδοσία εξοπλισμού. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές μέσα/και σε εξοπλισμό με προστατευτική μόνωση (κλάση προστασίας II). Συνοπτικά εφαρμόζονται οι κανονισμοί IEC 61215 και 61646, IEC 64/1123/CD και DIN VDE 0100 part 520.

5.3.3.2. Δίκτυο AC.

Μετά από την έξοδο από τον μετατροπέα τοποθετείται ένας στεγανός πίνακας μέσα στον οποίο εγκαθίστανται υπερτασικοί διακόπτες για την αντικεραυνική προστασία της γραμμής (dc αλλά και ac), τα χαρακτηριστικά του οποίου περιγράφονται στην ενότητα της αντικεραυνικής προστασίας.

Το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα κάθε μετατροπέα οδηγείται στον κεντρικό πίνακα με την βοήθεια καλωδίων τύπου J1VV-R (παλαιότερα NYV). Τα καλώδια οδεύουν μέσα σε σωλήνες HDPE. Για την προστασία των καλωδίων χρησιμοποιούνται κατάλληλα διαστασιολογημένοι μικροαυτόματοι. Το δίκτυο AC προστατεύεται έναντι υπερτάσεων με την βοήθεια κατάλληλων «απαγωγών υπερτάσεων» (Surge Protection Devices).

Τα καλώδια ac αφού οδεύουν μέσα στο έδαφος μέσα σε σωλήνες HDPE καταλήγουν σε έναν προκατασκευασμένο στεγασμένο χώρο διαστάσεων $M \times \Pi \times Y \quad 4 \times 2,5 \times 2,3 \text{ m}^3$ στον οποίο θα εγκατασταθούν το rack ο πίνακας του συναγερμού και ο ηλεκτρικός πίνακας παραγωγής.

Επιπλέον μέσα στον στεγασμένο χώρο θα υπάρχουν κυκλώματα για φωτισμό εξωτερικό και εσωτερικό, ρευματοδοτών, συναγερμού όπως και κύκλωμα τροφοδοσίας αξονικού ανεμιστήρα ($1250 \text{ m}^3/\text{h}$, 230 V) για τον επαρκή αερισμό του χώρου και τον περιορισμό της θερμοκρασίας. Ο ανεμιστήρας θα λειτουργεί με θερμοστάτη χώρου. Τα παραπάνω κυκλώματα θα οδεύουν μέσα σε πλαστικό διαμερισμένο κανάλι 105x65 (ενδεικτικού τύπου πλαστικό κανάλι DLP της Legrand).

Επίσης στο διαμερισμένο κανάλι θα οδεύσουν τα καλώδια bus των inverters αλλά και των trackers (SFTP cat-5e) όπως επίσης και της μαγνητικής επαφής και των ανιχνευτών του συναγερμού, τα καλώδια του σταθμού καιρού (LiY-CY $2 \times 2 \times 0,25 \text{ mm}^2$) όπως επίσης και τα καλώδια SFTP cat-5e για τις κάμερες και την ενεργοποίηση των trackers σε περίπτωση υπερβολικού ανέμου 70 Km/h όπως επίσης και το θωρακισμένο καλώδιο $4 \times 0,22$ για το σύστημα συναγερμού.

Στο κύκλωμα κατανάλωσης θα τοποθετηθεί επιτηρητής τάσης ο οποίος μέσω relay θα προστατεύει τις ευαίσθητες συσκευές από επικίνδυνες υπερτάσεις ή υποτάσεις (+ ή -5%) του δικτύου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο πάρκο τοποθετήθηκαν τέσσερις υποπίνακες οι οποίοι θα συλλέγουν την ισχύ από δύο trackers ο καθένας.

ΓΡΑΜΜΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.

Για την πραγματοποίηση των κυκλωμάτων χρησιμοποιούμε καλώδιο : J₁VV –U ή J₁VV –R ή ή J₁VV – S (ανάλογα με την διατομή) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Μονόκλωνος αγωγός
- Ονομαστική Τάση 600/1000 V
- Προδιαγραφές: IEC 60502-1
- Χρήση: Καλώδιο Ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε υγρούς ή ξηρούς χώρους στον αέρα η στο έδαφος

5.3.3.3. Εκλογή διατομής

Οι απώλειες σύμφωνα με τον VDE συνιστάται να είναι μικρότερες του 1%. Δεχόμαστε ως μέγιστες αποδεκτές απώλειες ενέργειας, αυτές που αντιστοιχούν στο 1% της συνολικής.

Το μήκος του καλωδίου από την έξοδο του κάθε μετατροπέα μέχρι τον υποπίνακα και τον γενικό πίνακα παραγωγής σύμφωνα με το σκαρίφημα της Ηλεκτρικής Εγκατάστασης φαίνεται στον διπλανό πίνακα.

Σύμφωνα, λοιπόν με τον παραπάνω πίνακα για τη σύνδεση κάθε μετατροπέα απαιτείται καλώδιο διατομής και μήκους:

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής. (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
A.Π	10	80.00	Πίνακας	1.000	123		3		70	125
A.B	50	20.00	Πίνακας	1.000	123	4.488	3		10	35
A.Γ	35	20.00	Πίνακας	1.000	123	3.141	3		10	35
A.Δ	80	20.00	Πίνακας	1.000	123	7.181	3		10	35
A.E	100	20.00	Πίνακας	1.000	123	5.610	3		16	35
B.Π	50	20.00	Πίνακας	1.000	123		3		10	35
B.1	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25

B.2	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Γ.Π	35	20.00	Πίνακας	1.000	123		3		10	35
Γ.3	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Γ.4	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Δ.Π	80	20.00	Πίνακας	1.000	123		3		10	35
Δ.5	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Δ.6	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Ε.Π	100	20.00	Πίνακας	1.000	123		3		16	35
Ε.1	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25
Ε.2	5	10	inverter	1	123	0.374	3		6	25

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδ. Καλ.	Αριθ. Παράλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιτρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιτρ. Ρεύμα (A).	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
A.Π	10	80.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		70		151.0	1.000	151.0	125	115.9
A.B	50	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
A.Γ	35	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
A.Δ	80	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
A.Ε	100	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		16		56.00	1.220	68.32	35	28.99
B.Π	50	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
B.1	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	1.000	39.00	25	14.49
B.2	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	1.000	39.00	25	14.49
Γ.Π	35	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
Γ.3	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	0.850	33.15	25	14.49
Γ.4	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	0.864	33.70	25	14.49
Δ.Π	80	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		10		39.00	0.964	37.60	35	28.99
Δ.5	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	0.850	33.15	25	14.49

Δ.6	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		39.00	0.900	35.10	25	14.49
Ε.Π	100	20.00	Πίνακας	1.000	J1VV-R		16		56.00	1.220	68.32	35	28.99
Ε.1	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		29.00	0.964	27.96	25	14.49
Ε.2	5	10	inverter	1	J1VV-R		6		29.00	0.964	27.96	25	14.49

Πίνακας 10 χαρακτηριστικές τιμές καλωδιώσεων

Όλες οι παραπάνω διατομές υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ HD 384.5.521. Όλα τα καλώδια διαστασιολογήθηκαν για πτώση τάσης μικρότερη του 2% και σχετική απώλεια ισχύος μικρότερη του 1%.

Συνεπώς θα χρησιμοποιηθούν:

- Inverters 1,2 & 3,4 θα συνδεθούν στον Ηλεκτρικό υποπίνακα και μετά στον πίνακα παραγωγής με καλώδιο *J1VV-R 4x10 mm²* συνολικού μήκους *50 m & 35 m αντίστοιχα*. Ο τύπος αυτού του καλωδίου, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.5.521, υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις αντοχής σε θερμική καταπόνηση ρεύματος 36 A, αφού η επιτρεπόμενη συνεχής φόρτιση (σε A) είναι για τοποθέτηση σε πλαστικό σωλήνα είναι $58 \times 0,8 = 46,4A$.
- Inverters 5,6,& 7,8 θα συνδεθούν στον Ηλεκτρικό Υποπίνακα και μετά στον πίνακα παραγωγής με καλώδιο *J1VV-R 4x16 mm²* συνολικού μήκους *80 & 100 m*. Ο τύπος αυτού του καλωδίου, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.5.521, υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις αντοχής σε θερμική καταπόνηση ρεύματος 36 A, αφού η επιτρεπόμενη συνεχής φόρτιση (σε A) είναι για τοποθέτηση σε πλαστικό σωλήνα είναι $98 \times 0,8 = 78,40 A$.

Σημ.: χρησιμοποιείται καλώδιο τεσσάρων αγωγών τρεις φάσεις και ουδέτερος και όχι πέντε γιατί η γείωση συνδέεται τοπικά σε κάθε inverter με την θεμελιακή γείωση αντί να μεταφέρεται στον πίνακα παραγωγής. Η σύνδεση γίνεται μέσω του Cu 50mm² που τρέχει σε όλες τις οδεύσεις του πάρκου.

Επίσης από τους υποπίνακες μέχρι τον πίνακα παραγωγής το καλώδιο του ουδετέρου θα είναι ίδιας διατομής με τα καλώδια των φάσεων για μικρότερες απώλειες.

Σύνδεση ηλεκτρικού πίνακα παραγωγής με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. **καλώδιο JIVV-R 4x1x70 mm²** συνολικού **μήκους 40 m**. Ο τύπος αυτού του καλωδίου, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.5.521, υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις αντοχής σε θερμική καταπόνηση ρεύματος :

$$P = \sqrt{3}UI \cos \phi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi} = \frac{80004w}{1,73 \times 380V \times 1} = 121,7A$$

αφού η επιτρεπόμενη συνεχής φόρτιση (σε A) είναι για τοποθέτηση σε πλαστικό σωλήνα είναι $195 \times 0,8 = 156 A$.

Η γείωση του ουδετέρου θα πραγματοποιηθεί στην είσοδο του πάρκου κοντά στο ικρίωμα όπου θα στηριχθεί ο μετρητής εξερχόμενης-εισερχόμενης ισχύος σε τρίγωνο γείωσης 1,5m. Επίσης το παροχικό καλώδιο θα συνοδεύει Cu 50mm².

5.3.3.4. Ασφάλειες στοιχειοσειρών.

Με βάση Τεχνική οδηγία , Application of String fuses for inverters, η ασφάλεια συνιστάται να :

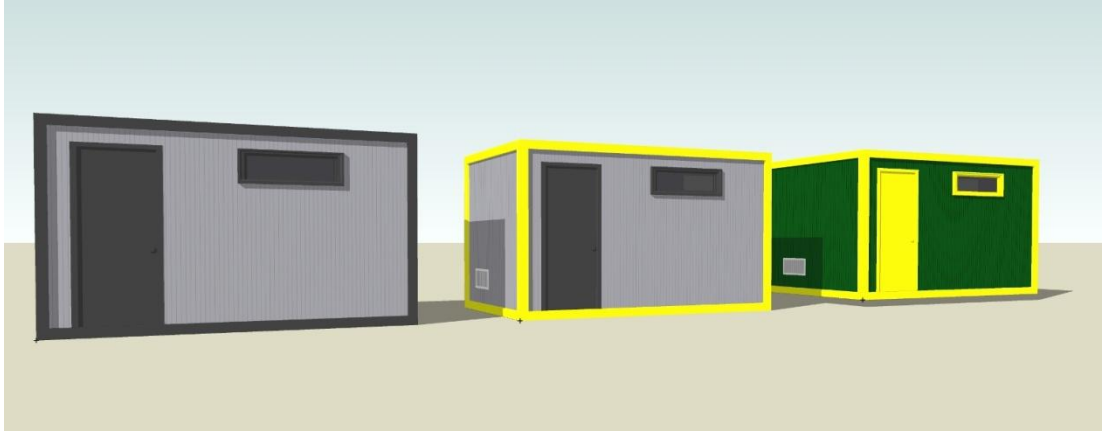
- είναι $1.7 * \text{το ρεύμα πάνελου στο σημείο μέγιστης ισχύος}$
- είναι μικρότερη ή ίση από την μέγιστη συνιστώμενη από τον κατασκευαστή του πάνελου

Με βάση τα παραπάνω, για Panel BP 3230N, έχουμε ότι το ρεύμα που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ είναι $I_{mp} = 7,9A$. Συνεπώς απαιτείται ασφάλεια:

$$I = 1,7 \times I_{mp} \Rightarrow I = 1,7 \times 7,9A \Rightarrow I = 13,43A. \text{ Συνεπώς, επιλέγουμε } \textit{ασφάλεια 15 A}.$$

Άρα κάθε στοιχειοσειρά θα προστατεύεται από ασφάλεια 15A.

5.3.4. Προκατασκευασμένος Οικίσκος



Εικόνα 2 προκατασκευασμένος οικίσκος

Ο οικίσκος είναι διαστάσεων 4 x 2,5 m και διαθέτει 4 σημεία ανάρτησης για την εύκολη μεταφορά τους. Η τοποθέτησή τους επί του εδάφους είναι απλούστατη και δεν απαιτούνται παρά 4 σημεία στήριξης. Η δυνατότητα τους αυτή να στηρίζεται στα ελάχιστα δυνατά σημεία κατά την έδρασή του στο έδαφος τον κάνει να ανήκει στην κατηγορία RTC που σημαίνει Rough Terrain Cabins. Η ιδιότητα τους αυτή οφείλεται στην στατική επάρκεια του σκελετού του. Διαθέτει πλήρως γαλβανισμένη βάση, περιμετρική θερμομόνωση με πανέλα πολυουρεθάνης, κουφώματα αλουμινίου με διπλά τζάμια. Η θέση των κουφωμάτων ορίζεται σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Στο εσωτερικό του ο οικίσκος φέρει τον κεντρικό πίνακα στον οποίο μαζεύονται όλα τα καλώδια του Φ/Β σταθμού καθώς και όλο το σύστημα επικοινωνίας με το πάρκο. Επίσης διαθέτει ξεχωριστό χώρο για wc αλλά και νιπτήρα εξωτερικά του wc.

Οι σχάρες καλωδίων θα είναι τύπου σκάλας γαλβανισμένη εν θερμώ με καπάκι σε στηρίγματα Ω σε απόσταση 1m. Η εσωτερική επιφάνεια των σχαρών καλωδίων πρέπει να είναι τελείως λεία, δηλαδή να μην παρουσιάζονται "γραίζια" από τη διαμόρφωση. Για παρακάμψεις, διασταυρώσεις, διακλαδώσεις (οριζόντιες ή κατακόρυφες συστολές) ή διαστολές για μετάβαση σε σχάρα διαφορετικού πλάτους, θα χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα εξαρτήματα, επίσης από λαμαρίνα επιψευδαργυρωμένη.

Για τις συνδέσεις μεταξύ των σχαρών, καθώς και με τα ειδικά εξαρτήματα, θα χρησιμοποιηθούν σύνδεσμοι χωρίς κοιλίες.

Όλα τα εξαρτήματα και υλικά στήριξης των σχαρών θα είναι επιψευδαργυρωμένα.

Οι σχάρες καλωδίων θα συνοδεύονται και με όλα τα ειδικά εξαρτήματα σχηματισμού ή στηρίξεως τους (καμπύλες, συστολές, διακλαδώσεις, ορθοστάτες, βραχίονες στηρίξεως, ταυ, υλικά συνδέσεως και στερεώσεως ,κλπ.) επίσης γαλβανισμένα εν θερμώ.



Εικόνα 3 σχάρες καλωδίων

Τα πλαστικά κανάλια θα είναι κατάλληλα για εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης και θα είναι διαμερισμένα σε δύο τμήματα ένα για τα ασθενή και ένα για τα ισχυρά.

Ενδεικτικός τύπος τα DLP της Legrand. Διαστάσεις: 150x50 mm, **105x65 mm**, 195x65 mm.

Για τις υπόγειες οδεύσεις των καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν σωλήνες HDPE.

Ο σωλήνας προστασίας καλωδίων διπλού τοιχώματος από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) χρησιμοποιείται σε υπόγειες ηλεκτρικές και τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις. Αποτελείται από δυο συνεξωθημένα (co-extruded) τοιχώματα, δομημένα εξωτερικά για μεγαλύτερη αντοχή στην κρούση, μεγαλύτερη ελαφρύτητα και ευκαμψία και λεία εσωτερικά για να διευκολύνουν τη διέλευση των καλωδίων. Τα δυο τοιχώματα λόγω της παραγωγικής διαδικασίας (συνεξώθηση) είναι αδύνατον να διαχωριστούν.

Διαστάσεις Εξ./Εσωτ.	40/34	50/42	63/52	75/63	90/77	110/93	125/107	140/121	160/142	200/180
-------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	---------	---------	---------	---------

Πίνακας 11 Διαστάσεις σωλήνα προστασίας καλωδίων

Τα φρεάτια για τις οδεύσεις των καλωδίων μπορεί να είναι προκατασκευασμένα ή χτιστά ή πλαστικά με ενισχυμένο μεταλλικό καπάκι αντοχής 5tn.

	Για κάλυμμα-πλαίσιο 500X500
	πάχος: 100
	εσωτερικά (ΜΧΠΧΥ) :
	4300X430X700

Πίνακας 12 Διαστάσεις φρεατίου

ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΓΩΓΩΝ (LINE CIRCUIT BREAKER).

Για την προστασία των καλωδίων AC, θα χρησιμοποιηθούν *διακόπτες προστασίας αγωγών*.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέγιστο ρεύμα κάθε γραμμής από τον μετατροπέα ως τον πίνακα διανομής είναι 18 A με $\cos\phi=1$, θα χρησιμοποιηθούν διακόπτες προστασίας αγωγών **4x25A και 4x50A για δύο Inverters**.

Ο γενικός διακόπτης του Φ/Β πάρκου θα είναι τριπολικός αυτόματος με ονομαστικό ρεύμα **160 A** και ρύθμιση θερμικού 112-160 A.

5.3.5. Ηλεκτρικός Πίνακας Διανομής

Οι εξωτερικές ωφέλιμες διαστάσεις του ηλεκτρικού πίνακα θα είναι κατ' ελάχιστον : πλάτος 0.7m, ύψος 1.00m και βάθος 0.25m..

Ο ηλεκτρικός πίνακας θα είναι συναρμολογημένος στο εργοστάσιο κατασκευής του και θα παρέχει άνεση χώρου για την είσοδο καλωδίων και τη σύνδεση των καλωδίων μεταξύ των οργάνων λειτουργίας του δικτύου. Θα δοθεί μεγάλη σημασία στη καλή και σύμμετρη εμφάνισή του.

Ο πίνακας θα φέρει οπές με τους κατάλληλους στυπιοθλήπτες για την έξοδο του καλωδίου παροχής προς τη ΔΕΗ, καθώς επίσης και για την είσοδο των καλωδίων του Φ/Β σταθμού. (Στον πίνακα προμέτρησης αναφέρονται αναλυτικά τα στοιχεία του πίνακα.)

Στο κάτω μέρος του κιβωτίου θα τοποθετηθούν οι κλεμοσειρές σύνδεσης των καλωδίων. Η εσωτερική συνδεσμολογία θα είναι άριστα κατασκευασμένη από τεχνική και αισθητική άποψη. Έτσι τα καλώδια που θα είναι μονόκλινα θα ακολουθούν ευθείες και σύντομες διαδρομές, θα είναι καλά σφιγμένα στις κλέμες των οργάνων και θα φέρουν όπου απαιτείται στα άκρα τους ακροδέκτες.

Τα καλώδια του δικτύου θα συνδέονται με εκείνα της διανομής με κλέμμες βαρέως τύπου ράγας, και θα έχουν την κατάλληλη διατομή ώστε να φορτίζονται χωρίς κίνδυνο βλάβης με τη μέγιστη ένταση που διαρρέει τα αντίστοιχα όργανα.

Ο γενικός αυτόματος διακόπτης ισχύος όπως και τα υπόλοιπα στοιχεία του πίνακα θα είναι της εταιρίας ABB ή Siemens ή παρόμοιου οίκου.

5.3.6. Trackers

Η εγκατάσταση του Φ/Β πάρκου θα υλοποιηθεί με την βοήθεια Trackers (τέσσερις) 4 τεμ. ATLAS

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	
Άξονες παρακολούθησης	2 ΑΞΟΝΕΣ : Οριζόντιος και κάθετος
Μέγιστο επιφάνεια τμημάτων	160 m ²
Μέγιστο βάρος τμημάτων	4.500 Kg
Γωνία περιστροφής του κάθετου και του οριζόντιου άξονα	Κάθετος Άξονας : 260° (-130° έως +130°) και οριζόντιος άξονας : 0° -58

Τάση λειτουργίας	400V Τριφασική
Κατανάλωση ρεύματος από τις μηχανές	Λιγότερο από 100kWh/έτος
Κίνηση Ανατολικά-Δυτικά	Μέσω μειωτήρα και οδοντωτής στεφάνης
Υλικό δομής	Χάλυβας Γαλβανισμένος με εμβάπτιση εν θερμώ
Βάρος χωρίς τα τμήματα και χωρίς την επίστρωση σκυροδέματος	2.000 Kg χωρίς τα τμήματα 3.000 Kg με τα τμήματα περίπου
Περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα	Ηλεκτρομηχανική ενεργοποίηση μέσω Πλανητικού Μειωτήρα
Κατασκευή σκελετού	Χάλυβας γαλβανισμένος εν θερμώ
Περιστροφή γύρω από τον κάθετο άξονα	Ηλεκτρομηχανική ενεργοποίηση μέσω Πλανητικού Μειωτήρα
Περιστροφή γύρω από τον Οριζόντιο άξονα	Ηλεκτρομηχανική ενεργοποίηση μέσω Γραμμικού Γρύλου
Τεχνολογία Παρακολούθησης	Αστρονομικός προγραμματισμός του PLC
Αντικεραυνική προστασία	Συλλεκτήριο σύστημα με τέσσερα αλεξικέραυνα ανά μονάδα. Προστασία των ηλεκτρονικών συστημάτων μέσω απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων τοποθετημένων σε όλα τα σημεία εσόδου-εξόδου.
Παρακολούθηση	Ethernet, Internet
Βάση από σκυρόδεμα	15m ³ επιφανειακής βάσης.
Θέση κατά το σκοτάδι και την ομίχλη	Οριζόντια
Επιφάνεια τμήματος	Έως 160 m ² ανάλογα προς την τοποθέτηση φωτοβολταϊκά στοιχεία

Συντήρηση	Δεν απαιτείται συντήρηση. Τα έδρανα και τα στοιχεία ολίσθησης είναι κατασκευασμένα με Teflon, φωσφορούχο ορείχαλκο και αυτολίπαντα βιομηχανικά πλαστικά
Ρύθμιση Περιστροφής	Μηχανοκίνητο ρουλεμάν για την παρακολούθηση με αζιμούθιο το οποίο τίθεται σε λειτουργία από τον μειωτήρα και τον ρυθμιζόμενο σερβοκινητήρα φρένου ο οποίος δίνει την δυνατότητα ολίσθησης σε συνθήκες ανέμων εξαιρετικά δυνατών και προστατεύει τον μηχανισμό μετάδοσης
Αντοχή σε ανέμους με μέγιστη ταχύτητα	Αυτόματη οριζοντίωση σε περίπτωση ανέμου πάνω από 70Km/h. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, ανεξάρτητο υδραυλικό σύστημα ασφαλείας οδηγεί αυτόματα στην οριζόντια θέση.
Συμμόρφωση στην οδηγία των ΕΚ	DIN 1055-4, DIN 1056

Πίνακας 13 τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος ιχνηλάτησης



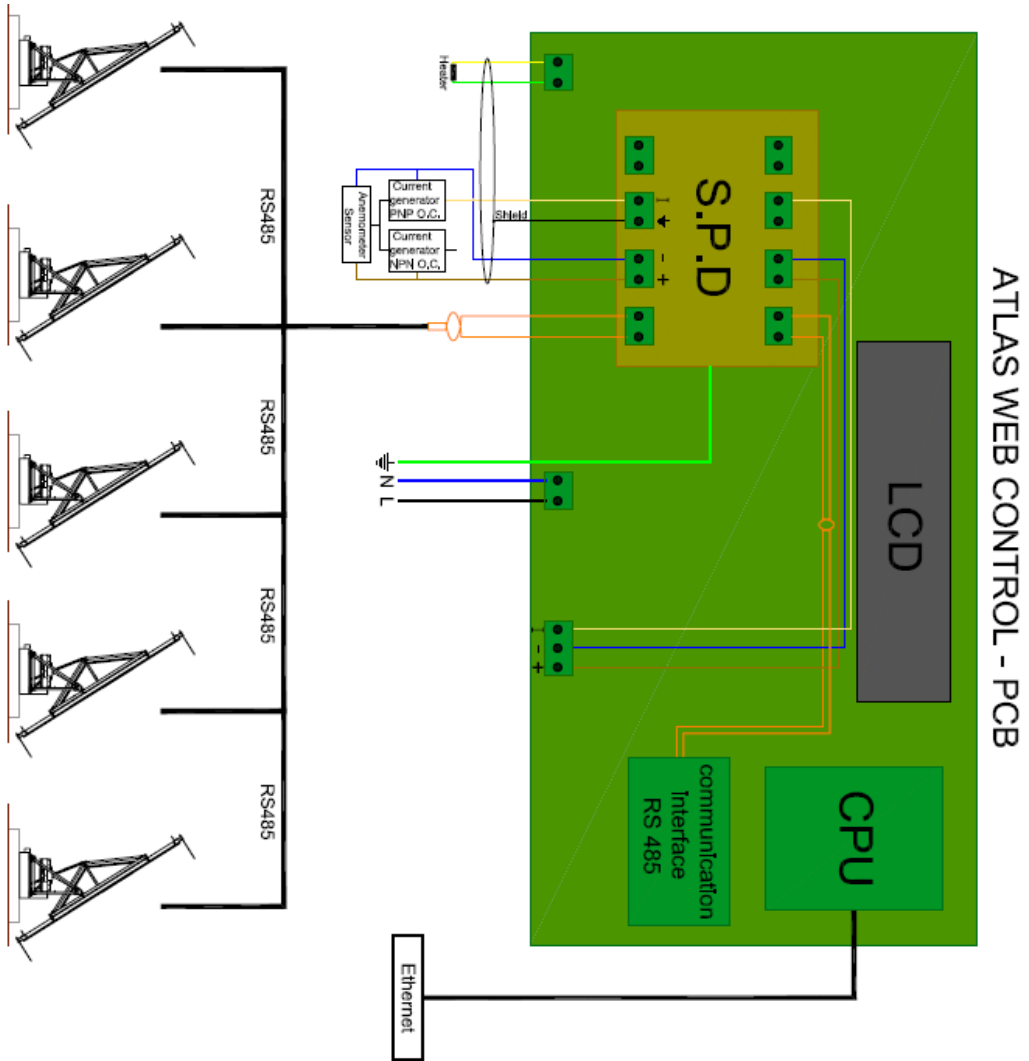
Εικόνα 3 2-αξονικό σύστημα ιχνηλάτησης

5.3.7.Δίκτυο επικοινωνίας – Μετεωρολογικός Σταθμός

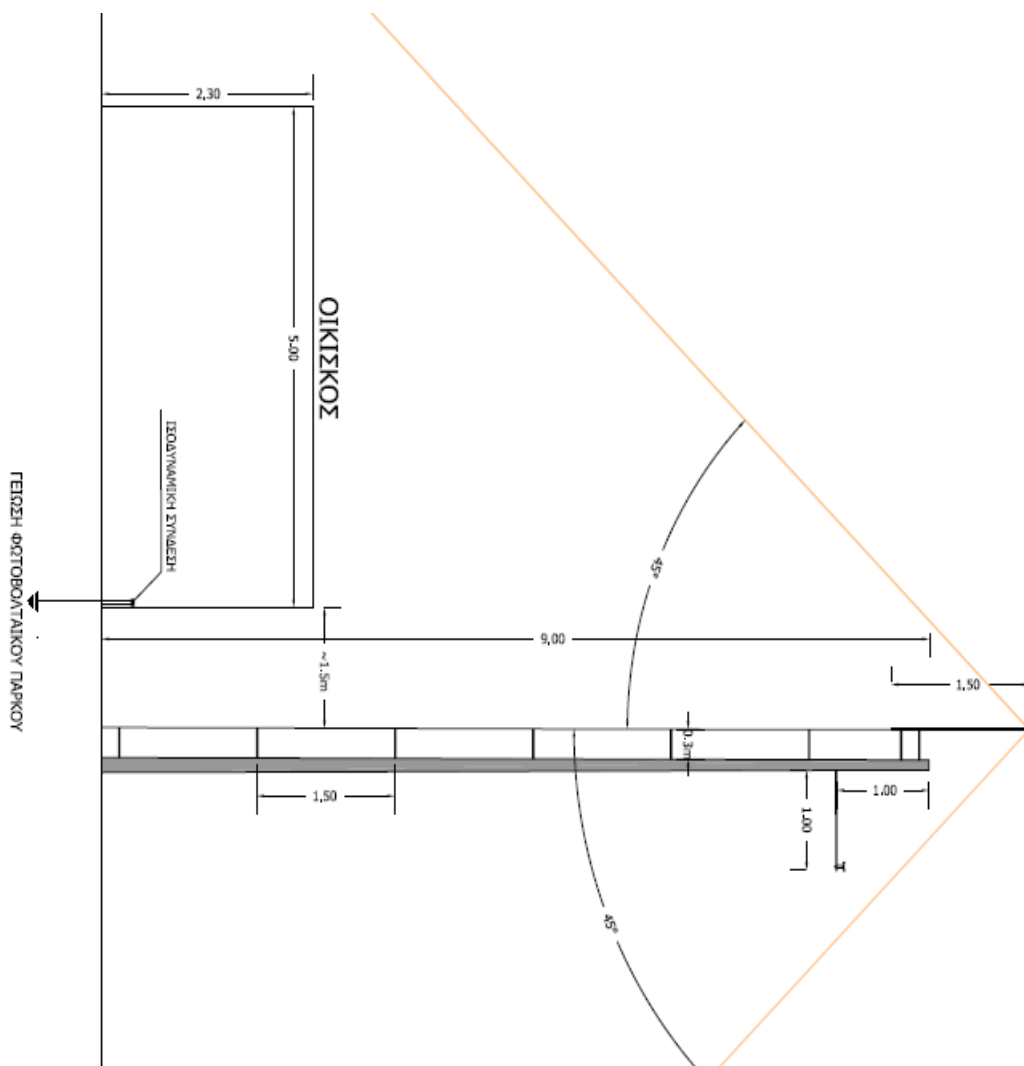
Οι μετατροπείς συνδέονται μεταξύ τους με καλώδιο επικοινωνίας RS485. Με τον ίδιο τύπο καλώδιο συνδέεται και ο μετεωρολογικός σταθμός. Επίσης υπάρχει σύστημα επικοινωνίας για τους trackers. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας-ακτινοβολίας θα συνδεθεί τοπικά στον πλησιέστερο inverter ενώ ο αισθητήρας της ταχύτητας ανέμου θα συνδεθούν στο web-control των trackers μέσα στο rack. Σε περίπτωση ταχύτητας ανέμου 70 Km/h δίνεται εντολή οριζοντοποίησης των trackers. Επιπλέον μέσω του web-control και του του web-log μπορεί να παρακολουθείται η κίνηση και η παραγωγή του πάρκου από οπουδήποτε. Οι οδεύσεις των καλωδίων επικοινωνίας θα είναι μοναδικές χωρίς επιστροφές. Η συνδεσμολογία star και η επικοινωνία ring μπορούν να εφαρμοστούν σε συνδυασμό. Για τις επικοινωνίες θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο SFTP cat-5e. Ενδεικτικές φωτογραφίες παρατίθενται παρακάτω.

5.3.7.1. Web-Control

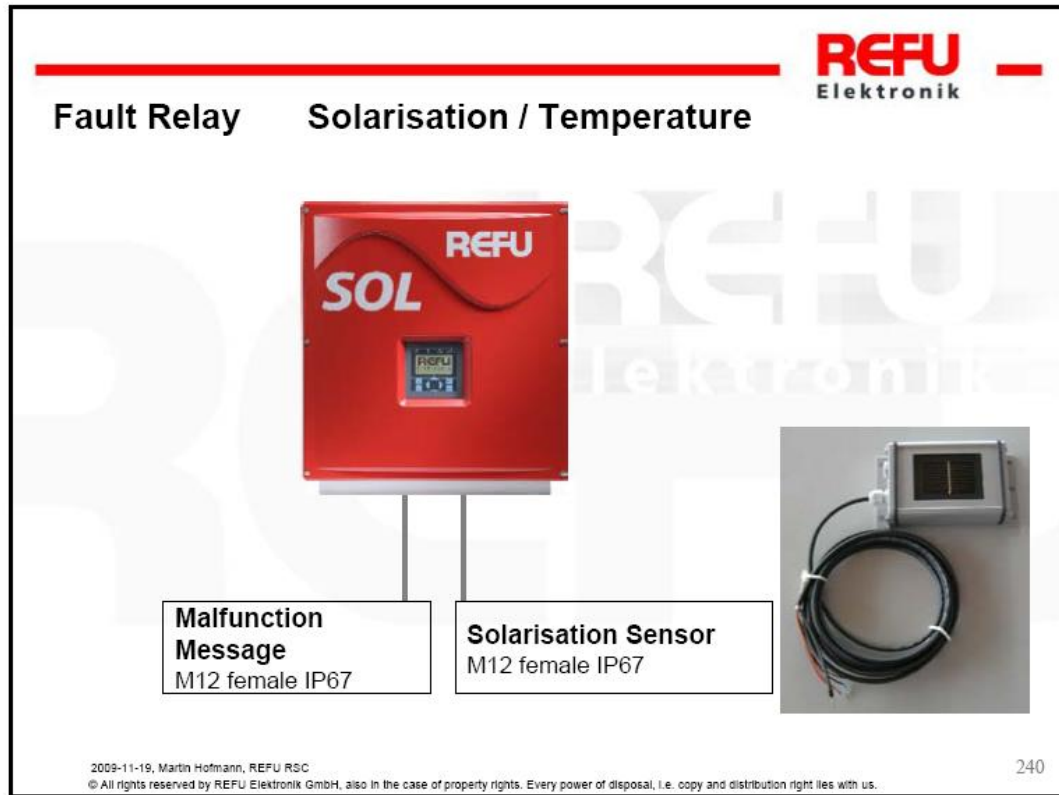
Το web-control είναι η συσκευή επικοινωνίας των trackers. Μέσω αυτής παρακολουθούνται μέσω Internet και επιπλέον μέσω αυτού οριζοντιώνονται οι trackers σε περίπτωση ανέμου πάνω από 70km/h. Στο web-control συνδέεται το ανεμόμετρο που είναι τοποθετημένο δίπλα από τον οικίσκο.



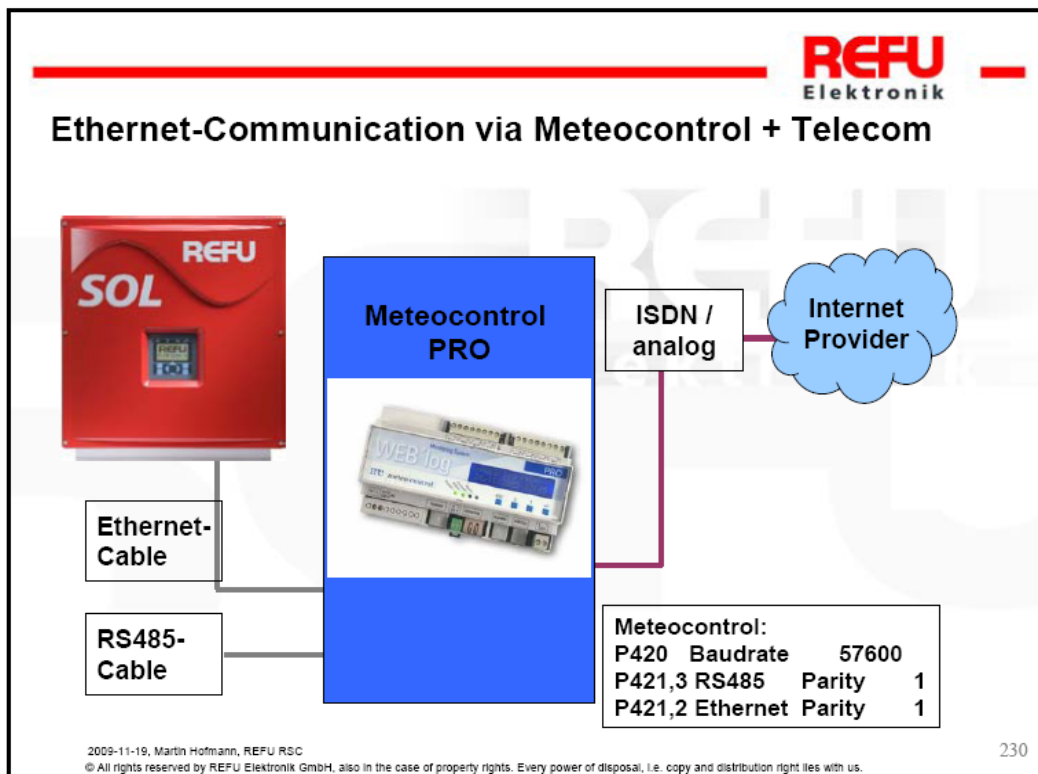
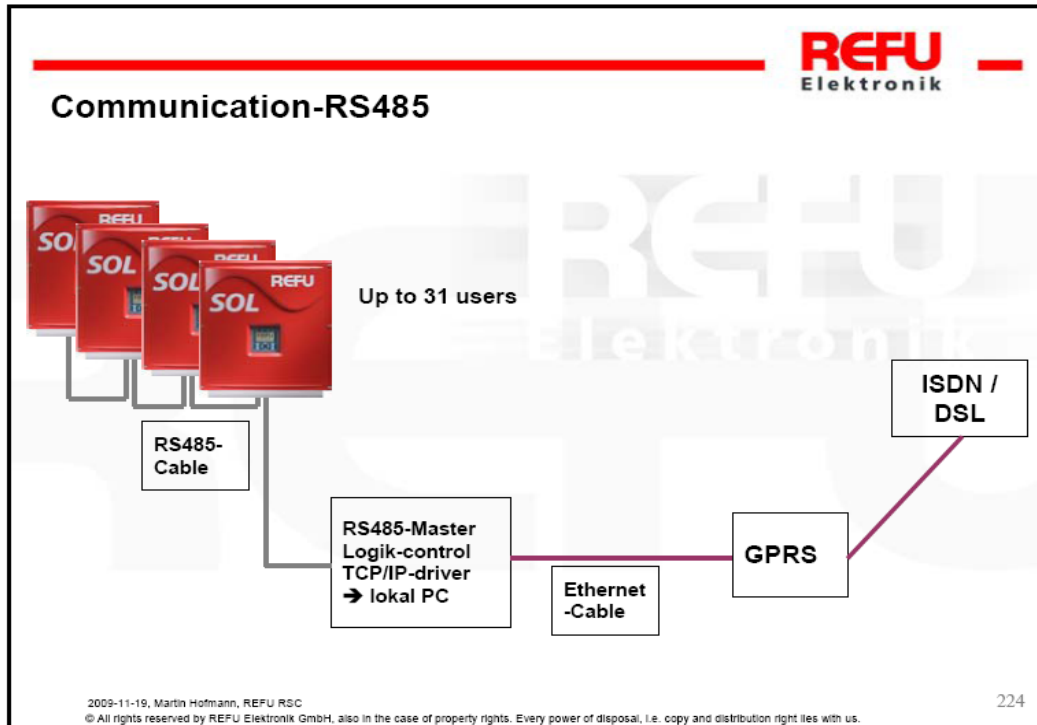
Εικόνα 4 το web-control



Εικόνα 5 Ενδεικτικό σχέδιο ανεμόμετρου



Εικόνα 6 Αισθητήρας ηλιακής ακτινοβολίας-θερμοκρασίας



Εικόνα 7 & 8 : Συσκευή συλλογής δεδομένων(web-log) από τα inverters και μετάδοσης τους μέσω internet

5.3.7.2. Μετεωρολογικός Σταθμός.

Ο μίνι μετεωρολογικός σταθμός, έχει σκοπό να παρακολουθεί, καταγράφει και αποστέλλει κρίσιμα για την λειτουργία της μονάδος μετεωρολογικά δεδομένα. Ως τέτοια θεωρούνται τα :

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Ταχύτητα ανέμου
- Ηλιακή ακτινοβολία (irradiation)

Για την υλοποίηση του μίνι – μετεωρολογικού σταθμού, θα χρησιμοποιηθεί η συσκευή μετρήσεων Solarisation Sensor Η εν λόγω μονάδα, εκτός των παραπάνω μεγεθών, μπορεί να παρακολουθεί και τη θερμοκρασία ενός τυπικού Φ/Β πλαισίου.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η μονάδα τοποθετείται κοντά σε τυπικό Φ/Β πάνελ και έχει τον ίδιο προσανατολισμό με αυτό προκειμένου να μετρά την ίδια ακριβώς ακτινοβολία.

- Ο αισθητήρας ταχύτητας αέρα τοποθετείται σε ιστό ύψους 9m
- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας πανέλου, προσκολλάται με ειδική ταινία στην πίσω πλευρά ενός πανέλου.

Το καλώδια επικοινωνίας θα είναι SFTP Cat 5e.

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ – ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.

Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία της HELLAS SAT (δορυφορικό κάτοπτρο και router). Τα παρακάτω στοιχεία είναι απαραίτητα για την επικοινωνία σε απομακρυσμένες περιοχές με χρήση δορυφορικού internet.



Εικόνα 9 *96cm Receive-Transmit Offset Antenna System*



Εικόνα 10 *SATNET S4100 VSAT FEATURES & SPECIFICATIONS*

5.3.8.Αντικεραυνική Προστασία-Γειώσεις

5.3.8.1 Πρότυπα συστήματος αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ).

5.3.8.1.1 Εξωτερικό ΣΑΠ.

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006**, “Protection against lightning.Physical damage to structures and life hazard”.
- Ελληνικό Πρότυπο **ΕΛΟΤ 1412**, “ Προστασία κατασκευών από κεραυνούς- Οδηγία Α: Εκτίμηση κινδύνου κεραυνοπληξίας και επιλογή επιπέδου προστασίας του ΣΑΠ. .

5.3.8.1.2. Εσωτερικό ΣΑΠ.

- Διεθνές Πρότυπο **IEC 61312–1**, “Protection against Lightning Electromagnetic Impulse (LEMP)”.
- Διεθνές Πρότυπο **IEC 664**, “Insulation coordination for equipment within low voltage systems”.
- Διεθνές Πρότυπο **IEC 60364–4–443**, “Electrical installations of buildings, Part 4: Protection for safety, Chapter 44: Protection against overvoltages, Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin due to switching”.
- Διεθνές Πρότυπο **IEC 61643 – 12**, “Low voltage surge protective devices – Part 12: SPDs connected to low voltage power distribution systems – Selection and application principles”.

5.3.8.2.Πρότυπα Υλικών.

5.3.8.2.1 Υλικά Αντικεραυνικής Προστασίας.

Τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται έχουν υποστεί με επιτυχία τις εργαστηριακές δοκιμές όπως προβλέπονται από τα κάτωθι πρότυπα :

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 50164 – 1**, “Lightning Protection Components (LPC), Part 1 : Requirements for connection components”
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 50164 – 2**, “Lightning Protection Components (LPC), Part 2 : Requirements for conductors, and earth electrodes”.

Τα ανωτέρω πρότυπα έχουν αντικαταστήσει τα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα όπως: DIN (Γερμανίας), BS (Βρετανίας) κλπ

5.3.8.2.2 Απαγωγή κρουστικών υπερτάσεων.

- Ευρωπαϊκό Πρότυπο **EN 61643 – 11**, “Low voltage surge protective devices – Part 11: SPDs connected to low voltage power distribution systems –Performance requirements and testing methods”.
- Ευρωπαϊκό Πρότυπο **EN 61643 – 21**, “Low voltage surge protective devices – Part 22: SPDs connected to telecommunication and signaling networks – Performance requirements and testing methods”.

Η συμμόρφωση των προϊόντων με τα ανωτέρω πρότυπα αποτελεί εγγύηση ποιότητας, αξιοπιστίας και ασφάλειας για την προδιαγραφόμενη χρήση.

5.3.8.2.3. Τεχνική περιγραφή συστήματος αντικεραυνικής προστασίας.

Η ανάγκη εγκατάστασης Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) και η επιλογή της κατάλληλης Στάθμης Προστασίας για το σχεδιασμό του, γίνεται βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ 1412/1998, όπου λαμβάνοντας υπόψη διάφορες παραμέτρους (χρήση της κατασκευής, διαστάσεις, γεωγραφική θέση κλπ) η κατασκευή κατατάσσεται σε κάποια Στάθμη Προστασίας από την πιο αυστηρή **I** έως την πιο χαλαρή **IV**.

Στην περίπτωση ανάγκης εγκατάστασης ΣΑΠ προβαίνουμε στον σχεδιασμό της Αντικεραυνικής Προστασίας σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006 και στην υλοποίησή της με υλικά που πρέπει να ικανοποιούν τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα EN 50164 – 1 και EN 50164 – 2

ΓΕΝΙΚΑ

Σύμφωνα με τα ανωτέρω πρότυπα, το ΣΑΠ περιλαμβάνει το εξωτερικό και το εσωτερικό σύστημα.

1. Το εξωτερικό σύστημα αποτελείται από :

Το συλλεκτήριο σύστημα που σκοπό έχει να συλλέξει το κεραυνικό ρεύμα και να το διοχετεύσει μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης με ασφάλεια. Αποτελείται από ράβδους (ακίδες), τεταμένα σύρματα, πλέγμα αγωγών (βρόχοι), μεμονωμένα ή σε συνδυασμό.

Τους αγωγούς καθόδου που σκοπό έχουν να οδηγήσουν το κεραυνικό ρεύμα από το συλλεκτήριο, με ασφάλεια στο σύστημα γείωσης. Αποτελείται από αγωγούς διατεταγμένους περιμετρικά της κατασκευής.

Το σύστημα γείωσης που σκοπός του είναι να επιτευχθεί η διάχυση του κεραυνικού ρεύματος μέσα στη γη, με ασφάλεια χωρίς να δημιουργούνται επικίνδυνες υπερτάσεις.

Η γείωση του πάρκου θα γίνει μέσω ταινίας St/tZn 30x3,5mm² η οποία θα τοποθετηθεί σε όλες τις τσιμεντένιες βάσεις θεμελίωσης είτε των trackers, είτε του οικίσκου και θα είναι όλες ενωμένες μεταξύ τους.

Επίσης όλες οι βάσεις θα είναι ενωμένες με Cu 50mm² ο οποίος θα διατρέχει όλο το πάρκο. Από κάθε βάση θεμελίωσης θα αφεθούν δύο αναμονές. Μια St/tZn Φ10 για την γείωση της βάσης του tracker μέσω γωνιακού διακόπτη και μία αναμονή Cu 50mm² που θα γεφυρώνει όλες τις βάσεις μαζί.

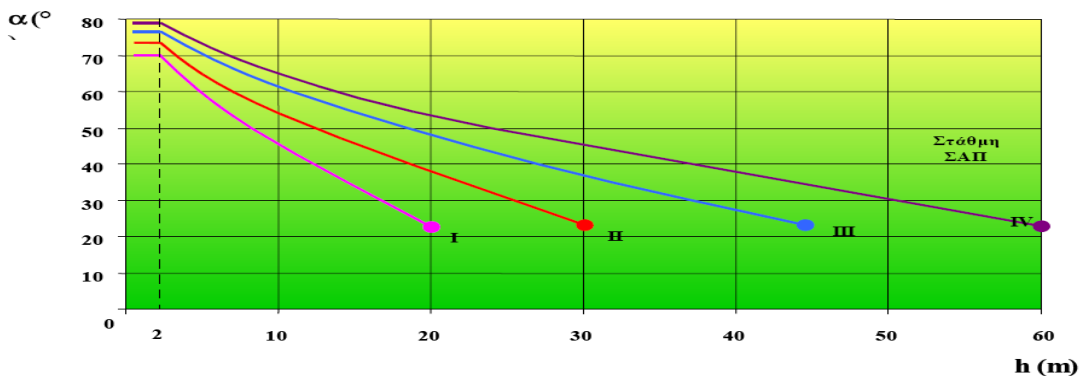
Η γείωση του ουδετέρου θα πραγματοποιηθεί κάτω από το μετρητή εισερχόμενης-εξερχόμενης ισχύος σε ξεχωριστό τρίγωνο γείωσης χαλκού 1,5m (μπορεί να τοποθετηθούν και δύο η μια πάνω στην άλλη σε περίπτωση μη επίτευξης επιθυμητής τιμής Ω).

Η γείωση του ηλεκτρικού πίνακα θα γίνει μέσω Cu 50mm² ο οποίος θα συνδεθεί με την θεμελιακή γείωση με ειδικό σύνδεσμο Cu-St/tZn. Ο αγωγός Cu θα συνδέσει το τρίγωνο γείωσης του μετρητή με την θεμελιακή γείωση.

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006 :α. Ανάλογα της απαιτούμενης στάθμης προστασίας οι διαστάσεις των βρόχων του συλλεκτηρίου συστήματος, η γωνία προστασίας ακίδος που πιθανόν να περιέχεται σε αυτό καθώς επίσης η μέση απόσταση των αγωγών καθόδου, ορίζονται στον ακόλουθο πίνακα και στο διάγραμμα.

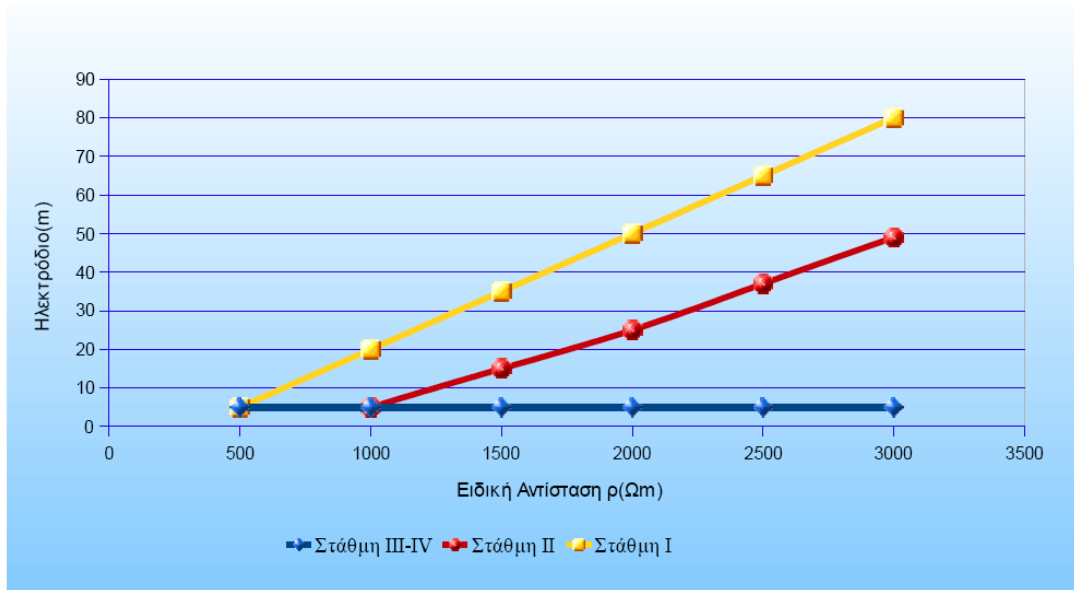
Στάθμη Προστασίας	Διαστάσεις Βρόχων (m)	Μέση Απόσταση Αγωγών Καθόδου(m)
I	5x5	10
II	10x10	10
III	15x15	15
IV	20x20	20

Πίνακας 14



Σχήμα 15 γωνία ακίδων σε συνάρτηση της μέσης απόστασης αγωγών καθόδου

β. Ο σχεδιασμός του συστήματος γείωσης σε σχέση με την απαιτούμενη στάθμη προστασίας απαιτεί ελάχιστα μήκη ηλεκτροδίων που φαίνονται στον πίνακα 14 . Τα ελάχιστα μήκη μπορούν να μη ληφθούν υπ' όψη με την προϋπόθεση ότι έχει επιτευχθεί μία αντίσταση γείωσης μικρότερη από 10Ω.



Ελάχιστο μήκος L1 οριζόντιων ηλεκτροδίων γείωσης, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 62305-3 : 2006. Οι στάθμες προστασίας III και IV είναι ανεξάρτητες από την ειδική αντίσταση του εδάφους. Για τα κατακόρυφα ηλεκτρόδια το ελάχιστο μήκος γειωτή είναι 0,5L1.

Σχήμα 16 Ελάχιστο μήκος οριζόντιων ηλεκτροδίων γείωσης, ανάλογα με τη στάθμη προστασίας και την ειδική αντίσταση του εδάφους.

2. Το εσωτερικό σύστημα αποτελείται από:

Τις ισοδυναμικές συνδέσεις: Ο σκοπός των ισοδυναμικών συνδέσεων είναι να μειώσουν τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των μεταλλικών μερών και εγκαταστάσεων στο εσωτερικό του υπό αντικεραυνική προστασία χώρου και να μειώσουν το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά την άμεση ή έμμεση κεραυνοπληξία, εντός αυτού.

Ο εσωτερικός χώρος του υπό προστασία χώρου πρέπει να διαιρεθεί σε Ζώνες Αντικεραυνικής Προστασίας (ΖΑΠ) προκειμένου να ορισθούν χώροι διαφορετικής δριμύτητας κεραυνικής ηλεκτρομαγνητικής κρούσης σύμφωνα με το IEC 61312 –1 έως 5, όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Τους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων: Με τον όρο Κρουστικές Υπερτάσεις εννοούμε τις απότομες αυξήσεις της απόλυτης τιμής του δυναμικού, η διάρκεια των οποίων κυμαίνεται από μseconds μέχρι κάποια msec. Η αύξηση της απόλυτης τιμής δυναμικού,

κυμαίνεται από μερικά Volts, μέχρι χιλιάδες Volts. Οι πηγές των Κρουστικών Υπερτάσεων μπορεί να είναι φυσικές, όπως:

- Κεραυνοί (LEMP)
- Αστραπές
- Ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (ESD)

Ή τεχνητές, όπως:

- Χειρισμοί διακοπών
- Βραχυκυκλώματα (SEMP) κλπ.
- Αλλά και η έναυση των ημιαγωγικών στοιχείων όπως π.χ. των thyristors τα οποία με την σειρά τους δημιουργούν αρμονικές οι οποίες καταπονούν τα διηλεκτρικά των ευαίσθητων ηλεκτρονικών συσκευών.

ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥΝ ΟΙ ΚΡΟΥΣΤΙΚΕΣ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ ΕΙΝΑΙ :

- Πιθανή εστία επικίνδυνων καταστάσεων για το ανθρώπινο δυναμικό. Σπινθήρες, πυρκαγιά, εκρήξεις, ηλεκτροπληξία.
- Ολική καταστροφή συσκευών. Καταστροφή των ηλεκτρικών μονώσεων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών – μηχανημάτων.
- Κόστος εργασίας. Αδυναμία εργασίας, κόστος αντικατάστασης, μειωμένη παραγωγικότητα, απώλεια πελατών.
- Βαθμιαία φθορά συσκευών, Καταπόνηση μονωτικών από υπερτάσεις, επίσπευση γήρανσης μονωτικών, μείωση ζωής συσκευών και μηχανημάτων.
- Απώλειες μνήμης, “Πάγωμα” οθονών, επανεκκίνηση ηλεκτρονικών συσκευών κλπ.

ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ

Τοποθετώντας σε κατάλληλη θέση στο ηλεκτρικό δίκτυο κατάλληλους απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων επιτυγχάνεται η προστασία των ηλεκτρικών – ηλεκτρονικών συσκευών με την εξομάλυνση του φαινομένου.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΠΑΓΩΓΩΝ ΚΡΟΥΣΤΙΚΩΝ ΥΠΕΡΤΑΣΕΩΝ.

Οι απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων είναι συσκευές που σε ονομαστικές τάσεις του δικτύου ή σε μικρές υπερτάσεις αυτού, παρουσιάζουν εσωτερική αντίσταση σχεδόν άπειρη ενώ όταν η τιμή της τάσης του δικτύου υπερβεί κάποια τιμή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση διέλευσης κρουστικής τάσης, τότε η εσωτερική αντίσταση μικραίνει ακαριαία που τείνει στο μηδέν, οδηγώντας την επικίνδυνη υπέρταση στη γείωση καθ' όλη την χρονική διάρκεια που εφαρμόζεται στο δίκτυο. Μετά την παρέλευση του φαινομένου και επαναφορά της τάσης του δικτύου στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός ανακτά την αρχική του άπειρη αντίσταση προστατεύοντας την εγκατάσταση από το καταστροφικό κεραυνικό ρεύμα ενώ παράλληλα εξασφαλίζει την αδιάλειπτη λειτουργία της εγκατάστασης.

Τα βασικά χαρακτηριστικά για την επιλογή ενός Απαγωγού Κρουστικών Υπερτάσεων είναι :

Up: Παραμένουσα τάση ή τάση διάσπασης που πρέπει να είναι χαμηλότερη από την στάθμη μόνωσης της συσκευής.

UN: Ονομαστική τάση συνεχούς λειτουργίας που πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση του δικτύου.

IN : Κρουστικό ονομαστικό ρεύμα διέλευσης.

Iimp ή **I_{max}**: Το μέγιστο κρουστικό ρεύμα διέλευσης που εξαρτάται από το αναμενόμενο κρουστικό ρεύμα διέλευσης στην θέση εγκατάστασης του Απαγωγού το οποίο υπολογίζεται με βάση το Διεθνές Πρότυπο IEC 1312-1 και το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 1412. (Με το 1412 υπολογίζουμε την στάθμη και το αναμενόμενο κεραυνικό ρεύμα στην κατασκευή και με το 1312 την τιμή του ρεύματος που θα διαρρεύσει τους αγωγούς κλπ)

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΓΩΓΩΝ

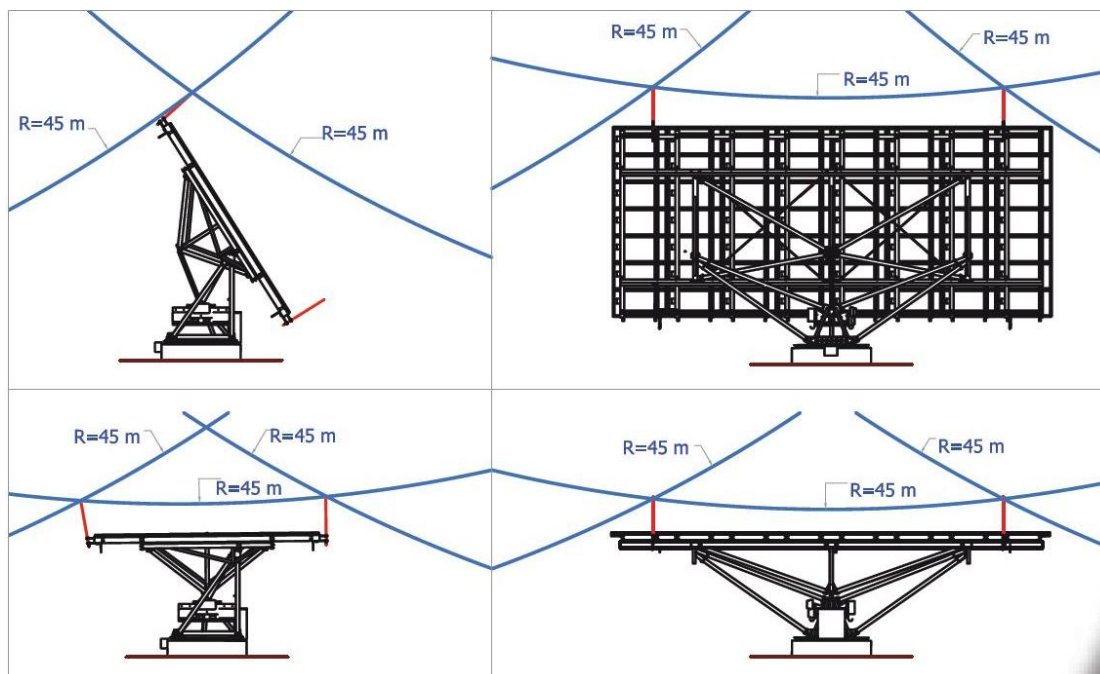
Οι απαγωγοί επιλέγονται σύμφωνα με το IEC 61312 λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει καταμερισμός του κεραυνικού ρεύματος και ότι ένα μικρό ποσοστό αυτού τελικά οδεύει μέσα από καλωδιώσεις. Συγκεκριμένα σύμφωνα με το παραπάνω Πρότυπο το 50% του κεραυνικού ρεύματος οδεύει στη γείωση και το υπόλοιπο καταμερίζεται σε καλωδιώσεις και μεταλλικές σωληνώσεις που υπάρχουν στο κτίριο. Η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται όσο δυνατόν πλησιέστερα στην υπό προστασία συσκευή. Η γείωση των απαγωγών που λαμβάνουν μέρος στην προστασία κάποιας συσκευής θα πρέπει να είναι κοινή. Η καλωδίωση της γείωσης θα πρέπει να ακολουθεί την συντομότερη διαδρομή και να είναι όσο το δυνατό πιο ευθύγραμμη από τον απαγωγό προς τη γείωση.

5.3.8.2.4. Εξωτερική αντικεραυνική προστασία φ/β πάρκου 80 kW.

Εξετάζοντας την ανάγκη εγκατάστασης ΣΑΠ και την επιλογή της Στάθμης Προστασίας στη συγκεκριμένη κατασκευή, σύμφωνα με τα ανωτέρω προκύπτει ότι απαιτείται αντικεραυνική προστασία και η απαιτούμενη Στάθμη προστασίας είναι **III**.

5.3.8.2.4.1 Συλλεκτήριο σύστημα φ/β πάρκου.

Σαν συλλεκτήριο σύστημα στις τέσσερις γωνίες των trackers θα τοποθετηθούν ακίδες FRANKLIN Φ30x1000 κατάλληλα διαμορφωμένες για τη στήριξη – αγωγή σύνδεση στην μεταλλική βάση στήριξης των φωτοβολταϊκών στοιχείων.



Σχήμα 17 Συλλεκτήριο σύστημα φ/β πάρκου

Επίσης ακίδα Franklin θα τοποθετηθεί πάνω στον 9μ ιστό που θα τοποθετηθεί το ανεμόμετρο και θα συνδεθεί απευθείας με ηλεκτρόδιο γείωσης που θα είναι τοποθετημένος δίπλα από τον ιστό.

5.3.8.2.4.2 ΥΛΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ Φ/Β ΠΑΡΚΟΥ.

1. Πάνω στις βάσεις σε συγκεκριμένα σημεία με ειδική προσαρμογή πάνω στην βάση στήριξης θα τοποθετηθούν οι ακίδες που περιγράφονται παρακάτω. Επίσης ακίδα FRANKLIN θα τοποθετηθεί και στον 9 m ιστό.
2. Ταινία κατάλληλη για θεμελιακή γείωση και ισοδυναμικές συνδέσεις. Θα τοποθετηθεί στον σιδηρό οπλισμό της θεμελίωσης με ειδικά στηρίγματα όσο γίνεται πιο χαμηλά και με την μεγάλη επιφάνεια τοποθετημένη κάθετα. Σύμφωνα δε με το σκαρίφημα της αντικεραυνικής κάτοψης απαιτείται ταινία μήκους 110,00m.

Βάρος kgr/m Weight kg/m	Συσκευασία (m) Packaging(m)	Κωδικός Code
0,738	55	64 01 330
0,865	55	64 01 130
1,318	35	64 01 140
0,810	55	64 01 331
0,85	55/30	64 01 030/31
1,300	35	64 01 040
0,450	50	64 20 252
0,675	50	64 20 253
0,534	50	64 20 030
0,801	45	64 20 330
1,068	35	64 20 403

Πίνακας 15 Χαρακτηριστικά ταινίας γείωσης

3. Σφικτήρας ταινίας 30x3,5mm St/tZn Κατάλληλος για τοποθέτηση της ταινίας στον σιδηρό οπλισμό.
4. Οι μεταλλικές βάσεις των trackers συνδέονται με την θεμελιακή γείωση με αγωγό κυκλικής διατομής Φ10 ο οποίος χρησιμοποιείται σαν αγωγός καθόδου και σαν συλλεκτήριος αγωγός. Το μήκος αυτού είναι 9m.

Βάρος kgr/m Weight kg/m	Συσκευασία (m) περίπου Length/coil (m) approx	Κωδικός Code
0,395	100	64 00 008
0,616	50	64 00 010
0,436	206	64 20 018
0,250	200	64 20 006
0,450	150	64 20 008
0,135	400	64 40 008
0,172	200	64 40 009
0,395	50	64 60 008
0,610	50	64 60 010
0,145	300	64 20 116
0,229	300	64 20 125
0,317	200	64 20 135
0,429	100	64 20 108
0,620	100	64 20 170
0,860	70	64 20 195

Πίνακας 16 Χαρακτηριστικά ταινίας γείωσης

5. Σφικτήρας Φ8-10. Κατάλληλος για διασταύρωση ή επιμήκυνση ταινιών και κυλινδρικών αγωγών χάλυβα και αλουμινίου.

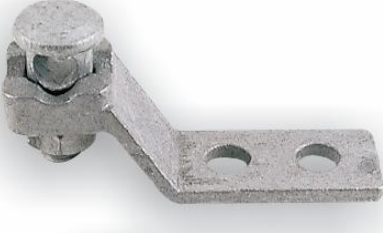
6. Σφικτήρας Φ8-10. Κατάλληλος για διασταύρωση ή επιμήκυνση ταινιών και κυλινδρικών αγωγών Cu.

7. Για την σύνδεση των trackers με την θεμελιακή γείωση θα απαιτηθούν γωνιακοί διακόπτες.

Περιγραφή Υλικού	Κωδικός	Ποσότητα
Χαλύβδινος γωνιακός ακροδέκτης γεφύρωσης αγωγού Ø8/10mm σε μεταλλική επιφάνεια	6205400	4

Πίνακας 17 γωνιακός ακροδέκτης

Χαλύβδινος γωνιακός ακροδέκτης γεφύρωσης αγωγού Ø8/10mm σε μεταλλική επιφάνεια– <u>Ενδεικτικού κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6205400</u>
<u>Περιγραφή Υλικού</u>
<p>Σύνδεσμος μορφής γωνιακού ακροδέκτου, ενδεικτικού κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 6205400, για την σύνδεση χαλύβδινου αγωγού ή αγωγού αλουμινίου κυκλικής διατομής, διαμέτρου Φ8/10mm, με επίπεδη χαλύβδινη επιφάνεια ή επιφάνεια αλουμινίου, τύπου “H” (Heavy type). Είναι κατασκευασμένος από χυτοχάλυβα θερμά επιψευδαργυρωμένο (St/tZn). Η σύσφιξη του αγωγού με τον ακροδέκτη επιτυγχάνεται με ειδική βίδα χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη, διαστάσεων M10 x 25mm, κατάλληλα διαμορφωμένη στην κεφαλή για την υποδοχή του αγωγού και με εξάγωνο περικόχλιο θερμά επιψευδαργυρωμένο, M10 κατά EN 24032. Η σύνδεση με την μεταλλική επιφάνεια επιτυγχάνεται με δύο βίδες M8 ή M10 και αντίστοιχα περικόχλια M8 ή M10 του ίδιου υλικού.</p> <p>Ο ακροδέκτης θα πρέπει να έχει υποστεί με επιτυχία όλες τις προβλεπόμενες από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1 εργαστηριακές δοκιμές (Περιβαλλοντικές και ηλεκτρικές με κεραυνικό ρεύμα 100kA, κυματομορφής 10/350μs). Η πραγματοποίηση των ανωτέρω δοκιμών θα αποδεικνύεται με Δελτίο Αποτελεσμάτων Δοκιμών</p>

από διαπιστευμένο εργαστήριο στο πεδίο διαπίστευσης του οποίου θα πρέπει να περιλαμβάνονται οι δοκιμές των Ευρωπαϊκών Προτύπων σειράς ΕΛΟΤ EN 50164.	
Πραγματοποίηση δοκιμών σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1	
Συνδεσμολογία σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Β6 (Διασταύρωση) ➤ Β5 (Παράλληλη σύνδεση)
Δοκιμές γήρανσης σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164 – 1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εκτός Εδάφους ➤ Εντός Εδάφους
Κατηγορία ικανότητας εκφόρτισης ρεύματος σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50164-1	<ul style="list-style-type: none"> ➤ CLASS H – 100kA (10/350μs) ➤ 50 Coulomb ➤ 2,5 MJoule / Ohm
Ροπή σύσφιξης	➤ 17Nm (M10), 13Nm (M8)
Η επιτυχής πραγματοποίηση των ανωτέρω δοκιμών αποδεικνύεται με Δελτίο Αποτελεσμάτων Δοκιμών από διαπιστευμένο εργαστήριο στο πεδίο διαπίστευσης του εργαστηρίου θα πρέπει να περιλαμβάνονται οι δοκιμές των Ευρωπαϊκών προτύπων σειράς ΕΛΟΤ EN 50164	
Μορφή συνδεσμολογίας	Μορφή Σφιγκτήρα
	

Πίνακας 18 περιγραφή γωνιακού ακροδέκτη

11.Πίνακας διασύνδεσης-Connection box ΥxΠxB=380x370x140 πλαστικός IP 65.

Ο πίνακας διασύνδεσης που θα τοποθετείται δίπλα σε κάθε inverter θα περιέχει τα εξής στοιχεία:

Πίνακας IP65 CONTROL BOARD P/SMOKE GREY 18 M 1 ROW WxHxD=380X370X140 της ABB

Για το κύκλωμα το dc:

-8 ασφαλειοδιακόπτες E9Φ15 PV,1000V ,15A της ABB για τα strings.

Μετατροπέας – Inverter DC

Στην πλευρά του DC , θεωρείται αναγκαία η εγκατάσταση ενός 5 – πολικού (4 βαρίστορ + 1 σπινθηριστής) (σε βάση) , διαιρούμενο απαγωγού κεραμικού ρεύματος type T1 + T2 (κατά EN 61643 – 11) ή class B + C (Κατά DIN VDE 0675 T6), τύπου P-HYS 805 .

Οι απαγωγοί αυτοί είναι κατάλληλοι για εγκατάσταση μεταξύ των ζωνών 0A - 2 και έχουν τα παρακάτω βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά : U_{cDC} : 1000 V (η τάση αυτή αντιστοιχεί στην τάση ανοικτού κυκλώματος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος -20°C), $I_{imp}=16\text{kA}$ (10/350μsec), $I_n=30\text{kA}$ (8/20μsec), $I_{max}=60\text{kA}$ (8/20μsec), U_p (30Ka)(L+L-) < 3,8 kV, U_p (30kA)(L+L-/PE)< 2.0 kV, στάθμη μονώσεως 10 kA/50Hz. Είναι κατασκευής της Γερμανικής εταιρίας J Propster GmbH.

Σημ: Στον πίνακα διασύνδεσης για κάθε inverter θα τοποθετηθεί ξεχωριστό arrestor

Οι απαγωγοί αυτοί είναι διαιρούμενοι με αποσπώμενο Varistor. Σε περίπτωση καταστροφής του Varistor είναι πολύ εύκολη η αντικατάσταση του, χωρίς να χρειάζεται το άνοιγμα του πίνακα και η διακοπή της τροφοδοσίας .

για το κύκλωμα του bus-RS-485:

προτείνεται ο απαγωγός P1-SQL 5V (δύο εισόδους data+,data-.ground) ο οποίος θα τοποθετηθεί στον τριφασικό πίνακα διασύνδεσης για την προστασία του κυκλώματος επικοινωνίας όπως επίσης μέσα στο Rack θα τοποθετηθεί απαγωγός P2-SQL 12V (τέσσερις εισοδοι data+data-

ground,12V) για το κύκλωμα του ανεμόμετρου και ένας απαγωγός P1-SQL 5V για το κύκλωμα RS-485 bus των trackers . **Ο απαγωγός ground του bus δε γειώνεται πουθενά.**

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού P1-SQL 5V είναι:

$U_n < 5V_{dc}$, $U_c < 4,3V_{ac}$, $U_p < 10V$, $I_n = 600mA$, $I_{imp} = 2,5kA$ (10/350ms), $I_{max} = 20kA$ (8/20), $t_a < 1ns$, $R_{in} < 2,2 \Omega$

ενώ τεχνικά χαρακτηριστικά του απαγωγού P2-SQL 12V είναι:

$U_n < 12V_{dc}$, $U_c < 10V_{ac}$, $U_p < 20V$, $I_n = 600mA$, $I_{imp} = 2,5kA$ (10/350ms), $I_{max} = 20kA(8/20)$, $t_a < 1ns$, $R_{in} < 2,2 \Omega$

Και για το κύκλωμα το ac:

Δύο τετραπολικούς μικροαυτόματους S204- B25, 25 A, $I_k = 6kA$ της ABB για την διέλευση των καλωδίων ac από τους inverters και ένας S204- B25, 25 A, $I_k = 6kA$ της ABB για την αναχώρηση προς τον πίνακα παραγωγής.

Απαγωγή 3Φ

Σε κάθε τριφασικό πίνακα αναγκαία η εγκατάσταση ενός τετραπολικού (σε κοινή βάση) διαιρούμενο απαγωγού κεραμικού ρεύματος type T1+T2 (κατά EN 61643 – 11) ή class B+C (Κατά DIN VDE 0675 T6), τύπου P-HMS 280 3+1, κωδικού T.A. 2022.060.

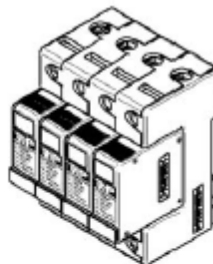
Οι απαγωγοί αυτοί είναι κατάλληλοι για εγκατάσταση μεταξύ των ζωνών 0A-2 και έχουν τα παρακάτω βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά : $I_{imp} = 20kA$ (10/350μsec), $I_n = 30kA$ (8/20μsec), $I_{max} = 60kA$ (8/20μsec), TT , U_p (35kA) < 1500V, U_p (5kA) < 700V. Είναι κατασκευής της Γερμανικής εταιρίας J Propster GmbH.

Οι απαγωγοί αυτοί είναι διαιρούμενοι με αποσπώμενο Varistor. Σε περίπτωση καταστροφής του Varistor είναι πολύ εύκολη η αντικατάσταση του, χωρίς να χρειάζεται το άνοιγμα του πίνακα και η διακοπή της τροφοδοσίας .

Installation instruction for Combined arresters

P-HMS 280 (Fm)

Multi-pole



Technical data:

Tested in accordance with:		VDE 0675 part 6-11: 2002-12 (EN 61643-11, IEC 61643-1)
Max. switched voltage U_c :	(AC)	280V~
	(DC)	350V-
Protection level at 5kA		< 700 V
35 kA		< 1500 V
Back-up fuse max:		125 AgLgG
Short circuit strength:		50 kA/50 Hz
Temperature range:		-40°C bis +75°C
Level of protection:		IP 20
Arrester class:		B+C (SPD Type 1+2, arrester class I+II)
Mounting:		at 35 mm rail (EN 50 022)
Wire range:		min. 10 mm ² single-core / finely-stranded
		Max. 50mm ² stranded
		35mm ² finely-stranded
Tightening torque:		4,5 Nm
Location of installation:		main-distribution, sub-distribution

Remote signal:

Contact:		Changer
Rated voltage:		250V~/-
Max. switched current	AC:	5A
	DC:	0,75A-75V / 0,5A-125V / 0,25A-250V



Typ P-HMS 280 (Fm)	2-polig	1+N	3-polig	4-polig	3+N
Housing dimensions in accordance with DIN 43880 (1 TE=18 mm)	2 TE	2 TE	3 TE	4 TE	4 TE
Max. impulse current I_{imp}	16 kA	16 kA	24 kA	32 kA	20 kA
Nom. discharge impulse current I_n	70 kA	30 kA	100 kA	100 kA	30 kA
Max. discharge impulse current I_{max}	120 kA	60 kA	150 kA	150 kA	60 kA
order no. P-HMS 280 ..	207 220	207 210	207 230	207 250	207 240
order no. P-HMS 280 Fm..	207 222	207 212	207 232	207 252	207 242

Πίνακας 19 τεχνικά χαρακτηριστικά arrestor

Στον γενικό πίνακα θα τοποθετηθούν απαγωγείς υπερτάσεων κλάσης T1, $I_{imp}=25kA$, $U_p=2.5kV$ ενδεικτικού τύπου OVRT14L της εταιρίας ABB. (Στοιχεία και εικόνες παρουσιάζονται από κάτω)



Εικόνα 11 Απαγωγέας υπέρτασης OVR T1 4L(θα τοποθετηθεί στον γενικό πίνακα)

Περιγραφή Υλικού	Ποσότητα
Πίνακας διασύνδεσης-Connection box IP65 ΥxΠxΒ=220x380x140	4

Πίνακας 20 Πίνακας διασύνδεσης

5.3.9. Σύστημα ασφαλείας

Το σύστημα ασφαλείας του πάρκου εγκαθίσταται με σκοπό την αποτροπή καταστροφής η βανδαλισμού μέρους ή όλου του πάρκου από τρίτους ή ακόμα και αν αυτό συμβεί, για την πρόληψη ανεπιθύμητων καταστάσεων. Για τον σκοπό ο σχεδιασμός και η εφαρμογή προβλέπουν την εγκατάσταση:

- Συστήματος καμερών με καταγραφικό τερματικό
- Συστήματος περιμετρικού ελέγχου κίνησης
- Συστήματος αποστολής δεδομένων και σηματοδοσίας
- Συστήματος Περιμετρικού φωτισμού

Το σύστημα καμερών θα αποτελείται από κάμερες μονοκατευθυντικές με υψηλή ανάλυση και μεγάλη ευαισθησία σε κινήσεις προκειμένου να καταγράφονται και να αποτυπώνονται οιοσδήποτε κινήσεις στον χώρο του πάρκου. Οι κάμερες θα τοποθετηθούν επί στυλίσκου όπως προαναφέρθηκε με σκοπό την οπτική επαφή με οποιοδήποτε σημείο του πάρκου.

Καταγραφικό σύστημα video 16 καναλιών θα καταγράφει την εικόνα η οποία θα έχει την δυνατότητα πρόσβασης από μακριά μέσω internet.

Συνολικά θα τοποθετηθούν 4 κάμερες στις άκρες που απέχουν πιο μακριά σε εξάμετρο μεταλλικό στύλο όπου στους ίδιους θα τοποθετηθούν προβολείς HQI συμμετρικής δέσμης 250W IP 65. Ο ίδιος ο προβολέας θα τοποθετηθεί και πάνω στο κιόσκι. Την έναυση των προβολέων θα προκαλεί σήμα από τον πίνακα συναγερμού. Στην είσοδο του σταθμού θα υπάρχει πληκτρολόγιο το οποίο θα ελέγχει το πίνακα συναγερμού. Θα τον οπλίζει και θα τον αφοπλίζει ανάλογα τις προκείμενες απαιτήσεις.

Πάνω στο κιόσκι θα τοποθετηθεί μηχανισμός ανίχνευσης κίνησης υψηλής αξιοπιστίας με πολλαπλά ρυθμιζόμενα επίπεδα ευαισθησίας ο οποίος θα συνδεθεί με τον πίνακα συναγερμού. Σε περίπτωση συναγερμού θα ενεργοποιηθεί εξωτερική σειρήνα με φάρο 120db με προστασία από δολιοφθορά.

Οι εικόνες και το βίντεο από το σύστημα των καμερών μέσω DVR θα μεταφέρεται μέσω internet στα ενδιαφερόμενα μέρη. Επίσης τα σήματα από το σύστημα των υπέρυθρων ακτίνων και του ανιχνευτή κίνησης, θα συλλέγονται και θα συγκεντρώνονται στον πίνακα του συναγερμού και μέσω ειδικής συσκευής τα ενδιαφερόμενα μέρη θα δέχονται τηλεφωνική κλήση.

Οι κάμερες θα συνδεθούν όλες μεταξύ τους με καλώδιο SFTP cat-5e, ενώ οι ανιχνευτές και το πληκτρολόγιο με 4x0,22mm² θωρακισμένο.

Σε περίπτωση που είτε θα γίνει καταγραφή κίνησης είτε σημάνει συναγερμός στο σύστημα του περιμετρικού ελέγχου, τόσο η εικόνα όσο και ένας συναγερμός θα αποσταλούν στην εταιρεία παροχής υπηρεσιών φύλαξης μέσω SMS αλλά και του επενδυτή προκειμένου να γίνει η ανάλογη επέμβαση.

5.3.8.1. Τεχνικά στοιχεία οργάνων συστημάτων ασφαλείας

ΕΝΔ. ΤΥΠΟΣ / 6051 DX-DF6040/VGA

Ψηφιακή συσκευή εγγραφής video DVR 4 / 8 / 16 καναλιών, με DVD

Full triplex ψηφιακός καταγραφέας MPEG 4, 9 εισόδων video/4 audio (BNC x 9video out-Main / Call Monitor out+VGA. Διαθέτει θύρα για ποντίκι USB. Υποστηρίζει IE Browser, TCP/IP με client software, DDNS, NTP,E-MAIL, CALL BACK. Μεταβλητή ρύθμιση ταχύτητας μετάδοσης ανά κανάλι. Μεταβλητή ρύθμιση ταχύτητας εγγραφής ανά κανάλι. Δέχεται έως 4 σκληρούς δίσκους με την δυνατότητα της ανάγνωσης των δίσκων από PC. Διαθέτει OSD/PTZ control Rs485, Back up USB 2.0/DVD-RW/CD-RW/NETWORK, (AVI Format), συνολική ταχύτητα ζωντανής απεικόνισης 400fps, συνολική ταχύτητα εγγραφής 480fps, ανάλυση εγγραφής 720x576 (PAL). Διαθέτει τροφοδοτικό 12V/4A. Ειδικά χαρακτηριστικά : Control Monitoring Station Software (υποστηρίζει έως 64 συνολικά κάμερες με δυνατότητα χαρτογράφησης), 2 call monitor, αναγγελία συμβάντος σε έως 7 PC με δυνατότητα εμφάνισης alarm στην οθόνη του PC, PTZ control / live/playback μέσω software. Διαστάσεις: 440x402x88mm. Βάρος : 3.68 Kgr. Δεν περιλαμβάνει HDD. Με VGA έξοδο για TFT monitors.



Εικόνα 12 Ψηφιακή συσκευή εγγραφής video

Αρ.	Υποδοχή	Περιγραφή
1	Video-In	Σύνδεση κάμερας (NTSC/PAL)
2	Video Loop-Out	Έξοδος εικόνας Loop-Out
3	Audio-In	Είσοδος συσκευής ήχου (με ενισχυτή)
4	Audio-Out	Έξοδος σε συσκευή ήχου (με ενισχυτή)
5	Video-Out	Σύνδεση οθόνης κλειστού κυκλώματος (CCTV)
6	S-Video	Υποδοχή S-Video
7	Spot-Out	Σύνδεση οθόνης spot
8	VGA-Out	Σύνδεση οθόνης PC (VGA)
9	USB	Υποδοχή USB
10	LAN	Σύνδεση Ethernet 10/100
11	NTSC/PAL	Επιλογή τύπου σήματος
12	RS-485	Σύνδεση κάμερας PTZ και εξωτερικού πληκτρολογίου
13	Είσοδος αισθητήρα	Σύνδεση εξωτερικού αισθητήρα
14	Έξοδος συναγερμού	Σύνδεση εξωτερικής συσκευής συναγερμού
15	Είσοδος ρεύματος	Σύνδεση του καλωδίου ρεύματος (12 V, 5-8 A)

Πίνακας 21 Τύποι υποδοχών Ψηφιακής συσκευής εγγραφής video

Το σύστημα έχει ενσωματωμένο web server.

Network type

Μπορεί να επιλέγει ο τύπος του δικτύου σύνδεσης. Είτε LAN για σταθερό IP ή DHCP για δυναμικό IP.

Gateway

Αυτή είναι η διεύθυνση IP του δρομολογητή του δικτύου (router) ή του gateway server. Χρειάζεται όταν ο χρήστης θέλει να συνδεθεί μέσω εξωτερικού δρομολογητή από το τηλεχειριστήριο.

Σημείωση: Το σύστημα μεταφέρει τις εικόνες σε ταχύτητα πραγματικού χρόνου στο δίκτυο, ακόμα και όταν δεν γίνεται εγγραφή. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί βίντεο ζωντανά ακόμα και αν δεν έχει ανιχνευτεί κίνηση στη λειτουργία ανίχνευσης κίνησης.

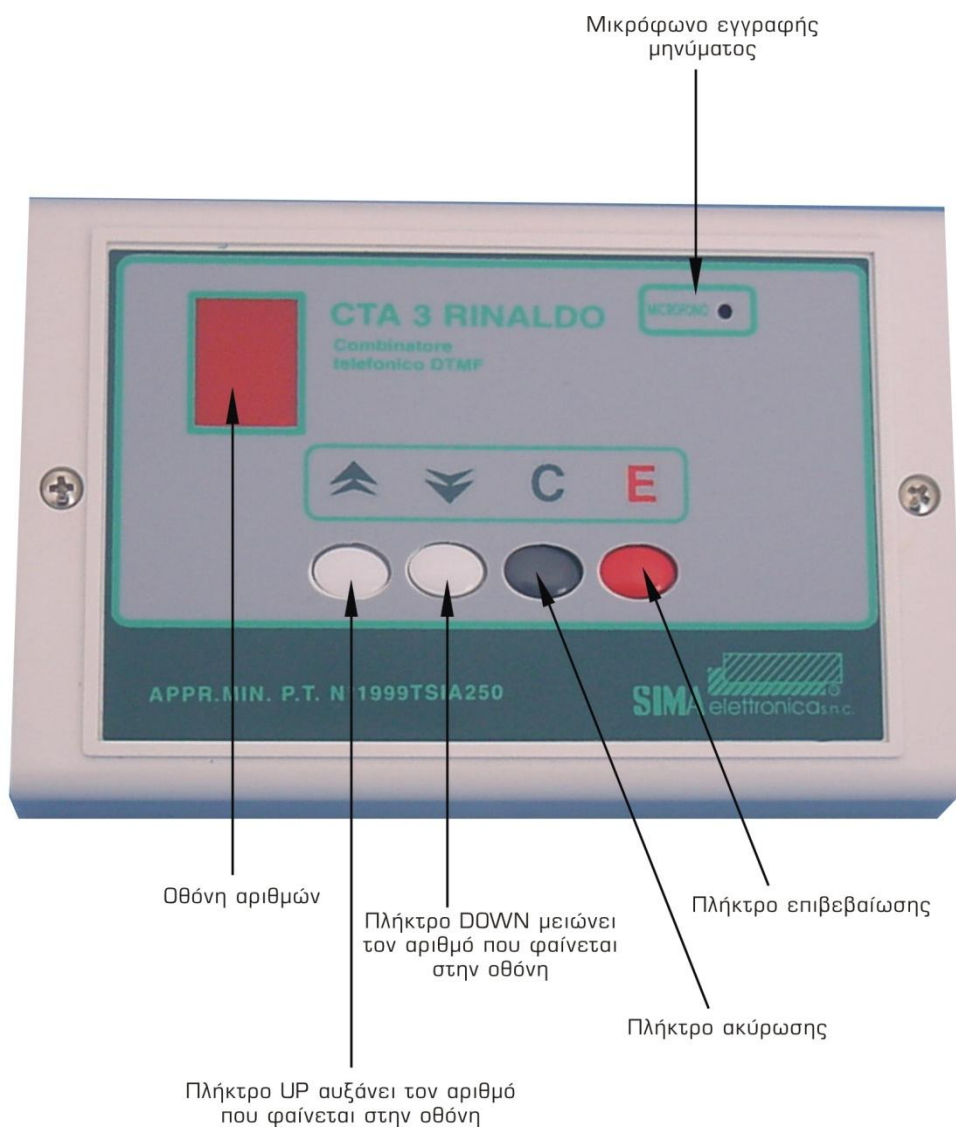
Σημείωση: Ο μέγιστος αριθμός ταυτόχρονης σύνδεσης είναι 5 φορές τον αριθμό των καναλιών DVR, που σημαίνει συνδέσεις 20 καναλιών στο μοντέλο 4 καναλιών, συνδέσεις 40 καναλιών στο μοντέλο 8 καναλιών και συνδέσεις 80 καναλιών στο μοντέλο 16 καναλιών.

Για παράδειγμα, μπορούν να συνδεθούν 5 άτομα στο μοντέλο DVR 16 καναλιών και ο καθένας να βλέπει και τα 16 κανάλια ή 80 άτομα μπορούν να συνδεθούν στο μοντέλο DVR 16 καναλιών ταυτόχρονα βλέποντας όμως ο καθένας μια συγκεκριμένη κάμερα.

Το σύστημα μπορεί να στείλει μήνυμα συναγερμού στη διεύθυνση IP του Remote Manager PC στο δίκτυο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει διάφορα είδη συναγερμών πατώντας ADD (Log-in/Out, System start, Sensor, Video loss, Recording failure, Setup, Shutdown, Motion alarm, S.M.A.R.T. και HDD full. Ο μέγιστος αριθμός αποδεκτών του μηνύματος είναι 8.

KAMEPA ENΔ.ΤΥΠΟΣ DX-CT1020/4 SET (4.3mm φακός, 530TVL) (IR 40m στο σκοτάδι)

Έγχρωμη HIGH RESOLUTION day-night κάμερα 1/3'' CCD με 50 IR LED υπέρυθρων για ευκρίνεια έως 40m στο σκοτάδι. 530TVL, 0.3Lux / F2.0.Total Pixels: PAL 795(H) x 596(V)
Τροφοδοσία: 12VDC ± 10%, κατανάλωση 1250mA ± 10%. Θερμοκρασία λειτουργίας -10 +50C. Διαστάσεις: 161mm x 80mm διάμετρο. IP66. (Για εξωτερική τοποθέτηση). Στην συσκευασία περιλαμβάνεται η βάση στήριξης. DX-B08



Εικόνα 13 Συσκευή αυτόματης τηλεφωνικής κλήσης

- Διάρκεια μηνύματος 30 δευτερόλεπτα
- Επιλογή 9 τηλεφωνικών αριθμών
- Επιλογή σε τόνους DTMF
- Με διακοπή τάσεως δεν χάνει τον προγραμματισμό του

- Tamper Switch N/C
- Τροφοδοσία 12DC
- Κατανάλωση 17mA
- Βάρος 200gr

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ

- Σε περίπτωση συναγερμού (στην είσοδο IN ALL) ο T/Φ αρχίζει την διαδικασία προώθησης των μηνυμάτων.
- Με τον πρώτο αριθμό, στέλνεται το μήνυμα και επαναλαμβάνεται για τον αριθμό των επαναλήψεων που έχουν τοποθετηθεί.
- Μετά από αυτό ο ταT/Φ ελευθερώνει τη γραμμή, περνώντας με τις ίδιες διαδικασίες επιλογής, στα ακόλουθα νούμερα.
- Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται για τον αριθμό που έχει τοποθετηθεί.
- Στο τέλος της διαδικασίας η οθόνη θα δείξει την λέξη “FINE” (τέλος).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ NX-8E-LXT-GR

Κέντρο με communicator , up / downloadable. 8 ζώνες οι οποίες επεκτείνονται μέχρι 192 ζώνες με καλώδιο ή ασύρματες. Δέχεται μέχρι 32 modules επεκτάσεως, 8 partitions, 4 εξόδους, 240 χρήστες. Μπορεί να δεχτεί μέχρι 24 πληκτρολόγια, 8 για κάθε υποσύστημα. Δέχεται δέκτη NX-408, NX-416, NX-448 ενώ γίνεται 16 ζωνο με διπλασιασμό (θέλει ειδικές αντιστάσεις). Μνήμη 512 γεγονότων, ελέγχει την συμπεριφορά ζωνών. (Δεν περιλαμβάνει πληκτρολόγιο και M/T) . Ελάχιστη κατανάλωση 60mA. Θύρα RS-232. Δυνατότητα εντολών σε συσκευές X-10. Διαστάσεις : Π 29 x Υ 29 x Β 9.5 cm

ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ NX-1248E-GR

Πληκτρολόγιο LCD 192 ζωνών με οριζόντιο πορτάκι και αγγλικούς χαρακτήρες. Δυνατότητα δεύτερης «stay» κατάστασης (για μελλοντική χρήση). Μέγιστη κατανάλωση 110mA. Διαστάσεις : Π 13.5 x Υ 14 x Β 2.5 cm. Με Αγγλικούς-Ελληνικούς χαρακτήρες

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ PS-1541 G,W,B

Μικρή «Αυτοκόλλητη» μαγνητική επαφή. Λευκή / Γκρι / Καφέ. Gap : 12.7mm (NC).

Διαστάσεις : 38.1x9.5x7.1 mm

ΕΠΙΠΛΕΟΝ- ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΑ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ PS-2023

Μαγνητική επαφή aluminum για γκαραζόπορτες με μπρακέτο «L» . Gap : 76.2mm

ΥΠΕΡΥΘΡΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ XP3-PI (Pet Immune)

Υπέρυθρος παθητικός ανιχνευτής με διπλό στοιχείο 12x17m και κάθετη δέσμη. Διαθέτει ειδική τεχνολογία QMA (Qualitied Motion Analysis) για την αυτόματη ρύθμιση ευαισθησίας του ανάλογα με την θερμοκρασία του περιβάλλοντα χώρου. Επιπλέον διαθέτει tamper, switch, ρύθμιση παλμών 2/4, αντικευρανική προστασία, αυτόματη ρύθμιση φωτεινότητας του led ανάλογα με τον φωτισμό του περιβάλλοντα χώρου. Τάση λειτουργίας: 12Vdc (10 έως 16Vdc), max κατανάλωση : 15mA, θερμοκρασία λειτουργίας : -10C + 55C. Διαστάσεις: 9.8cmx6.4cmx4.3cm, IP40.

ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΕΝΔ.ΤΥΠΟΣ VX-402

Υπέρυθρος εξωτερικός ανιχνευτής κίνησης 2 πυροηλεκτρικών στοιχείων, εμβέλεια 12m , 14 ζώνες κάλυψης και 90° γωνία . Τοποθετείται σε ύψος 0.8-1.2m, διαθέτει ρύθμιση απόστασης και ευαισθησίας, κύκλωμα αυτομάτου ελέγχου θερμοκρασίας, NO/NC, 9.5-18Vdc, 35mA κατανάλωση, ένδειξη alarm με led IP 54, -20 +50 C°, διαθέτει ρύθμιση day / night

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Φραγκιαδάκης, Ιωάννης (2007), Φωτοβολταϊκά Συστήματα , Θεσσαλονίκη : εκδόσεις Ζήτη
- Πέρδιος Δ. Σταμάτης (2011), Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις ,Αθήνα : εκδόσεις ΤΕΚΔΟΤΙΚΗ
- Καπλάνης, Σωκράτης Ν. (2004), ΗΠΙΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΙΙ - ΗΛΙΑΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ,Αθήνα : εκδόσεις ΙΩΝ
- Παπαϊωάννου Γ. Herr H. Harterich M(2009). Ήπιες μορφές ενέργειας Αθήνα : εκδόσεις ΙΩΝ
- Τουλόγλου, Στέφανος(2007), Ειδικές εγκαταστάσεις μεγάλων κτιρίων Αθήνα : εκδόσεις ΙΩΝ
- www.wikipedia.com
- www.sciencedirect.gr
- www.rae.gr
- www.cres.gr
- www.greenpeace.org/Greece
- www.mechatron.gr/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1
- <http://www.refulog.de>
- http://www.ypan.gr/index_c_cms.htm
- <http://www.dei.gr/>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- <http://www.selasenergy.gr/energy.php>