

ΦΟΡΕΑΣ:

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
Π.Ε. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ  
ΔΗΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ:

**ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ 2014 – 2020  
ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ 3:** Προστασία του περιβάλλοντος – μετάβαση  
σε μία οικονομία φιλική στο περιβάλλον  
**Δράση 4γ.3.3.1.1:** Ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των δημόσιων κτηρίων  
**Κωδικός πρόσκλησης:** 057/2018

ΕΡΓΟ:

**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ  
ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ ΤΟΥ 2<sup>ΟΥ</sup> & 5<sup>ΟΥ</sup> ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ - 2<sup>ΟΥ</sup>  
ΛΥΚΕΙΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ**



ΘΕΜΑ  
ΤΕΥΧΟΥΣ:

**ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ**

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2018

ΑΝΑΔΟΧΟΣ:



ALTEREN ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Α.Ε.  
Καλλιρρόης 2, 55535 Πυλαία, Θεσ/νίκη  
τηλ. 2310 282528, 263960  
e-mail: info@alteren.gr

Συντάχθηκε:

Εγκρίθηκε:

Για τον Αρμόδιο Φορέα

**ALTEREN Α.Ε.**  
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ  
ΑΝΩΝΥΜΗ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ  
ΚΑΛΙΡΡΟΗΣ 2 - ΕΛΛΗΝΕΣ 55535 ΠΥΛΑΙΑ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ  
ΤΗΛ. 282528, 263960 - FAX: 283725  
Α.Φ.Μ. 084055550 - Δ.Ο.Υ. ΦΑΕ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ  
ΑΜΑΕ 49375/62/B/01/0156



---

## Περιεχόμενα

---

<b>1.</b>	<b>ΓΕΝΙΚΑ .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΥΠΟΥ LED.....</b>	<b>3</b>
2.1	Φωτιστικό ισχύος 35 W .....	3
2.2	Φωτιστικό ισχύος 20 W .....	4
<b>3.</b>	<b>ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....</b>	<b>6</b>
3.1	Γενικά .....	6
3.2	Φωτοβολταϊκά πλαίσια .....	6
3.3	Βάσεις στήριξης.....	7
3.4	Αντιστροφείς ισχύος (Inverters).....	9
3.5	Ηλεκτρική συνδεσμολογία εγκατάστασης.....	12
3.6	Μετρητής Ηλεκτρικής Ένέργειας .....	13
3.7	Γείωση συστήματος.....	14

## 1. ΓΕΝΙΚΑ

Το σχολικό κτίριο, βρίσκεται επί της οδού Νίκου Τεμπονέρα 5 του Δήμου Καρδίτσας. Είναι ένα κτίριο το οποίο επεκτάθηκε σε δύο φάσεις ώστε να προκύψει το σημερινό κτίριο. Το αρχικό κτίριο είχε οικοδομική άδεια από τις 3/10/1977 και με αριθμό άδειας 1293, που αφορούσε 1571,30 μ<sup>2</sup> κυρίου κτίσματος, 743,75 μ<sup>2</sup> γυμναστηρίου και 165,05 μ<sup>2</sup> wc δίπλα στο γυμναστήριο. Στη συνέχεια έγιναν δύο νέες τριώροφες επεκτάσεις σε δύο φάσεις, οι οποίες δεν δημιούργησαν νέο κτίριο ανεξάρτητο αλλά ενιαίους νέους χώρους πάνω στο αρχικό κτίριο. Το εμβαδόν της 1ης επέκτασης είναι 180 μ<sup>2</sup> ανά όροφο και της 2ης επέκτασης 190 μ<sup>2</sup> ανά όροφο. Το σύνολο αυτής της δόμησης είναι 1110 μ<sup>2</sup> και τακτοποιήθηκε με την δήλωση με Α/Α 2440722..

Το κτίριο περιλαμβάνει κυρίως χώρους αιθουσών διδασκαλίας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, γραφεία καθηγητών, αίθουσες εργαστηρίων, WC, καθώς και βοηθητικούς χώρους αποθηκών και διαδρόμους και αποτελείται από τρεις (3) ορόφους όπως παρακάτω:

- Ισόγειο: Περιλαμβάνει γραφεία καθηγητών, διαδρόμους, εργαστήρια, αίθουσες, και τον μη θερμαινόμενο χώρο του λεβητοστασίου
- 1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> όροφος: Αποτελούν θερμαινόμενους χώρους και περιλαμβάνουν αίθουσες διδασκαλίας, διαδρόμους και WC.

Οι ηλεκτρομηχανολογικές παρεμβάσεις αφορούν σε:

- Αντικατάσταση φωτιστικών σωμάτων του κτιρίου με νέα τύπου Led
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος ισχύος 9.9 kWp

## 2. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΥΠΟΥ LED

### 2.1 Φωτιστικό ισχύος 35 W

Φωτιστικό σώμα ορατής τοποθέτησης, ενδεικτικών διαστάσεων 600x600x50mm  $\pm 5\%$ , κατασκευασμένο από χαλυβδόελασμα, βαμμένο με κατάλληλη βαφή και κατόπιν κατάλληλης διαδικασίας ώστε να είναι εξαιρετικής αντοχής σε διάβρωση από την UV ακτινοβολία. Θα έχει ορατή διαχύτη (κάλυμμα) από PMMA (polymethylmethacrylate) το οποίο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στο κίτρινισμα και έχει υψηλό βαθμό διαπερατότητας.

Θα φέρει LEDdriver (τροφοδοτικό), με συντελεστή ισχύος ίσο ή μεγαλύτερο από 0,95. Θα είναι δε προ-καλωδιωμένο με καλώδιο κατάλληλης διατομής με κατάλληλη μόνωση για αντοχή σε θερμοκρασία έως 90°C.

Το φωτιστικό θα έχει συμμετρική κατανομή φωτισμού, η οποία θα διασφαλίζει ότι ο δείκτης θάμβωσης UGR θα είναι μικρότερος από 19 ( $UGR < 19$ , όπως ορίζει το πρότυπο EN12464) ανεξαρτήτως του προσανατολισμού του φωτιστικού εντός του χώρου. Το πολικό διάγραμμα της κατανομής φωτισμού του φωτιστικού, θα προέρχεται από αναγνωρισμένο φωτομετρικό εργαστήριο σύμφωνα με το πρότυπο EN13032. Η σχετική έκθεση δοκιμής (testreport) του φωτομετρικού εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθεί.

Το φωτιστικό θα φέρει πολλαπλά LEDs, επί τυπωμένου κυκλώματος (PCB) και όχι λαμπτήρες LED. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LED+Driver) δεν θα υπερβαίνει τα 35W και η φωτεινή εκροή του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 3450lm. Ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού σώματος θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 100lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K  $\pm 10\%$  και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80, ενώ η διάρκεια ζωής των LED εντός του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας L70B50 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 50.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 50% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 70% της ονομαστικής τους.

Θα έχει κλάση μόνωσης II, δείκτη προστασίας έναντι στερεών και υγρασίας IP40 τουλάχιστον και δείκτη προστασίας έναντι κρούσης IK05 τουλάχιστον. Το φωτιστικό θα πρέπει να φέρει πιστοποιητικό από το οποίο θα προκύπτει ότι είναι "LowFlicker" με ποσοστό flicker < 8% για συχνότητα λειτουργίας 50Hz ώστε να μην δημιουργεί ενοχλήσεις στους χρήστες του χώρου και αλλοιώσεις της εικόνας σε οθόνες Η/Υ, κινητών, tablets κλπ κατά τη λειτουργία του.

Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα EN60598-1 (luminaires-generalrequirements&tests) και EN60598-2 (Luminaires. Particular requirements), το οποίο θα αφορά το σύνολο της γραμμής παραγωγής του

φωτιστικού και όχι μόνο ένα δείγμα και θα περιλαμβάνει επιθεώρηση της παραγωγής του κατασκευαστή.

Θα φέρει αναφορά δοκιμών (testreport) από αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο με την οποία θα προκύπτει συμφωνία με το πρότυπο EN62471 όσον αφορά την φωτοβιολογική του καταλληλότητα(photobiologicalcompatibility) βάσει του οποίου θα προκύπτει ότι εντάσσεται στην ανώτατη κατηγορία “exempt”. Το εκάστοτε εργαστήριο θα είναι αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο για τους εκάστοτε εργαστηριακούς ελέγχους, από το ΕΣΥΔ ή άλλο αντίστοιχο φορέα διαπίστευσης χώρας της ΕΕ και θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της EA-MLA (European Accreditation – Multilateral Agreement).

Θα φέρει πιστοποιητικό CE, με το οποίο θα βεβαιώνεται συμφωνία με τα πρότυπα EN55015, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN62493, EN62471 & EN61547. Το προσφερόμενο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι δημοσιευμένο στον επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή ή στην επίσημη ιστοσελίδα αυτού, όπου και θα πρέπει να είναι εμφανή όλα τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, για τη επιβεβαίωση αυτών από την τεχνική υπηρεσία. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO 9001:2015 για το σχεδιασμό και κατασκευή φωτιστικών σωμάτων.

## **2.2 Φωτιστικό ισχύος 20W**

Φωτιστικό σώμα ορατής τοποθέτησης, κατασκευασμένο από χαλυβδοέλασμα, βαμμένο με κατάλληλη βαφή και κατόπιν κατάλληλης διαδικασίας ώστε να είναι εξαιρετικής αντοχής σε διάβρωση από την UV ακτινοβολία.

Θα φέρει LEDdriver (τροφοδοτικό), με συντελεστή ισχύος ίσο ή μεγαλύτερο από 0,95. Θα είναι δε προ-καλωδιωμένο με καλώδιο κατάλληλης διατομής με κατάλληλη μόνωση για αντοχή σε θερμοκρασία έως 90°C.

Το πολικό διάγραμμα της κατανομής φωτισμού του φωτιστικού, θα προέρχεται από αναγνωρισμένο φωτομετρικό εργαστήριο σύμφωνα με το πρότυπο EN13032. Η σχετική έκθεση δοκιμής (testreport) του φωτομετρικού εργαστηρίου θα πρέπει να κατατεθεί.

Το φωτιστικό θα φέρει ένα (1) λαμπτήραLED. Η συνολική κατανάλωση ισχύος του φωτιστικού (LED+Driver) δεν θα υπερβαίνει τα 20W και η φωτεινή εκροή του φωτιστικού θα είναι τουλάχιστον 3450lm. Ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού σώματος θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από 100lm/W. Η θερμοκρασία χρώματος των LED θα είναι 4.000K  $\pm$ 10% και ο δείκτης CRI θα είναι ίσος ή μεγαλύτερος του 80, ενώ η διάρκεια ζωής των LED εντός του φωτιστικού

### Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη - Προδιαγραφές

---

Θα είναι τουλάχιστον 50.000 ώρες λειτουργίας L70B50 ώστε να διασφαλίζεται ότι μετά το πέρας των πρώτων 50.000 ωρών λειτουργίας του φωτιστικού σώματος, το 50% των LEDs του φωτιστικού θα έχουν φωτεινή εκροή όχι χαμηλότερη από το 70% της ονομαστικής τους.

Θα έχει κλάση μόνωσης II, δείκτη προστασίας έναντι στερεών και υγρασίας IP40 τουλάχιστον και δείκτη προστασίας έναντι κρούσης IK05 τουλάχιστον. Το φωτιστικό θα πρέπει να φέρει πιστοποιητικό από το οποίο θα προκύπτει ότι είναι “LowFlicker” με ποσοστό flicker<8% για συχνότητα λειτουργίας 50Hz ώστε να μην δημιουργεί ενοχλήσεις στους χρήστες του χώρου και αλλοιώσεις της εικόνας σε οθόνες Η/Υ, κινητών, tablets κλπ κατά τη λειτουργία του.

Θα φέρει πιστοποιητικό ENEC από διαπιστευμένο εργαστήριο δοκιμών με το οποίο θα προκύπτει συμμόρφωση με τα πρότυπα EN60598-1 (luminaires-generalrequirements&tests) και EN60598-2 (Luminaires. Particular requirements), το οποίο θα αφορά το σύνολο της γραμμής παραγωγής του φωτιστικού και όχι μόνο ένα δείγμα και θα περιλαμβάνει επιθεώρηση της παραγωγής του κατασκευαστή.

Θα φέρει αναφορά δοκιμών (testreport) από αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο εργαστήριο με την οποία θα προκύπτει συμφωνία με το πρότυπο EN62471 όσον αφορά την φωτοβιολογική του καταλληλότητα(photobiologicalcompatibility) βάσει του οποίου θα προκύπτει ότι εντάσσεται στην ανώτατη κατηγορία “exempt”. Το εκάστοτε εργαστήριο θα είναι αναγνωρισμένο-διαπιστευμένο για τους εκάστοτε εργαστηριακούς ελέγχους, από το ΕΣΥΔ ή άλλο αντίστοιχο φορέα διαπίστευσης χώρας της ΕΕ και θα λειτουργεί εντός των πλαισίων της EA-MLA (European Accreditation – Multilateral Agreement).

Θα φέρει πιστοποιητικό CE, με το οποίο θα βεβαιώνεται συμφωνία με τα πρότυπα EN55015, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN62493, EN62471 &EN61547. Το προσφερόμενο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι δημοσιευμένο στον επίσημο κατάλογο του κατασκευαστή ή στην επίσημη ιστοσελίδα αυτού, όπου και θα πρέπει να είναι εμφανή όλα τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, για τη επιβεβαίωση αυτών από την τεχνική υπηρεσία. Το εργοστάσιο κατασκευής του φωτιστικού θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό ISO 9001:2015 για το σχεδιασμό και κατασκευή φωτιστικών σωμάτων.

### 3. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

#### 3.1 Γενικά

Για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, προβλέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού (ΦΒ) συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομαστικής ισχύος 9,90 kWp επί κεραμοσκεπής του γυμναστηρίου.

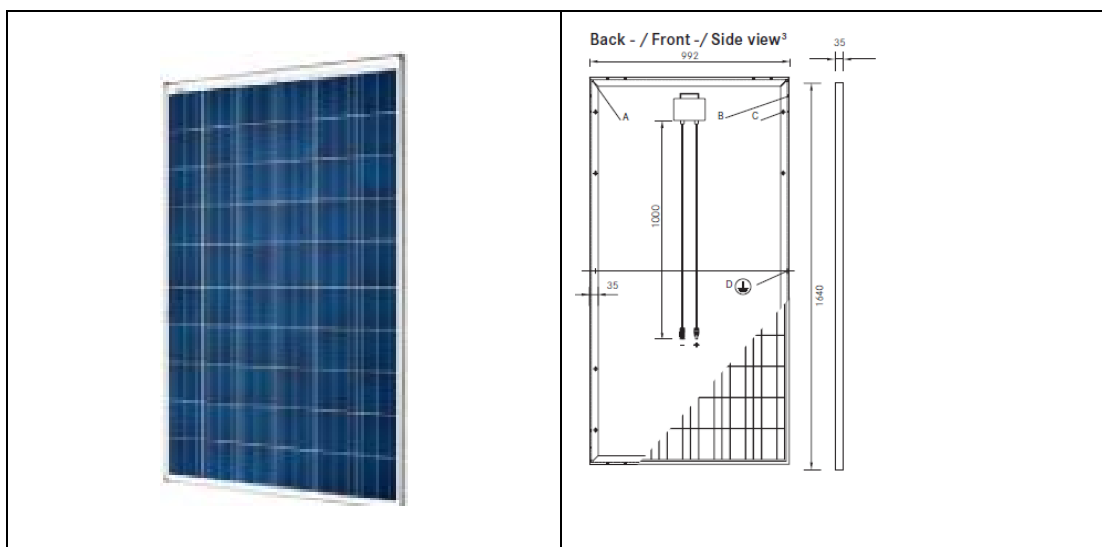
Η διασύνδεση του ΦΒ συστήματος θα γίνει στα πλαίσια της νομοθεσίας περί εγκατάστασης μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας (net metering) (ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014). Στο τέλος κάθε έτους θα γίνεται συμψηφισμός μεταξύ της ενέργειας που καταναλώθηκε από το κτίριο και αυτής που παρήγαγαν τα ΦΒ πλαίσια. Η υπηρεσία θα καλείται να καταβάλει το οικονομικό αντίτιμο που προβλέπεται για την διαφορά της καταναλισκόμενης και της παραγόμενης ενέργειας..

Το ΦΒ σύστημα θα ακολουθεί τους συμβατικούς κανόνες σχεδίασης και κατασκευής. Θα αποτελείται από συστοιχίες ΦΒ πλαισίων (panels), βάσεις στήριξης των ΦΒ πλαισίων, αντιστροφείς ισχύος (inverters), καλωδιώσεις συνεχούς (dc) και εναλλασσομένου (ac) ρεύματος, ηλεκτρικό πίνακα εγκατάστασης, μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και ραγουλικό ελέγχου και προστασίας του εξοπλισμού.

#### 3.2 Φωτοβολταϊκά πλαίσια

Στο ελεύθερο τμήμα της στέγης θα εγκατασταθούν φωτοβολταϊκά πλαίσια (panels) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ο τύπος των ΦΒ θα είναι κρυσταλλικού πυριτίου με 60 στοιχεία (κυψέλες) ανά πλαίσιο. Κάθε πλαίσιο θα διαθέτει ονομαστική ισχύ ίση με 275W σε τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου (Standard Testing Conditions - STC), δηλαδή ένταση ηλιακής ακτινοβολίας 1000W/m<sup>2</sup>, θερμοκρασία 25°C, και μάζα αέρα (AM) 1,5.

Οι διαστάσεις των πλαισίων θα είναι περίπου 1640 mmx 992mmx 35mm (±2,5%), ενώ οι κυψέλες θα εγκλείονται σε προφίλ αλουμινίου για περιορισμό του συνολικού βάρους. Το βάρος κάθε πλαισίου δεν θα ξεπερνά τα 20kg. Όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλαισίων θα έχουν μετρηθεί βάσει των διεθνών προτύπων IEC EN 61215 και IEC EN 61730. Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται η μορφή ενός πολυκρυσταλλικού ΦΒ πλαισίου.



**Εικόνα 3.1.** Μορφή πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου.

Η τάση ανοικτού κυκλώματος του πλαισίου είναι 38,58V και το ρεύμα βραχυκυκλώματος είναι 9,27A. Ο βαθμός απόδοσης του κάθε πλαισίου ανέρχεται σε 16,94%. Η θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων είναι από -40° C έως +85° C και δύναται η λειτουργία συστημάτων με αναπτυσσόμενη τάση έως 1000Vdc.

Οι συντελεστές μεταβολής με τη θερμοκρασία της μέγιστης ισχύος είναι -0,41% /°C, του ρεύματος βραχυκύκλωσης +0,05% /°C και της τάσης ανοικτού κυκλώματος -0,30% /°C.

Τα πλαίσια θα είναι κατάλληλα για εγκατάσταση σε εξωτερικό χώρο καθότι διαθέτουν βαθμό προστασίας IP67. Η σε σειρά συνδεσμολογία των πλαισίων θα πραγματοποιηθεί μέσω των ειδικών προ-εγκατεστημένων φισ τύπου MC-4. Κάθε πλαίσιο θα διαθέτει δύο καλώδια, ένα για τον θετικό πόλο dc (μήκος 1000mm) και ένα για τον αρνητικό πόλο dc (μήκος 1000mm).

Η ΦΒ εγκατάσταση θα περιέχει 36 φωτοβολταϊκά πλαίσια όμοια με τα παραπάνω. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα ανέρχεται σε  $36 \times 275\text{Wr} = 9,90\text{kWr}$ .

Τα πλαίσια θα τοποθετηθούν σε κλίση 26° από το οριζόντιο επίπεδο ακολουθώντας την κλίση της κεραμοσκεπής ενώ ο προσανατολισμός τους θα είναι 23° ανατολικά του Νότου που αντιστοιχεί σε γωνία 157° σύμφωνα με την TOTEE 20701-1/2017.

### 3.3 Βάσεις στήριξης

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια θα εγκατασταθούν επάνω σε κατάλληλες μεταλλικές βάσεις. Το σύστημα στερέωσης θα αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Αγκύρια στερέωσης επί του ξυλότυπου της κεραμοσκεπής.

### Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη - Προδιαγραφές

- Ράγες (Τεγίδες) αλουμινίου οριζόντιας τοποθέτησης.
- Ενδιάμεσοι συγκρατητές φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Ακραίοι συγκρατητές φωτοβολταϊκών πλαισίων.
- Κοχλίες και περικόχλια συνδέσεων.

Τα αγκύρια στερέωσης θα είναι κατασκευασμένα από εν θερμώ γαλβανισμένο χάλυβα με ελάχιστο πάχος επικάλυψης ψευδαργύρου 80μm. Η τοποθέτηση τους θα γίνει στον ξυλότυπο της κεραμοσκεπής. Το αγκύριο θα διαθέτει διπλή ρύθμιση ύψους, εύρους 25mm, μια για την εξάλειψη των ανωμαλιών κατασκευής του ξυλότυπου και μια για την ευθυγράμμιση των βάσεων αναμεταξύ τους πριν την τοποθέτηση ΦΒ πλαισίων επί αυτών. Για την τοποθέτηση των αγκυρίων θα απαιτείται η αφαίρεση ολόκληρου του κεραμιδιού και λείανση των εσωτερικών εγκολπώσεων νερού που αυτό περιέχει. Η στερέωση του αγκυρίου επί της ξύλινης τεγίδας θα πραγματοποιείται μέσω δύο (τουλάχιστον) ανοξειδωτων κοχλιών διατομής M8 και μήκους 100mm. Η τοποθέτηση των κοχλιών πρέπει πάντα να γίνεται επί ξύλινης τεγίδας ανεξαρτήτως της ύπαρξης πετσώματος ή άλλων ξύλινων και μη βοηθητικών επιφανειών.

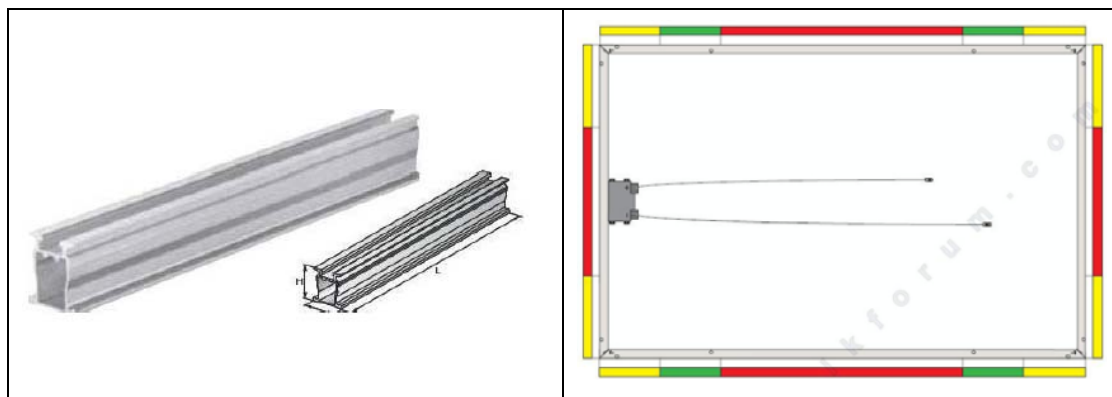
Οι ράγες λουμινίου θα είναι μεσαίου τύπου και θα διατίθενται σε τυποποιημένο μήκος 4,00m. Οι ράγες (τεγίδες) θα είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο, παρά το σχετικά υψηλότερο κόστος προμήθειας, για τους εξής λόγους:

- Έχουν χαμηλότερο βάρος και καταπονούν λιγότερο την οροφή του κτιρίου.
- Είναι ευκολότερες στον χειρισμό και την συναρμολόγηση κατά την εγκατάσταση του συστήματος.
- Παρουσιάζουν αυξημένη αντοχή σε βεβαρυμμένα περιβάλλοντα.

Η έδραση τους, επάνω στα αγκύρια στήριξης, θα πραγματοποιείται μέσω ειδικών ανοξειδωτων (INOX) κοχλιών και περικοχλίων. Η χρήση ανοξειδωτων κοχλιών και περικοχλίων είναι επιβεβλημένη για την αποφυγή γαλβανικών φαινομένων μεταξύ ράγας και αγκυρίου λόγω διαφορετικότητας υλικού κατασκευής.

Επάνω στις ράγες θα εδράζονται τα ΦΒ πλαίσια της εγκατάστασης. Σε κάθε περίπτωση οι ράγες αλουμινίου θα πρέπει να προεξέχουν κατά 100mm από τα άκρα του τελευταίου ΦΒ πλαισίου εκατέρωθεν. Όταν δεν επαρκεί μια ράγα αλουμινίου 4,00m, για να στηριχθεί το σύνολο των πλαισίων θα ενώνεται με ειδικό συνδετήρα-σύνδεσμο με δεύτερη, τρίτη κτλ. Το περίσσιο τμήμα ράγας θα κόβεται επιτόπου από τον εγκαταστάτη με την βοήθεια ηλεκτρικών τροχών. Κάθε φωτοβολταϊκό πλαίσιο θα στηρίζεται επάνω σε δύο ράγες αλουμινίου στα σημεία L1/4-L1/5 και 3L1/4-3L1/5 της μεγάλης πλευράς του ορθογωνίου που σχηματίζεται. Στο σχήμα που ακολουθεί

παρουσιάζεται ενδεικτική μορφή των ραγών αλουμινίου καθώς και η περιοχή επαφής (πράσινο χρώμα) των ΦΒ πλαισίων με τις ράγες.



**Εικόνα 3.2.** Ράγα αλουμινίου (αριστερά) – Περιοχή επαφής ραγών και πλαισίου (πράσινο χρώμα - δεξιά)

Οι ενδιάμεσοι συγκρατητές φωτοβολτϊκών πλαισίων θα είναι κατασκευασμένοι από αλουμίνιο και θα είναι κατάλληλοι για στήριξη φωτοβολταϊκών πλαισίων με διαστάσεις έως 40mm επάνω στις ράγες αλουμινίου. Οι συγκρατητές θα διαθέτουν ειδικό σύνδεσμο για να μπαίνουν χωνευτά στο κατάλληλο κανάλι της ράγας αλουμινίου και μέσω ημίσειας στροφής θα συγκρατούνται στέρεα στην θέση τους. Κάθε ενδιάμεσο ΦΒ πλαίσιο θα συγκρατείται από τέσσερις ενδιάμεσους συγκρατητές ενώ το πρώτο και το τελευταίο πλαίσιο της σειράς θα στηρίζονται από δύο ενδιάμεσους και δύο ακραίους συγκρατητές.

Όλο το σύστημα των βάσεων θα εγκατασταθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα πλαίσια να ακολουθούν την κλίση της κεκλιμένης στέγης και να απέχουν από αυτήν απόσταση 100-150 mm για εξασφάλιση ψύξης μέσω φυσικού αερισμού. Σε καμία περίπτωση χωροθέτησης τα ΦΒ πλαίσια ή οι βάσεις στήριξης δεν θα υπερβαίνουν τα νοητά όρια του περιγράμματος της στέγης τόσο για λόγους πολεοδομικών περιορισμών όσο και για λόγους τεχνικών περιορισμών (φορτία ανέμου και χιονιού).

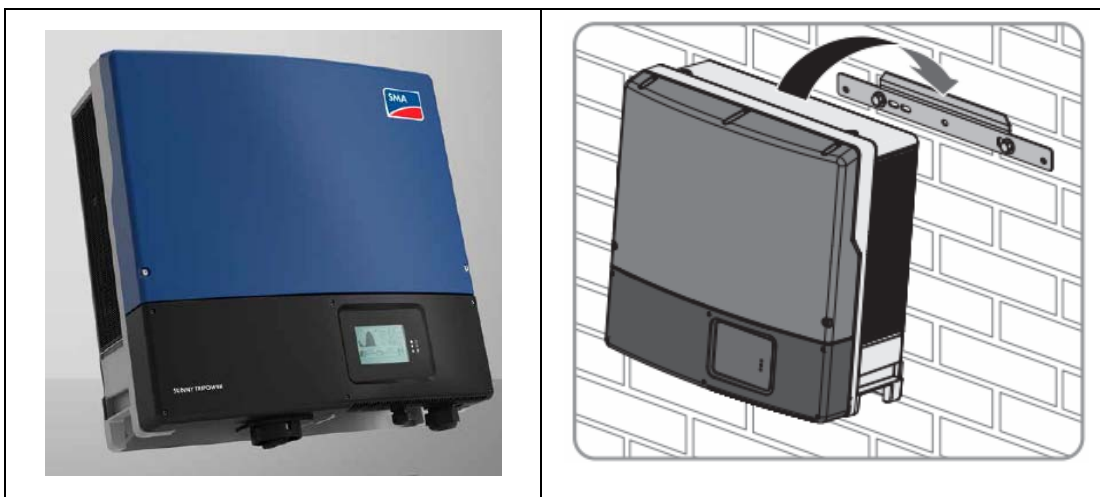
### 3.4 Αντιστροφείς ισχύος (Inverters)

Τα παραπάνω ΦΒ πλαίσια θα συνδεθούν μέσω ειδικών καλωδιώσεων συνεχούς ρεύματος (dc) με έναν τριφασικό αντιστροφέα ισχύος 10kW (ac) για τη μετατροπή της συνεχούς τάσης/ρεύματος σε εναλλασσόμενη τάση/ρεύμα. Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα θα είναι μεγαλύτερος από 98,2% ενώ ο Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης του θα είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 98,0%.

### Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη - Προδιαγραφές

Η έξοδος του αντιστροφέα θα είναι τριφασική, τάσης 400V και συχνότητας 50Hz. Κατά την ρύθμιση των τιμών λειτουργίας του αντιστροφέα θα πρέπει, για λόγους προστασίας, στην περίπτωση που η τάση μειωθεί κάτω από το -20% του ονομαστικού ή αυξηθεί πάνω από το +15%, ο αντιστροφέας να τίθεται εκτός λειτουργίας. Το ίδιο θα συμβαίνει σε περίπτωση που η συχνότητα μεταβληθεί κατά  $\pm 0,5\text{Hz}$  επί της ονομαστικής. Η ολική αρμονική παραμόρφωση (THD) του ρεύματος του αντιστροφέα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 5%. Επιπρόσθετα, ο αντιστροφέας θα πρέπει να είναι εναρμονισμένος με το πρότυπο DIN VDE 0126-1-1 για προστασία έναντι νησιδοποίησης. Ο αντιστροφέας θα διαθέτει πιστοποιήσεις και κατά εκπομπών ή λήψεων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών όπως απαιτούν οι αντίστοιχες ευρωπαϊκές οδηγίες.

Ο αντιστροφέας θα διαθέτει βαθμό προστασίας IP 65 και θα λειτουργεί σε θερμοκρασίες μεταξύ -25°C έως +60°C. Μέσω των συγκεκριμένων προδιαγραφών θα δίνεται η δυνατότητα εγκατάστασης του τόσο σε εξωτερικό όσο και σε εσωτερικό χώρο. Ο αντιστροφέας θα τοποθετηθούν στην πλάτη των βάσεων στήριξης των πλαισίων, σε ειδική επιδαπέδια μεταλλική κατασκευή ενώ το χαμηλότερο σημείο τους θα πρέπει να βρίσκεται σε ύψος 0,50m από την στάθμη του δαπέδου.



**Εικόνα 3.3.** Όψη αντιστροφέα ισχύος (αριστερά) – επίτοιχη τοποθέτηση (δεξιά)

Ο αντιστροφέας ισχύος 10kW(ac) θα συνδέεται ηλεκτρικά με τα τριάντα έξι (36) φωτοβολταϊκά πλαίσια ισχύος 275Wp. Ο τρόπος σύνδεσης των πλαισίων με τον αντιστροφέα καθορίζεται από την μέγιστη τάση εισόδου του αντιστροφέα, το μέγιστο ρεύμα εισόδου του αντιστροφέα και την ελάχιστη δυνατή τάση ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος. Δεδομένου ότι τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των πλαισίων μεταβάλλονται σύμφωνα με τις κλιματολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, ακτινοβολία) οι ακραίες τιμές τους καθορίζονται για θερμοκρασίες λειτουργίας -10°C και 70°C.

### Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη - Προδιαγραφές

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση στην είσοδο του αντιστροφέα είναι 1000V. Αντίστοιχα το εύρος ανίχνευσης του σημείου μέγιστης ισχύος του αντιστροφέα κυμαίνεται μεταξύ 320/370-800Volt. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος των ΦΒ πλαισίων στους -10°C (δυσμενέστερη θερμοκρασιακή κατάσταση αντιστροφέα τον χειμώνα) θα είναι ίση με:

$$V_{OC(-10^{\circ}C)} = V_{OC(25^{\circ}C)} \cdot \left(1 - 35 \cdot \frac{\Delta V}{100}\right) = 39,58 \cdot \left(1 - 35 \cdot \frac{-0,30}{100}\right) = 39,58 \cdot 1,105 = 42,63 \text{ Volt}$$

Η τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος (MPP) των ΦΒ πλαισίων στους 70°C θα είναι ίση με:

$$V_{MPP(70^{\circ}C)} = V_{MPP(25^{\circ}C)} \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{\Delta V}{100}\right) = 31,42 \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{-0,30}{100}\right) = 31,42 \cdot 0,865 = 27,18 \text{ Volt}$$

Επομένως, ο μέγιστος και ο ελάχιστος επιτρεπόμενος αριθμός ΦΒ πλαισίων συνδεδεμένων σε σειρά που επιτρέπεται να συνδεθεί στον αντιστροφέα είναι:

$$n_{maxseries} = \frac{V_{max}}{V_{OC(-10^{\circ}C)}} = \frac{1000V}{42,63V} = 23,45 = 23 \text{ ΦΒ πλαίσια}$$

$$n_{minseries} = \frac{V_{max2}}{V_{MPP(70^{\circ}C)}} = \frac{370V}{27,18V} = 13,61 = 14 \text{ ΦΒ πλαίσια}$$

Ο αντιστροφέας ισχύος 10kW (ac) διαθέτει μέγιστο ρεύμα 18A στην είσοδο Α και 10Α στην είσοδο Β. Δεδομένου ότι το μέγιστο ρεύμα τους τα ΦΒ πλαίσια μπορούν να το αναπτύξουν στις υψηλές θερμοκρασίες και σε κατάσταση σφάλματος (ρεύμα βραχυκύκλωσης Isc) θα πρέπει ο σχεδιασμός να είναι τέτοιος ώστε να μην κινδυνεύσει η λειτουργία του αντιστροφέα. Έτσι το πραγματικό ρεύμα των πλαισίων στην δυσμενέστερη κατάσταση (Σφάλμα βραχυκύκλωσης την θερινή περίοδο) θα είναι ίσο με:

$$I_{SC(70^{\circ}C)} = I_{SC(25^{\circ}C)} \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{\Delta I}{100}\right) = 9,27 \cdot \left(1 + 45 \cdot \frac{0,05}{100}\right) = 9,27 \cdot 1,0225 = 9,48A$$

Επομένως, ο μέγιστος αριθμός παράλληλων στοιχειοσειρών ΦΒ πλαισίων (ανά τύπο αντιστροφέα) προκύπτει:

$$N_{MAX10kWac-inputa} = \frac{I_{MAXINVERTERINPUTA}}{I_{SC(70^{\circ}C)}} = \frac{18A}{9,48A} = 1,90 = 1 \text{ στοιχειοσειρά}$$

$$N_{MAX10kWac-inputb} = \frac{I_{MAXINVERTERINPUTB}}{I_{SC(70^{\circ}C)}} = \frac{10A}{9,48A} = 1,05 = 1 \text{ στοιχειοσειρά}$$

### 3.5 Ηλεκτρική συνδεσμολογία εγκατάστασης

Σύμφωνα με την ανάλυση των παραπάνω παραγράφων θα πρέπει η ηλεκτρική σύνδεση των 36 πλαισίων να επαληθεύει τα παραπάνω όρια επομένως η ορθή ηλεκτρική σύνδεση θα είναι:

- Τα τριάντα-εξι (36) πλαίσια σε δύο(2) στοιχειοσειρές των δεκαοκτώ(18) πλαισίων για τον αντιστροφέα των 10kW(ac).

Οι καλωδιώσεις της εγκατάστασης θα διαχωρίζονται σε:

- Καλωδιώσεις της πλευράς συνεχούς ρεύματος(dc). Αφορούν το μέσο ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ ΦΒ πλαισίων και αντιστροφέων.
- Καλωδιώσεις της πλευράς εναλλασσόμενου ρεύματος(ac). Αφορούν την ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ αντιστροφέων και γενικού πίνακα Χαμηλής Τάσης και του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.

Οι καλωδιώσεις dc θα αποτελούνται από πολύκλωνα μονοπολικά καλώδια ισχύος με προδιαγραφές καταλληλότητας για την συνεχή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (εξωτερική μόνωση από νεοπρένιο ή πολυχλωροπρένιο), για την αντοχή στην μέγιστη τάση του συστήματος (1000V) καθώς και για την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος (90°C).

Από κάθε στοιχειοσειρά θα αναχωρούν δύο καλώδια, ένα του θετικού πόλου και ένα για του αρνητικού πόλου με προορισμό τους αντίστοιχους ακροδέκτες του αντιστροφέα. Οι συνδέσεις των καλωδίων αυτών με τα προεγκατεστημένα καλώδια των ΦΒ πλαισίων και με τον αντιστροφέα θα πραγματοποιούνται μέσω ειδικών συνδέσμων-κονεκτόρων MC-4.

Το τμήμα της dc καλωδίωσης που αναχωρεί από τον θετικό και τον αρνητικό πόλο της στοιχειοσειράς με προορισμό τον αντιστροφέα θα πρέπει να οδεύει εντός πλαστικού σωλήνα σπирάλ μεσαίου τύπου με αντοχή στην συνεχή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.

Οι καλωδιώσεις ac θα περιλαμβάνουν το καλώδιο σύνδεσης του αντιστροφέα με τον ηλεκτρικό χαμηλής τάσης.

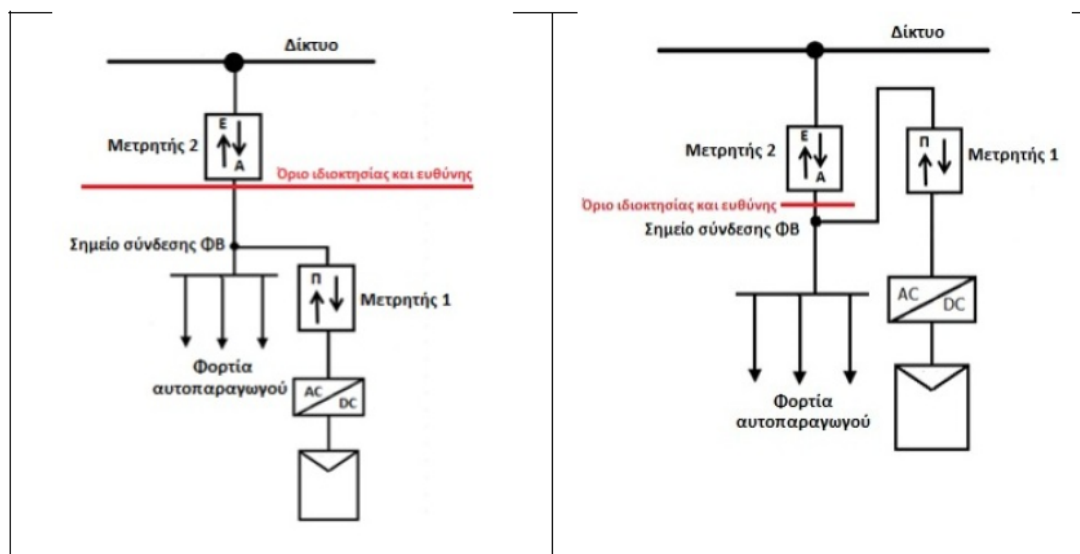
Τα καλώδια ac θα πρέπει να είναι κατάλληλα για τάσεις λειτουργίας 600V(φασική) και 1000V(πολική), η μόνωση τους να είναι από PVC (διπλή) και η θερμοκρασία λειτουργίας τους θα πρέπει να είναι από -40°C έως 70°C. Τα καλώδια θα διαθέτουν προδιαγραφές κατά VDE 0276. Κάθε καλώδιο θα περιέχει χρωματισμένους αγωγούς φάσης (Μαύρο), έναν αγωγό ουδετέρου N(Μπλε) και έναν αγωγό προστασίας PE (Κίτρινο-πράσινο).

### **3.6 Μετρητής Ηλεκτρικής Ένέργειας**

Το σχολείο όντας αυτοπαραγωγός, δύναται να χρησιμοποιεί την παραγόμενη στις εγκαταστάσεις του ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των ιδίων αναγκών κατανάλωσης. Ως εκ τούτου οι εγκαταστάσεις παραγωγής και κατανάλωσης του αυτοπαραγωγού οφείλουν να είναι συνδεδεμένες ηλεκτρικά και μάλιστα σε σημείο εντός της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η παράλληλη λειτουργία των συστημάτων αυτοπαραγωγής με το δίκτυο υλοποιείται μέσω της υφιστάμενης σύνδεσης με το δίκτυο, δηλαδή μέσω της προϋπάρχουσας παροχής της εγκατάστασης κατανάλωσης.

Με βάση την κείμενη νομοθεσία απαιτείται, πέραν της καταγραφής της απορροφώμενης και εγχεόμενης από και προς το δίκτυο ενέργειας που είναι δυνατή με έναν μετρητή διπλής κατεύθυνσης- καταγραφής (εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας - Μετρητής 2), η καταγραφή και της παραγόμενης ενέργειας του ΦΒ συστήματος, μέσω πιστοποιημένων μετρητών δικαιοδοσίας του διαχειριστή του δικτύου. Σύμφωνα με τις οδηγίες του ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ, η μεθοδολογία σύνδεσης του μετρητή παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Μετρητής 1) παρουσιάζεται στα παρακάτω σχήματα.

Η διαφοροποίηση της συνδεσμολογίας έγκειται στο αν η υφιστάμενη παροχή κατανάλωσης τηλεμετρείται από τον ΔΕΔΔΗΕ ή έχει προγραμματιστεί η ένταξη της στην διαδικασία τηλεμέτρησης (αριστερή συνδεσμολογία) ή αν δεν τηλεμετρείται από τον ΔΕΔΔΗΕ και δεν έχει προγραμματιστεί η ένταξη της σε διαδικασία τηλεμέτρησης (δεξιά συνδεσμολογία). Και στις δύο περιπτώσεις ο μετρητής αμφίδρομης μέτρησης είναι ο μετρητής 2, ο οποίος αντικαθιστά τον υφιστάμενο μετρητή παροχής και η εγκατάσταση του οποίου βαραίνει τον ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.



**Εικόνα 3.4.** Τηλεμετρούμενη παροχή καταναλωτή (αριστερά) – Μη τηλεμετρούμενη παροχή (δεξιά)

Η ευθύνη για τον μετρητή 1 βαρύνει τον αυτοπαραγωγό ο οποίος καλείται να τον προμηθευτεί, να τον διακριβώσει (πιστοποίηση ηλεκτρικής μέτρησης) και να τον εγκαταστήσει εντός της ιδιοκτησίας του. Η επιλογή του μετρητή καθώς και της μονάδας επικοινωνίας του(το εξάρτημα που αποστέλλει πληροφορίες παραγωγής ενέργειας στον ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ) πρέπει να περιέχεται στον εγκεκριμένο κατάλογο μετρητών που έχει εκδώσει ο ΔΕΔΔΗΕ και παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα.

	TMAS/T61 - BGS2	TMAS/ TMAM39	TMAS/ TMN- 51T	HEXING/ HX902	BAUSCH/ InduBox GSM IX	LANDIS& GYR/ E35C AD-CG	LANDIS&GYR/ E35C AD-CU
Holley Metering Limited DDSD 285	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
Landis & Gyr ZCF120	X	X	X	X	X	✓	✓
SANXING ELECTRIC SX1A1-SELS-05	✓	✓	✓	✓	✓	X	X

### 3.7 Γείωση συστήματος

Όσον αφορά το σύστημα γείωσης του φωτοβολταϊκού, οι αρμόδιοι μηχανικοί του ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ θα απαιτήσουν την εγκατάσταση πασσαλογειωτών στο σημείο εγκατάστασης του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Το πλήθος και η διάταξη(πχ τρίγωνο) των γειωτών σε κάθε περίπτωση θα προκύπτει από το αντίστοιχο σκαρίφημα παροχετεύσεως το οποίο προμηθεύει ο ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ στον πελάτη κατά την πληρωμή των όρων σύνδεσης στο αρμόδιο υποκατάστημα.

### Ηλεκτρομηχανολογική μελέτη - Προδιαγραφές

---

Συνήθης πρακτική είναι η εγκατάσταση ενός ηλεκτροδίου γείωσης κατασκευασμένο από χαλκό, μήκους 1,5m.

Αν απαιτηθεί και δεύτερο ηλεκτρόδιο γείωσης τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί σε απόσταση 5m από το πρώτο και η σύνδεση τους να υλοποιηθεί από γυμνό αγωγό χαλκού διατομής 25mm<sup>2</sup>. Το νέο τμήμα γείωσης θα συνδεθεί και με τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης των φορτίων αλλά και με τον πίνακα του ΦΒ συστήματος.

Γειωμένες θα πρέπει να είναι και οι βάσεις στήριξης του ΦΒ συστήματος. Αυτό πραγματοποιείται μέσω καλωδιώσεων τύπου NYAF διατομής 6mm<sup>2</sup> που γεφυρώνουν τις ράγες αλουμινίου αναμεταξύ τους.

Από την τελευταία ράγα (που βρίσκεται πλησιέστερα στο έδαφος και τον πίνακα ΧΤ) με μονοπολικό κίτρινο-πράσινο καλώδιο ίδιου τύπου και διατομής πραγματοποιείται σύνδεση στην κλέμμα του ζυγού γείωσης του πίνακα ΧΤ.