



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΖΑΚΙΟΥ
Δ/ΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

ΕΡΓΟ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΓΕΝΙΚΟΥ
ΛΥΚΕΙΟΥ – ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΜΑΓΟΥΛΑΣ

Α.Μ: 01/20

CPV: 45320000

**ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΥ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ**

1. Εισαγωγή

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στη στέγη του σχολικού συγκροτήματος του Γυμνασίου - Λυκείου Μαγούλας του Δήμου Μουζακίου. Το φωτοβολταϊκό σύστημα θα είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο της ΔΕΗ και μέσω του προγράμματος NET METERING (Υ.Α. ΑΠΕΗΛ/Α/Φ1/οικ 24461 - ΦΕΚ Β' 3583/31.12.2014) γίνεται ενεργειακός συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά στην στέγη ενός κτιρίου με την καταναλισκόμενη ενέργεια του κτιρίου με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το εν λόγω κτίριο.

2. Υπολογισμός Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Στην Ελλάδα ισχύει ο ενεργειακός συμψηφισμός, του προγράμματος NET METERING, σε ετήσιο κύκλο. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον αυτοπαραγωγό να εκμεταλλευτεί την συνολική ετήσια παραγόμενη ενέργεια από το φωτοβολταϊκό σύστημα και να την συμψηφίσει με τη συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση.

Με βάση τα δεδομένα των τελευταίων δύο ετών (2018-2019) του Γυμνασίου -Λυκείου Μαγούλας όπως αναλυτικά παρουσιάζονται στην «Μελέτη Σκοπιμότητας και Οικονομοτεχνική Μελέτη Εγκατάστασης ΑΠΕ» υπολογίστηκε ότι η ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 21.553 kWh. Για τον σχεδιασμό του φωτοβολταϊκού συστήματος που θα τοποθετηθεί στο Γυμνάσιο Μαγούλας θα επιλεγεί ένα σύστημα που θα αποδίδει σε ετήσια βάση 20% επιπλέον της ετήσιας κατανάλωσης προκειμένου να καλυφθούν τυχόν μελλοντικές αυξήσεις στην ηλεκτρική κατανάλωση του σχολικού συγκροτήματος. Συνεπώς θα πρέπει να επιλεγεί ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που θα έχει ετήσια παραγωγή ενέργειας περίπου 25.800kWh ($21.553 \times 120\%$).

Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω απαίτηση ετήσιας ποσότητας παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των 25.800 kWh καθώς και τα δεδομένα από την ετήσια παραγωγή των φωτοβολταϊκών στην Ελλάδα, όπου 1kW παράγει ετησίως 1.350kWh, επιλέγουμε ένα σύστημα εγκατεστημένης ισχύος 20kW.

Για τον έλεγχο της απόδοσης του επιλεγέντος φωτοβολταϊκού συστήματος, εγκατεστημένης ισχύος 20kW που θα τοποθετηθεί στη νοτιοδυτική πλευρά της στέγης (με κεραμίδια) του κτιρίου του Γυμνασίου Μαγούλας, χρησιμοποιούμε το επίσημο software με τα δεδομένα των ηλιακών χαρτών του Ινστιτούτου Ενέργειας και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP) ως ακολούθως:

Τα δεδομένα της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης:

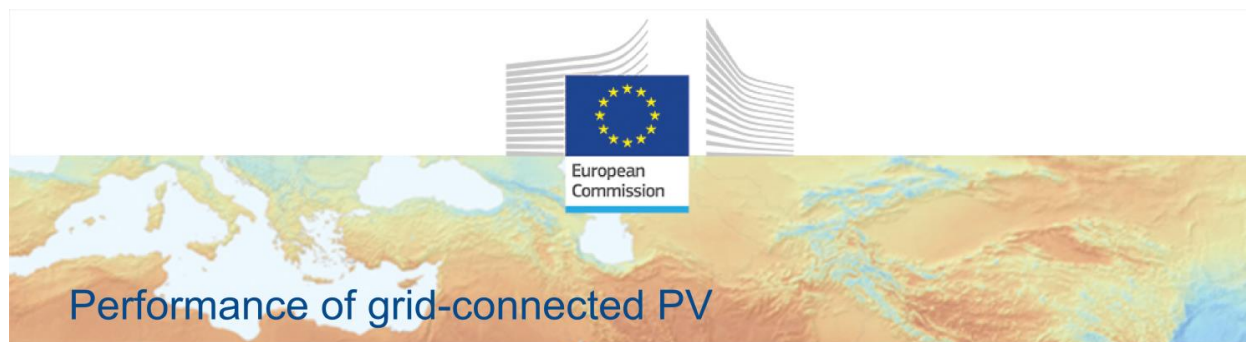
Εγκατεστημένη ισχύς : 20kWp

Τοποθέτηση : σε κεκλιμένη στέγη 22°

Αζιμούθιο στέγης : 40°



φωτο 1. κάτοψη κτιρίου - θέση εγκατάστασης Φ/Β



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

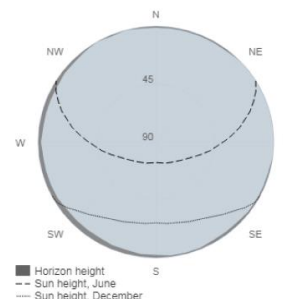
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 39.459, 21.802
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-ERA5
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 20 kWp
 System loss: 14 %

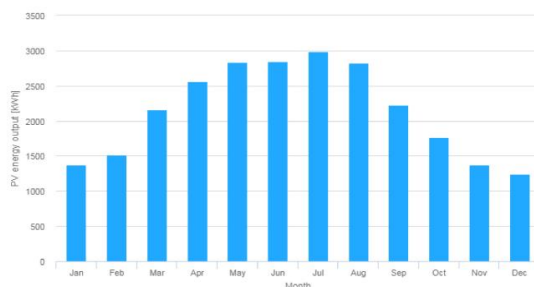
Simulation outputs

Slope angle: 22 °
 Azimuth angle: 40 °
 Yearly PV energy production: 25725.04 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1743.96 kWh/m²
 Year to year variability: 465.92 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.89 %
 Spectral effects: 0.64 %
 Temperature and low irradiance: -12.24 %
 Total loss: -26.25 %

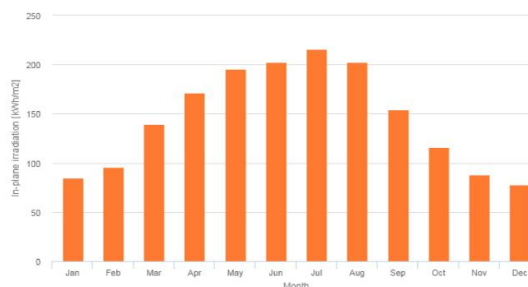
Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:



Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1370.2	85.2	224.8
February	1520.0	95.6	168.8
March	2164.1	139.7	186.9
April	2559.7	171.4	180.3
May	2837.7	195.7	88.4
June	2850.8	202.2	97.0
July	2986.9	215.4	120.5
August	2823.3	202.6	87.0
September	2229.1	153.9	162.1
October	1761.3	116.4	217.0
November	1374.3	87.8	200.7
December	1247.6	78.1	171.0

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

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. Our goal is to keep this information timely and accurate. If errors are brought to our attention, we will try to correct them.
 However, the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site. This information is: i) of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity; ii) not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date; iii) sometimes linked to external sites over which the Commission services have no control and for which the Commission assumes no responsibility; iv) not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

Joint
Research
Centre

PVGIS ©European Union, 2001-2020.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Report generated on 2020/02/12

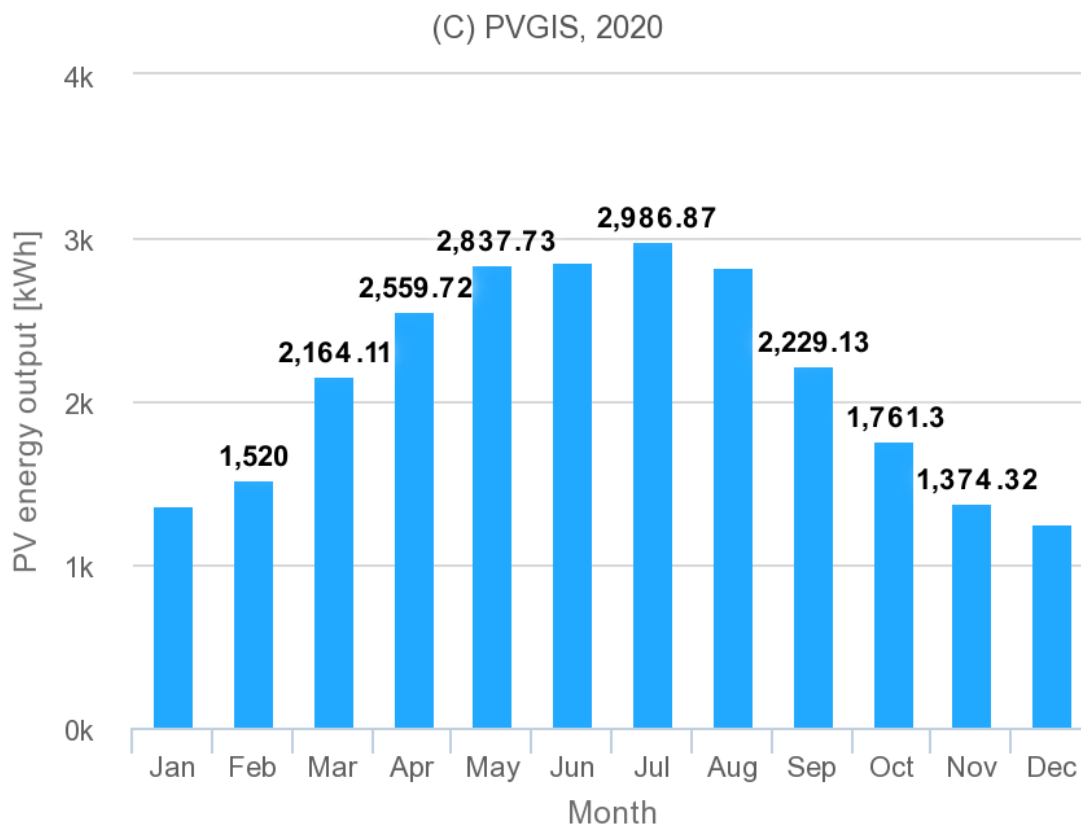
Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τον έλεγχο της απόδοσης του επιλεγέντος φωτοβολταϊκού συστήματος εγκατεστημένης ισχύος 20kW που θα τοποθετηθεί στη στέγη του Γυμνασίου - Λυκείου Μαγούλας έχουμε τα ακόλουθα :

Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας : 25.725 kWh

Ετήσια απόκλιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας : ± 466 kWh

Συνολικές απώλειες φωτοβολταϊκού συστήματος : -26,25 %

Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας :



Η παραγόμενη ενέργεια των 25.725kWh από το Φ/Β σύστημα ισχύος 20kWp υπερκαλύπτει τόσο τις υφιστάμενες ετήσιες ηλεκτρικές ανάγκες του σχολείου που σήμερα εκτιμώνται σε 21.553kWh όσο και την εκτίμηση για τυχών μελλοντική αύξηση των ενεργειακών αναγκών του σχολείου έως 20% σε σχέση με τις σημερινές ανάγκες.

Συνεπώς με την τοποθέτηση του Φ/Β συστήματος ο Δήμος Μουζακίου θα εξοικονομεί ετησίως 21.553kWh από τον λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος που σημαίνει αντίστοιχη μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας κατά 100% όσον αφορά τη συγκεκριμένη σχολική μονάδα.

3. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

Γενικά Στοιχεία Φωτοβολταϊκού Συστήματος

Το Φωτοβολταϊκό σύστημα συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 20kW περιλαμβάνει:

- 50 μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια ονομαστικής ισχύος 400Wp 72 κυψελών, διαστάσεων περίπου 2μ X 1μ.
- 1 τριφασικό αντιστροφέα ονομαστικής ισχύος εξόδου (AC) 20.000W.
- Βάσεις αλουμινίου για τοποθέτηση σε στέγη με κεραμίδια 50 Φ/Β πλαισίων διαστάσεων περίπου 2μ X 1μ.
- Ηλεκτρικός πίνακας συνεχούς ρεύματος DC
- Ηλεκτρικός πίνακας εναλλασσόμενου ρεύματος AC
- Μετρητή ενέργειας με ενσωματούμενο modem GSM/GPRS, κατάλληλης ισχύος εγκεκριμένο και πιστοποιημένο από τον ΔΕΔΔΗΕ

Φ/Β Πλαίσια

Τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να είναι όλα της ίδιας ονομαστικής ισχύος, θα πρέπει να έχουν όλα ακριβώς τις ίδιες γεωμετρικές διαστάσεις.

Τα Φ/Β πλαίσια, μονοκρυσταλλικά, θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές πιστοποιημένες από αναγνωρισμένο φορέα (ή αντίστοιχες) :

- Mechanical stability – IEC 61215 and type approval for crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules [1993-04]

- Electrical TUV Spec TZE 2.572.09 “Safety class II test on Photovoltaic (PV) Modules” ή αντίστοιχο.

Τα Φ/Β Πλαίσια θα πρέπει ακόμη να διαθέτουν «Declaration of conformity CE» του κατασκευαστή σύμφωνα με την 2004/108/EC (ή 93/97/EC ή 89/336/EC) «Electromagnetic compatibility directive» και την 2006/95/EC (ή 93/68/EC ή 73/23/EC) «Low voltage directive».

Η ύπαρξη από τον κατασκευαστή διόδων παράκαμψης (by-pass diodes) είναι απαραίτητη. Κατά την παράδοσή τους, ή πριν από αυτή, τα Φ/Β Πλαίσια θα πρέπει συνοδεύονται από Flash Reports όπου θα αναγράφεται η «Flashed Ισχύς» τους όπως θα μετράται για το καθένα χωριστά (σε συνδυασμό με το μοναδικό αριθμό κατασκευαστή – bag code) πριν από την έξοδό τους από το εργοστάσιο κατασκευής τους.

Τέλος τα Φ/Β πλαίσια θα πρέπει να διαθέτουν κατ’ ελάχιστο τις παρακάτω εγγυήσεις:

12ετής εγγύηση προϊόντος

Εγγύηση ισχύος: 10 έτη χρήσης στο 90% της ονομαστικής ισχύος, 25 έτη χρήσης στο 80% της ονομαστικής ισχύος

Αντιστροφέις Ισχύος (Inverters)

Οι αντιστροφέις θα είναι μονοφασικοί ή τριφασικοί, τύπου "string inverter", δηλ. θα συνδέουν τμήματα του Φ/Β συστήματος απευθείας στο δίκτυο και θα διαθέτουν προστασία (κλάση στεγανότητας) IP65 για εξωτερική τοποθέτηση (υπαίθρια εγκατάσταση).

Θα διαθέτουν όλες τις απαραίτητες από τη ΔΕΗ ασφάλειες για την εγκατάσταση και τη λειτουργία τους στο ηλεκτρικό δίκτυο και θα είναι πλήρως συμβατοί με τους σχετικούς κανονισμούς. Θα έχουν ενσωματωμένες όλες τις διατάξεις ηλεκτρονόμων ορίου τάσης, ορίου συχνότητας, ασυμμετρίας τάσης και υπερέντασης ενώ υποχρεωτικά θα διαθέτουν προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης κάτι που σημαίνει ότι θα διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής του δικτύου ΔΕΗ.

Επίσης θα πρέπει να διαθέτουν τις παρακάτω πιστοποιήσεις:

- DIN VDE V 0126-1-1
- CE

Επιπλέον οι αντιστροφέις θα έχουν τις εξής παραμέτρους δικτύου:

- Εύρος τάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος: +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230 V)
- Περιοχή συχνοτήτων εναλλασσόμενου ρεύματος: $\pm 0,5\%$ Hz της ονομαστικής (50Hz)
- Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος: $< 4\%$
- DC-Current Injection: $< 0,5\%$ του ονομαστικού ρεύματος

Τέλος θα πρέπει να διαθέτουν κατ' ελάχιστο 5ετή εγγύηση προϊόντος με δυνατότητα επέκτασης μέχρι 20 χρόνια.

Ανάλογα με την επιλογή του Inverter η σύνδεση των ΦΒ πλαισίων σε στοιχειοσειρές θα πρέπει να γίνει συμφωνά με το λογισμικό ή της οδηγίες του κατασκευαστή των inverter.

Σύστημα στήριξης Φ/Β πλαισίων

Η εγκατάσταση των Φ/Β πλαισίων θα γίνει σε σταθερές μεταλλικές βάσεις αλουμινίου. Για την μελέτη των συστημάτων στήριξης πρέπει να θεωρηθούν τα μόνιμα φορτία, οι θερμοκρασιακές μεταβολές, το φορτίο χιονιού και το φορτίο ανέμου σύμφωνα με τις διατάξεις του ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 1. Επιπλέον πρέπει να ληφθούν υπόψη τα δυναμικά φορτία όπως προκύπτουν βάση του φάσματος σχεδιασμού του ισχύοντος Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού 2000 (ΕΑΚ-2000) με τις συμπληρώσεις του 2003.

Επίσης θα πρέπει στη φάση του σχεδιασμού και της εγκατάστασης των συστημάτων στήριξης και των Φ/Β Πλαισίων να ληφθεί μέριμνα για τη συμβατότητα των διαφόρων υλικών του εξοπλισμού αυτού (Φ/Β Πλαίσια, συστήματα στήριξης, μηχανικές συνδέσεις μεταξύ τους, κ.λπ.) ώστε να μην εμφανίζονται ηλεκτροχημικές διαβρώσεις καθώς και τη χρήση κατάλληλων υλικών, όπου αυτό είναι απαραίτητο, για την αποφυγή τέτοιων προβλημάτων (χρήση διμεταλλικών επαφών, κατάλληλες βίδες, κλπ.).

Η πάκτωση των βάσεων θα γίνει με στηρίγματα τύπου ζ τα οποία βιδωθούν στις τεγίδες στέγης.

Επίσης, η στήριξη του παρελκόμενου εξοπλισμού (inverter, πινάκων κ.τ.λ.) θα γίνει στο φέροντα οργανισμό του σκελετού.

Τα συστήματα στήριξης πρέπει να συνοδεύονται από τις παρακάτω εγγυήσεις:

- Εγγύηση στατικής επάρκειας.
- Εγγύηση έναντι διάβρωσης κατ' ελάχιστο για 20 έτη

Λοιπός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

Όλη η ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τους κανονισμούς σχετικά με τις αρμονικές και την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, την Ελληνική νομοθεσία και τους σχετικούς κανονισμούς καθώς και με τους κανονισμούς της ΔΕΗ σχετικά με την ποιότητα του παρεχόμενου ρεύματος.

Πριν από κάθε αντιστροφέα τοποθετείται πίνακας DC στον οποίο συνδέονται οι Φ/Β συστοιχίες που περιλαμβάνει:

- Ασφαλειοθήκη
- Απαγωγούς υπερτάσεων
- Διακόπτη φορτίου

Κατόπιν οι αντιστροφείς ομαδοποιούνται σε πίνακες AC ο οποίος περιλαμβάνει:

- WL αυτόματη ασφάλεια
- Απαγωγό υπερτάσεων
- Διακόπτη διαφυγής έντασης

Για την ηλεκτρολογική σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους, θα χρησιμοποιηθεί ειδικού τύπου καλώδιο, με ενσωματωμένες τις επαφές θετικού και αρνητικού πόλου. Το αγώγιμο υλικό του καλωδίου είναι χαλκός, κατάλληλης διατομής. Το καλώδιο είναι εύκαμπτο, άφλεκτο και έχει προδιαγραφές προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία και την λειτουργία σε υψηλές θερμοκρασίες. Η πολικότητα των καλωδίων πρέπει να είναι αναγνωρίσιμη όπως και τα σημεία σύνδεσής τους στις ηλεκτρικές συσκευές του Φ/Β συστήματος.

Η όδευση των καλωδίων DC θα γίνει επί των μεταλλικών ικριωμάτων.

Γείωση

Η γείωση (εξωτερικής προστασίας και ισοδυναμικών συνδέσεων) πρέπει να είναι σύμφωνη με το πρότυπο IEC (EN) 62305 – 3 για Επίπεδο Προστασίας III.

Το σύστημα τεχνητής γείωσης θα κατασκευασθεί με τρίγωνα γείωσης. Το κάθε τρίγωνο γείωσης αποτελείται από τρία ηλεκτρόδια μήκους το κάθε ένα 1,5 μ τοποθετημένα κατακόρυφα μέσα στο έδαφος και σε βάθος ώστε τα άνω άκρα να βρίσκονται περί τα 30 εκ. κάτω από την επιφάνεια του δαπέδου.

Οι σωλήνες θα τοποθετηθούν μέσα σε τρία φρεάτια βάθους 1,5 μ των οποίων τα κέντρα θα σχηματίζουν ισόπλευρο τρίγωνο πλευράς 3 μ. Τα φρεάτια μετά την τοποθέτηση των σωλήνων θα γεμίσουν με φυσική γη κατά στρωματά, θα διαποτιστούν με άφθονο νερό και συμπυκνωθούν ισχυρά μέχρι βάθους 0,6 μ από το δάπεδο. Οι σωλήνες θα συνδεθούν μεταξύ τους με χάλκινο αγωγό διατομής 25 τχ. ο οποίος θα στερεωθεί και θα συγκολληθεί κατάλληλα στα άνω τμήματα των σωλήνων και θα συνδεθεί με τον ζυγό γείωσης των ηλεκτρικών πινάκων. Οι συνδέσεις θα επικαλυφθούν με πίσσα εγκιβωτισμένη γύρω από την κορυφή του σωλήνα διαστάσεων 20 χ 20 χ 20 εκ. Τελικά τα ανοίγματα θα κτισθούν με φρεάτια από με χυτοσιδηρά καλύμματα 30 χ 40 εκ. ένα για κάθε κεφαλή.

Οι προδιαγραφές του τριγώνου γείωσης θα είναι σε συμφωνία με τις απαιτήσεις της ΔΕΗ. Για τον γενικό πίνακα της εγκατάστασης απαιτείται η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 100kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,5\text{kV}$. Η διάταξη φέρει τα σήματα ποιότητας των ανεξάρτητων εργαστηρίων ΚΕΜΑ, VDE, UL, VdS περί ελέγχου της διάταξης σύμφωνα με τα πρότυπα και τα αναφερόμενα από τον κατασκευαστή τεχνικά χαρακτηριστικά.

Για την προστασία του γενικού πίνακα ιδιοκαταναλώσεων του πάρκου είναι απαραίτητη η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις τρεις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει άμεσα και έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 50kA κυματομορφής 10/350μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,5\text{kV}$ Για την προστασία των 3Φ πινάκων απαιτείται η τοποθέτηση μιας διάταξης παράλληλα από τις φάσεις και τον ουδέτερο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι 40kA κυματομορφής 8/20μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 1,25\text{kV}$. Η διάταξη φέρει τα σήματα ποιότητας των ανεξάρτητων εργαστηρίων ΚΕΜΑ, VDE, UL, VdS περί ελέγχου της διάταξης σύμφωνα με τα πρότυπα και τα αναφερόμενα από τον κατασκευαστή τεχνικά χαρακτηριστικά.

Τοποθέτηση στην είσοδο DC κάθε inverter (είτε στις ελεύθερες κλέμμες που δε θα συνδεθεί κανένα string υπό την προϋπόθεση ότι παραλληλίζονται οι είσοδοι DC σε εκείνο το σημείο, είτε σε πίνακα παραλληλισμού των strings πριν τους inverter), μιας διπολικής διάταξης παράλληλα από το θετικό και τον αρνητικό πόλο έναντι γείωσης. Η διάταξη απάγει έμμεσα κεραυνικά πλήγματα από το δίκτυο του συνεχούς ρεύματος μέχρι 40kA κυματομορφής 8/20μsec αφήνοντας παραμένουσα τάση $\leq 3,5\text{kV}$ και φέρει ολοκληρωμένο σύστημα ασφαλείας από βραχυκυκλώματα (ασφάλεια τήξεως και νέα διάταξη απόξευξης).

Μουζάκι 17/02/2020
Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ 19/02/2020
Ο ΠΡΟΙΣΤΑΜΕΝΟΣ Δ.Τ.Υ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΛΑΠΠΑΣ
ΗΛ/ΓΟΣ ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Τ.Ε

ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΦΟΥΚΑΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ